

Leonhard Euler e sua explicação para o fenômeno do azul do Céu, na carta de 27 de julho de 1760 para a Princesa Alemã

Leonhard Euler and his explanation for the phenomenon of the blue of Heaven in the letter of July 27, 1760 to the German Princess

Zaqueu Vieira Oliveira

Universidade de São Paulo – USP

Karolina Machado Galvão Wellausen

Universidade de São Paulo – USP

RESUMO

Entre os séculos XVI e XIX, a Europa passou por enormes transformações, umas das quais foi a institucionalização de um sistema educacional que atingisse toda a população. Um dos exemplos ocorreu na Prússia nos séculos XVIII e início do XIX. Embora seja um período de mudanças, neste artigo abordamos um episódio que pode ser considerado inédito na História do Ensino de Ciências, o envio de cartas escritas por Leonhard Euler (1707-1783) para ensinar temas científicos e filosóficos para a jovem princesa Charlotte Friederike von Brandenburg-Schwedt (1736-1798). O conjunto de 234 cartas foi escrito entre 1760 e 1762 e publicado posteriormente pelo secretário de Euler, Nicolas Fuss (1755-1826). Com o intuito de apresentar algumas das características do trabalho desenvolvido por Euler, apresentamos um estudo dos aspectos pedagógicos da carta escrita em 27 de julho de 1760 e que traz uma explicação sobre o fato de enxergarmos o céu da cor azul.

Palavras-Chave: Ensino de Ciências, Correspondência Científica, Leonhard Euler.

ABSTRACT

Between the sixteenth and nineteenth centuries, Europe underwent enormous transformations, one of which was an institutionalization of an educational system that affected the entire population. One example occurred in Prussia in the eighteenth and early nineteenth centuries. Although it is a period of changes, in this article we approach an episode that can be considered unprecedented in the History of Science Teaching, the sending of letters written by Leonhard Euler (1707-1783) to teach scientific and philosophical subjects for the young princess Charlotte Friederike von Brandenburg-Schwedt (1736-1798). The set of 234 letters was written between 1760 and 1762 and published by Euler's secretary, Nicolas Fuss. In order to present some of the characteristics of the work developed by Euler, we present a study of the pedagogical knowledge of the letter written on July 27, 1760, which gives an explanation of the fact that we see the blue sky.

Keywords: Teaching Science, Scientific Correspondence, Leonhard Euler.

1. Introdução

Leonhard Euler é personagem conhecido na História das Ciências e da Matemática e considerado por muitos pesquisadores como um importante personagem para o desenvolvimento da Matemática e das Ciências no século XVIII. Filho de Paulus Euler (1670-1745) e de Margaretha Brucker (1677-1761), nasceu em Basileia, na Suíça, no dia 15 de abril de 1707, passou a maior parte de sua vida na Prússia e na Rússia, trabalhando nas academias de ciências de Berlim e de São Petersburgo, respectivamente. Faleceu em 18 de setembro de 1783 deixando uma enorme produção que até hoje são relevantes fontes de estudos e pesquisas em várias áreas das ciências, como a astronomia, a física e a matemática (FELLMANN, 2007).

O círculo de amizades de Euler foi bastante extenso e engloba diversos estudiosos e nobres de seu tempo como, por exemplo, os matemáticos Johann Bernoulli (1667-1748) e Daniel Bernoulli (1700-1782). Entre seus opositores também estão personagens importantes, como François-Marie Arouet, o Voltaire (1694-1778).

Matemáticos posteriores, como Pierre-Simon Laplace (1749-1827) e Carl Friedrich Gauss (1777-1855) assim expressaram suas admirações pelo trabalho realizado por Euler:

Unânime é o julgamento dos matemáticos mais importantes depois de Euler. Laplace costumava dizer aos seus alunos: “Leia Euler, leia Euler, ele é o mestre de todos!”, E Gauss declarou concisamente: “Estudar as obras de Euler continua a ser a melhor escola nos vários campos da matemática e não pode ser substituído por qualquer coisa (FELLMANN, 2007, p. 136, tradução nossa).

Euler trouxe grandes contribuições para o campo da Matemática, particularmente na Análise Matemática, onde contribuiu com a introdução de termos e de notação específica. Ademais, é um dos responsáveis pelo desenvolvimento do conceito de função matemática. Seus contributos na Matemática são tantos que seu nome acabou sendo introduzido em diversos conceitos como, por exemplo, a fórmula de Euler ou o número de Euler.

Ainda em relação aos seus trabalhos matemáticos, uma das obras mais conhecidas foi a sua *Vollständige Anleitung zur Algebra (Introdução Completa à Álgebra)*, publicada em alemão em 1700. Foi considerada tão importante que recebeu diversas edições em alemão e foi traduzida para diversas línguas. No Brasil, foi publicada uma tradução em 1809 sendo adotada como livro didático na Academia Real Militar do Rio de Janeiro (SILVA, 2009).

Os feitos do estudioso suíço não param por aí. Seus estudos abarcam diversas outras áreas. Na Física e na Astronomia seus contributos também são expressivos, tendo trabalhado em diversas questões de Mecânica, aprimorou os métodos para calcular as coordenadas de estrelas, aperfeiçoou os cálculos para o problema de Kepler (as questões relacionadas ao movimento orbital dos planetas e da atração entre ambos), o problema dos três corpos (apresentar uma descrição matemática das posições, das velocidades e das massas de três corpos em um determinado momento). Além disso, contribuiu para os estudos sobre óptica, maré e cometas (FELLMANN, 2007; MUSIELAK, 2014b).

Neste artigo, apresentamos um estudo acerca de outro feito de Euler, o ensino de assuntos científicos e matemáticos através de cartas para a jovem Princesa Sophie Charlotte Friederike von Brandenburg-Schwedt (1745-1798). Para este estudo, selecionamos uma carta, datada de 27 de julho de 1760, na qual Euler explica para a Princesa a causa do azul do céu. A referida carta nos servirá como mote para debater alguns dos aspectos pedagógicos presentes na Correspondência. Queremos apresentar ao leitor de que forma Euler – extremamente conectado ao desenvolvimento científico e matemático de seu tempo, fato demonstrando pelo domínio da linguagem e do rigor científico em voga – apresentava conteúdos científicos e matemáticos para uma jovem leiga e iniciante nas Ciências e na Matemática.

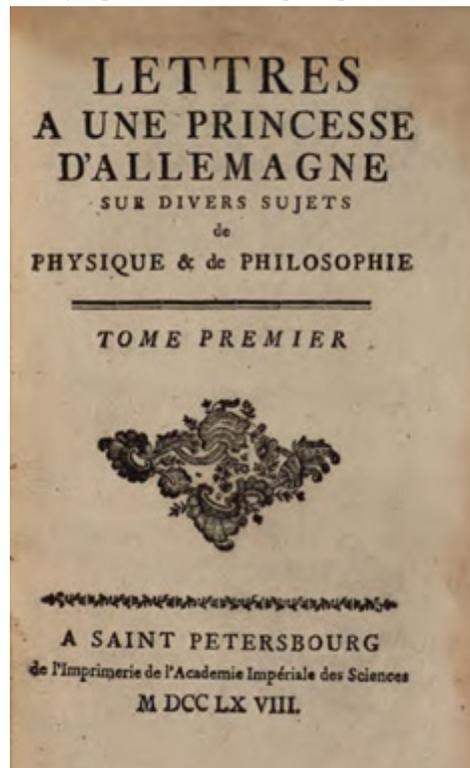
2. Euler, a Princesa e as Cartas

Euler ensinou através de cartas temas de Matemática, Física, Astronomia, Música e Filosofia para a jovem Princesa Sophie Charlotte Friederike von Brandenburg-Schwedt a pedido de seu pai, o Marquês Friedrich Heinrich von Brandenburg-Schwedt (1709-1788), sobrinho de Frederico I da Prússia (1657-1713). As cartas foram escritas em francês e são datadas de 1760 a 1762, período em que Euler estava em Berlim, porém a publicação das 234 cartas só ocorreu

posteriormente sob o título *Lettres a une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique & de Philosophie* (*Cartas a uma princesa da Alemanha sobre diversos assuntos de Física e Filosofia*) e foram organizadas em três volumes, dois dos quais foram impressos em 1768 e um terceiro em 1772 (EULER, 1990).

Nicolas Fuss (1755-1826), secretário de Euler, foi o responsável pela publicação de diversos trabalhos do matemático, dentre os quais estavam os três volumes das *Lettres*. Também é graças aos discursos deixados por Nicolas que sabemos que Euler era grande amigo do Marquês Friedrich, pai da Princesa, e que ambos tinham em comum a paixão pela música (FELLMANN, 2007).

Figura 1. Frontispício do primeiro volume das *Lettres a une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique & de Philosophie* publicado em 1768.



Fonte: Google Images.

É importante notar que entre os séculos XVI e XIX, influenciada pela religião e pela cultura, a Europa passou por um período de transição. A educação, antes deste período, estava restrita aos homens da nobreza. Porém, os ideais iluministas vieram mudar muitas das concepções educacionais europeias, tendo John Locke (1632-1704) e Jean-Jacques Rousseau (1712-1778) como personagens importantes deste processo.

Este é o período em que muitos colégios religiosos se espalharam, principalmente em grandes cidades, ampliando o sistema educacional de modo a atingir uma porcentagem maior da população. Um dos fatores foi a importância dada à educação por Martinho Lutero (1483-1546) e pelos seguidores do protestantismo, que durante o século XVI, incentivaram as autoridades seculares a estabelecerem escolas em suas cidades. Posteriormente, percebendo o avanço do protestantismo, a igreja católica também decidiu usar a educação como forma de preservação e difusão de sua doutrina.

Na Prússia, durante os séculos XVIII e XIX, ocorreram importantes reformas educacionais que visavam atingir toda a população e tornou obrigatório o ensino para todas as crianças (ver MELTON, 2003).

Mesmo com essa notável modificação do sistema de ensino na Prússia durante o século XVIII, é aceitável dizer que Euler, quando ensinou a Princesa através de cartas, fez algo que pode ser considerado original e incomum para seu período. Estudos mostram que a atividade epistolar foi intensa no século XVIII, porém, com diversos outros usos (ver BETHENCOURT & EGMOND, 2007).

A historiografia do ensino à distância aponta o educador Issac Pitman (1813-1897) como um dos precursores desta modalidade de ensino. No início dos anos de 1840, Pitman começou a ensinar seus métodos através de correspondência para atingir aquele público que por qualquer motivo não pudesse se deslocar aos locais de ensino tradicionais. Esta atividade foi sendo aprimorada, tanto que foi formalizada em 1843 com a criação da *Phonographic Correspondence Society* da qual Pitman fez parte (ver MATTHEWS, 1999; SIMONSON, SMALDINO & ZVA-CEK, 2007).

Certamente o sistema introduzido por Pitman diferia do utilizado por Euler. Enquanto Pitman destinou seu material a qualquer cidadão que estivesse interessado em aprender o tema proposto por ele, a saber, a taquigrafia, as cartas de Euler, por outro lado, foram escritas a pedido do pai da Princesa e a tinha como única destinatária. Como afirma Fellmann (2007), as cartas podem ter sido utilizadas também para o ensino da irmã mais nova da Princesa, mas não foi destinado a outros alunos. A utilização recorrente da expressão “Vossa Alteza” por Euler demonstra bem isso. Ainda assim, consideramos o feito de Euler bastante significativo, antecedendo em quase um século a história contada pela historiografia do ensino à distância.

É importante salientar que o uso do termo ensino à distância possui definições e teorias bastante discutidas por estudiosos da área. Contudo, neste artigo usamos o termo somente para nos referir às atividades precursoras desta modalidade de ensino, sem pretender, com isto, dizer que Euler ou Pitman assim definiam suas atividades de ensino ou que eles são os “inventores” desta prática.

Outro ponto a ser considerado é o acesso que as mulheres tinham às Ciências e à Matemática no século XVIII. Maria Gaetana Agnesi (1718-1799), Gabrielle Émilie Le Tonnelier de Breteuil, marquesa de Châtelet-Laumont (1706-1749) e Laura Bassi (1711-1778) são talvez alguns dos nomes citados quando nos referimos às mulheres das Ciências deste período. Contudo, sabemos que elas não tiveram acesso a uma educação científica formal, mas buscaram tais conhecimentos de outros modos. O caso da Princesa não foi diferente. Segundo Mayfeld (2013), ela tinha vontade de aprender Ciências e Matemática, mas só conseguiu quando seu pai convidou Euler para tal tarefa.

Mas que posição Euler tinha quando foi convidado a ensinar Sophie? Sabemos que já possuía grande reconhecimento, tanto que foi por esse motivo, que recebeu em 1541, com trinta e três anos de idade, convite para trabalhar na Academia de Ciências da Prússia em Berlim. Lá estando, produziu muitas de suas obras e continuou a ter seu trabalho cada vez mais reconhecido entre cientistas e estudiosos. Euler também era bastante conhecido e mantinha amigos junto à corte prussiana, naquele tempo comandada por Frederico II (1712-1786), quem o convidou para estar na Academia de Ciências.

Não se sabe ao certo o momento em que Euler conheceu o pai da Princesa, porém, cogita-se que tenha sido em algum concerto musical, pois a música era um dos interesses em comum de ambos. Naquele tempo, a corte de Frederico II era o grande palco da música erudita alemã e provavelmente Euler conheceu Friedrich Heinrich por volta de 1755, quando o futuro

Marquês comprou uma mansão em Berlim, na qual residia e frequentavam diversos membros da nobreza e da corte prussiana. Em 1771, quando Friedrich Heinrich recebeu o título de Marquês de Brandenburg-Schwedt, também levou consigo artistas e desenvolveu naquela cidade um importante centro musical, tendo sido uma das primeiras cidades alemãs a receber um teatro.

O mote para que Euler tenha sido o tutor da futura Princesa também não é claro. Sabe-se que, em 1760, ela já era assistente na Abadia de Herford, então é muito provável que ela tenha necessitado de tais estudos para se tornar abadessa, o que veio ocorrer em 1765. Segundo Calinger (1976), Euler teria visitado Friedrich Heinrich em sua mansão em Berlim já com a intenção de ensinar suas filhas. Também sabe-se que em 1759, Euler ensinou pessoalmente à Princesa (EULER, 1990). Como Euler era o mais importante cientista da corte prussiana, com certeza sua escolha para o ensino da jovem seria a mais indicada. Não sabemos se e quanto Euler pode ter recebido para executar tal trabalho.

Quando Euler iniciou a escrita das cartas, em 1760, ele tinha cinquenta e três anos, já estava parcialmente cego, entretanto, estava no auge de sua carreira em Berlim. Por outro lado, a jovem Sophie tinha quinze anos e como ela já ocupava uma posição de assistente na Abadia de Herford, segundo Musielak (2014a), é provável que ela tenha recebido sua formação básica na própria Abadia. Contudo, nestes ambientes, as moças normalmente eram preparadas somente para o casamento e para os cuidados da família.

Quanto ao fato das cartas terem sido escritas em francês, isso não é de se estranhar. O latim – anteriormente considerado a língua mais importante nas universidades e no “mundo das ciências” – aos poucos foi perdendo espaço e gradualmente iniciou-se um processo no qual se tornou plenamente aceito realizar publicações científicas em vernáculo. Não podemos afirmar que o francês tenha ocupado o lugar do latim, porém, ele foi valorizado como língua no ambiente das Ciências.

“Enquanto o francês expandiu seu domínio nas ciências naturais em detrimento do latim, as línguas clássicas continuaram sendo a base da educação formal. A maioria dos autores francófonos de obras científicas era capaz de ler o latim com facilidade – e assim o fez, mesmo que não o usassem mais para sua correspondência. Eles frequentemente também liam outras línguas, embora as habilidades linguísticas não fossem simétricas; os ingleses eram mais propensos a saber francês do que vice-versa. Os filósofos naturais anglófonos publicaram em sua língua nativa, mas muitos escreveram cartas em francês; os alemães eram mais propensos do que os ingleses a se sentirem confortáveis com o latim, mas muitas vezes mantinham correspondências em francês também. Em suma, o uso de várias línguas permaneceu comum, embora os sábios franceses fossem menos dependentes do conhecimento de línguas estrangeiras do que seus contemporâneos em outras terras” (TERRALL, 2017, p. 637, tradução nossa).

Numa classificação mais abrangente, Calinger (1976) afirma que as cartas podem ser divididas em três grupos, que não seguem necessariamente a divisão adotada para a publicação em três volumes: (i) ciência geral (cartas I-LXXIX); (ii) filosofia (cartas LXXX-CXXXIII); (iii) questões físicas (cartas CXXXIV-CCXXXIV).

É importante notar que naquele tempo, convivem diferentes correntes filosóficas – leibnizianos, wolfianos, cartesianos, newtonianos e outras vertentes debatem diferentes assuntos da física e da teologia. Toda uma constelação de ideias e discussões aparecem neste conjunto de cartas. A complexidade dos assuntos filosóficos, segundo Calinger (1976), teria proporcionado dificuldades para o entendimento da Princesa.

Em maio de 1761, Euler visitou a princesa e seu pai em Magdeburgo. Ela o informou que não conseguia mais entender completamente as cartas dele - em maio ele escrevera apenas sobre mônadas. Doravante, ele prometeu limitar-se exclusivamente a questões físicas - uma promessa que ele manteve (CALINGER, 1976, tradução nossa).

De uma maneira mais detalhada, podemos organizar as cartas segundo os assuntos abordados, da seguinte maneira:

Volume	Nº das Cartas	Conteúdo das Cartas
1º	I-II	Espaço e Tempo
	III-VIII	Música
	IX-XVI	Física: ar e suas qualidades, atmosfera e barômetro
	XVII-XXVII	Luz e cor
	XXXIII-XLIV	Óptica: distância de objetos, catóptrica, dióptrica e olhos
	XLV-LXXIX	Gravidade: teoria da gravitação universal, Newton, marés, Descartes, movimento, repouso e inércia, Wolff, o princípio da mínima ação
2º	LXXX-XCVII	Espírito: liberdade, pecado, presença divina, materialismo, idealismo
	XCVIII-CVIII	Lógica
	CIX-CXIV	Questões teológicas
	CXV-CXX	Conhecimento e verdades: o sensível, o entendimento e a fé
	CXXI	A essência dos corpos: extensão, impenetrabilidade e inércia
	CXXII-CXXXII	Teoria das mônadas e questões filosóficas
	CXXXIII-CXXXVII	Luz e cores
	CXXXVIII-CLIV	Eletricidade
3º	CLV-CLXXXVI	Coordenadas de um lugar, bússolas e agulhas imantadas
	CLXXXVII-CCXXIII	Lentes ópticas
	CCXXIV-CCXXXIV	Fenômenos celestes: influências psicológicas e mecânicas na formação das imagens e aparência dos corpos celestes

Tabela 1: Conteúdos e Temáticas das cartas de Euler para a princesa alemã.

A tabela foi elaborada conforme descrição introdutória na tradução espanhola das cartas (EULER, 1990).

Para este artigo, selecionamos a carta XXXII, *Sur le bleu du ciel* (*Sobre o azul do céu*), que faz parte do primeiro volume e foi escrita por Euler à Princesa em 27 de julho de 1760. A referida carta, cuja tradução apresentamos a seguir, é a última de um conjunto que abordam luz e cor, conforme pode ser visto na tabela abaixo.

Nº das Cartas	Data	Título das Cartas
XVII	7 de junho de 1760	Sobre os raios de luz e sobre os sistemas de Descartes e de Newton
XVIII	10 de junho de 1760	Sobre as dificuldades que apresenta o sistema da emanção
XIX	14 de junho de 1760	Exposição de outro sistema sobre a natureza dos raios e da luz
XX	17 de junho de 1760	Sobre a propagação da luz
XXI	21 de junho de 1760	Digressão sobre a extensão do mundo. Em seguida, sobre a natureza do Sol e de seus raios
XXII	24 de junho de 1760	Esclarecimentos posteriores sobre a natureza dos corpos brilhantes por si mesmos e sobre as diferenças entre tais corpos e os corpos opacos iluminados
XXIII	28 de junho de 1769	Sobre a maneira como os corpos opacos se tornam visíveis e explicação da opinião de Newton, que coloca a causa na reflexão dos raios
XXIV	1 de julho de 1760	Exame e refutação dessa opinião
XXV	5 de julho de 1760	Outra explicação sobre a maneira como os corpos opacos iluminados se tornam visíveis
XXVI	8 de junho de 1760	Continuação desta explicação
XXVII	12 de junho de 1760	Fim desta explicação e sobre a claridade e a cor dos corpos opacos iluminados
XXVIII	15 de julho de 1760	Sobre a natureza das cores em particular
XXIX	28 de julho de 1760	Sobre a transparência dos corpos relativa à passagem dos raios
XXX	22 de julho de 1760	Sobre a passagem dos raios de luz por meios transparentes e sobre a refração dela [da luz]
XXXI	27 de julho de 1760	Sobre a refração dos raios de diversas cores
XXXII	27 de julho de 1760	Sobre o azul do céu

Tabela 2: Conjunto de cartas do primeiro volume das *Lettres* que abordam temáticas relacionadas à luz e cor. A tabela foi elaborada conforme os dados da versão original em francês (EULER, 1768).

3. Tradução da carta XXXII, sobre o azul do céu

V[ossa] A[lteza] acaba de ver como a causa da visibilidade de todos os objetos consiste em um movimento de vibração extraordinariamente rápido, com o qual estão agitadas as partículas menores em suas superfícies, e a frequência das vibrações determina sua cor. Não importa que as partículas sejam agitadas por uma força intrínseca, como acontece com os corpos brilhantes, ou que recebam sua agitação de uma iluminação ou outros raios que são iluminados, como acontece com os corpos opacos. Contudo, a frequência ou a rapidez das vibrações depende do tamanho das partículas e de seu dinamismo, o mesmo que a rapidez da vibração de uma corda depende da sua grossura e da sua tensão. E assim, enquanto as partículas de um corpo

conservem o mesmo dinamismo, manifestarão a mesma cor, como as folhas de uma planta que mantêm as mesmas cores enquanto estão frescas, mas quando começam a secar, mudam o dinamismo causante da cor e produzem uma [cor] diferente. Sobre isto, já tive a honra de falar á V[ossa] A[lteza], agora vou explicar-lhe um fenômeno universal: por que o céu, de dia, parece azul. Considerando este fenômeno normal, parece como se tivesse uma cúpula prodigiosa lá em cima tingida de azul, igual aos pintores que representam o céu em um teto. Não pretendo desiludir a Vossa Alteza sobre essa opinião: pouca reflexão é suficiente para compreender que o céu não é uma cúpula azul, que tem fixadas estrelas como unhas brilhantes. V[ossa] A[lteza] está plenamente convencida que as estrelas são imensos corpos que se encontram a uma distância remota de nós, e que se movem livremente em um espaço quase vazio ou cheio de uma matéria sutil que se chama éter. Mas, mostrarei a V[ossa] A[lteza] que a causa do azul do céu deve ser buscada na nossa atmosfera, que não é perfeitamente transparente. Se fosse possível subir cada vez mais alto sobre a superfície da terra, primeiro o ar se faria cada vez mais rarefeito, depois não seria suficiente para manter nossa respiração, por último, [o ar] se perderia por completo, encontrando-nos então com o éter puro. Também, ao subir altas montanhas, o mercúrio no barômetro desce cada vez mais, e a atmosfera se torna mais leve. E então se observa que o azul brilhante do céu se faz mais e mais fraco, e se pudéssemos subir até o éter puro, a cor azul do céu sumiria por completo. Ao olhar para cima não se veria nada e o céu pareceria negro, como durante a noite. Pois, tudo nos parece negro quando nenhum raio de luz chega até nós. E tem razão ao perguntar por que o céu nos parece azul. A princípio é preciso entender que se o ar fosse um meio perfeitamente transparente como o éter, este fenômeno não teria lugar. Então só receberíamos os raios das estrelas, mas a claridade do dia é tão grande que a pequena luz das estrelas se faz insignificante. Da mesma maneira, Vossa Alteza não veria a chama de uma vela durante o dia, quando está bastante distante, enquanto a mesma chama nos parece de noite muito brilhante a uma distância bastante grande. Por isso, está claro que se deve procurar a causa do azul do céu na deficiente transparência do ar. O ar está carregado de muitas partículas que não são totalmente transparentes, mas que ao serem iluminadas pelos raios do sol, recebem um movimento de vibração que produz novos raios, próprios dessas partículas, ou então essas partículas são opacas e quando as iluminamos se fazem visíveis a nós. Mas a cor dessas partículas é azul, logo está aqui a explicação do fenômeno: o ar contém uma grande quantidade de pequenas partículas azuis, ou também se pode dizer que as mínimas partículas são azuladas, mas de um azul extraordinariamente tênue, apenas perceptível em uma enorme massa de ar. Assim, em um quarto não percebemos o azul, mas quando os raios azulados de toda a atmosfera penetram de uma vez em nossos olhos, por mais fraca que seja a cor de cada um, conjuntamente podem produzir uma cor muito forte. Isso se confirma com outro fenômeno que não é desconhecido por V[ossa] A[lteza]. Ao olhar uma floresta de perto nos parece muito verde, mas quando nos distanciamos parecerá mais e mais azul. As florestas das montanhas de Harz, vistos desde Magdeburgo, parecem bastante azuis, embora ao olhá-las desde Halberstadt sejam verdes. A razão se encontra na grande extensão de ar entre Magdeburgo e as montanhas. Por mais tênues ou rarefeitas que sejam as partículas azuladas do ar, há tão grande quantidade nessa faixa, cujos raios penetram conjuntamente nos olhos e conseqüentemente representa uma cor azul bastante escura. Distinguiremos um fenômeno semelhante nos nevoeiros, onde o ar está carregado de muitas partículas opacas e esbranquiçadas. Olhando a uma pequena distância, apenas se percebe o nevoeiro, mas quando a distância é grande, a cor esbranquiçada se faz muito sensível, até o ponto em que não se vê nada através dele. A água do mar, quando é bastante profunda parece verde, mas quando se enche um vaso, é bastante clara. A razão visivelmente é a mesma: tal água está amontoada de muitas partículas esverdeadas, uma pequena quantidade das quais não

produz qualquer efeito sensível, mas uma grande magnitude de raios esverdeados juntos, como ao olhar para o fundo [do mar], produz uma cor intensa.

27 de Julho de 1760.

4. A Carta: Aspectos Pedagógicos

As *Lettres* têm sido objeto de estudos na interface entre História das Ciências, História da Matemática e o Ensino, buscando uma compreensão do possível uso pedagógico das mesmas nas aulas de Matemática (PEREIRA, 2014; PEREIRA & MENDES, 2015) e de Física (WELLAUSEN, 2017). Estas pesquisas demonstram a importância da tradução e dos estudos de fontes primárias não somente para apresentar suas potencialidades e limitações como material de ensino nas aulas, mas também nos apresentam temáticas relativas às Ciências e seu desenvolvimento no século XVIII e nos coloca diante dos modos como tais conhecimentos eram ensinados.

Nas cartas para a Princesa, chama a atenção o empenho de Euler no que denominamos aspectos pedagógicos. Como dissemos mais acima, Euler se dedicou a esta tarefa a pedido do pai da Princesa, o Marquês Friedrich Heinrich von Brandenburg-Schwedt.

A escrita das cartas foi um trabalho contínuo e incessante durante quase dois anos, tendo se iniciado em abril de 1760 e terminado em maio de 1762. Desconhecemos a rotina na qual Euler estava envolvido, porém percebe-se que ele escrevia todos os sábados e terças-feiras, algumas vezes escrevendo mais de uma carta em um único dia. A única exceção foi a carta escrita em 14 de maio de 1760, uma quarta-feira. Ao consultarmos o *The Euler Archive*, uma fonte online de trabalhos e documentos originais de Euler mantido pela *Mathematical Association of America* (MAA). constatamos que a maioria das cartas escritas por ele entre os anos de 1760 e 1762 ocorriam às terças e sábados. Contudo, não conhecemos os motivos para que isso tenha ocorrido e provavelmente estava ligado à rotina estabelecida por Euler ou aos dias em que o serviço de correios estava disponível.

As cartas nos demonstram a capacidade de Euler de apresentar temas científicos e filosóficos para uma pessoa jovem e leiga. Euler, dedicado a diversas questões das Ciências e da Matemática de seu tempo, debatendo os mais complexos problemas filosóficos de então, mostra que além de escrever se utilizando de linguagem mais refinada e técnica para atender especificamente a um público de estudiosos e pesquisadores, também pode usar determinadas estratégias nos momentos em que precisa ser compreendido por um público leigo.

O caráter didático de seu livro de *Álgebra*, por exemplo, foi um dos motivos pelos quais tal obra foi editada e traduzida para diversas línguas. Fellmann (2007) chega a afirmar que a *Álgebra* de Euler é uma das obras matemáticas mais vendidas da história. E, da mesma maneira, as *Lettres* também teve grande aceitação, fato notado pelo número de edições e traduções publicadas.

Publicadas em S. Petersburgo pela primeira vez em 1768 concomitantemente em francês e em russo, suas edições se multiplicaram abrangendo todos os idiomas da Europa; as referências à edição alemã de 1769 são enganosas pois as cartas escritas no período de 19 de abril de 1760 ao final de maio de 1762 o foram em Berlim. Inexistente em português, a edição espanhola em Madri é de 1798 (LA PENHA, 1984, p. 47 apud PEREIRA, 2014, p. 59).

Essa aceitação, para Guilherme de la Penha (1942-1996), reside no fato de ter uma linguagem clara e simples, dedicada a uma pessoa leiga em conhecimentos científicos. Nas palavras (talvez romantizadas) de la Penha “essa obra, que não tem nada em comum com as demais

produções de Euler deve ter se constituído em um repouso para seu espírito, destinando-se a iniciar nas altas concepções de física uma pessoa desprovida de conhecimento em qualquer das ciências” (LA PENHA, 1984, p. 46 *apud* PEREIRA, 2014, p. 59).

Especificamente acerca da carta selecionada, é nela que Euler explica á Princesa os motivos pelos quais nós enxergamos o céu da cor azul. Segundo a exposição de Euler, “[...] a cor dessas partículas é azul, logo está aqui a explicação do fenômeno: o ar contém uma grande quantidade de pequenas partículas azuis, ou também se pode dizer que as mínimas partículas são azuladas, mas de um azul extraordinariamente tênue, apenas perceptível em uma enorme massa de ar”.

Ao explicar o fenômeno, Euler recorre a um exemplo: a vista das montanhas de Harz – a cadeia montanhosa mais extensa e alta do norte da Alemanha – a partir de duas cidades localizadas em distancias diferentes. Halberstadt e Magdeburgo estão situadas a nordeste de Harz distando, em linha reta, aproximadamente 30 e 75 km, respectivamente. Euler afirma que ao olharmos para Harz desde Halberstadt, vemos a floresta mais verde que a partir de Magdeburgo. O princípio dessa explicação está no fato de que quão mais distante estamos de um local, mais partículas de ar – que segundo a concepção dele são azuladas – se encontram entre o espectador e o objeto, diminuindo as demais tonalidades de cor e aumentando o azulado.

Vemos aqui uma das formas que Euler inseria em seu texto para facilitar a compreensão do assunto abordado. Neste caso, ele buscou um exemplo que provavelmente fazia parte do contexto de vida da Princesa. Não é possível afirmar com certeza, mas provavelmente a jovem conhecia as cidades apresentadas por Euler e a vista das montanhas a partir delas.

No trecho final do texto, Euler exemplifica o mesmo fenômeno falando do nevoeiro e da água do mar. Em ambos os casos, quanto mais distantes estivermos, mais partículas haverá, de maneira que enxergaremos mais claramente a cor das mesmas. No primeiro caso, o do nevoeiro, as partículas são esbranquiçadas e no segundo, na água do mar, esverdeadas.

Recorrer a exemplos ou a analogias é uma tática frequente nas cartas de Euler. No início dessa mesma carta, para explicar sobre a frequência de vibração das partículas, Euler faz uma associação entre o tamanho das partículas e seu dinamismo e a grossura e a tensão de uma corda. Embora o primeiro caso se refira a aspectos da óptica e o segundo a um fenômeno sonoro, ainda assim, Euler se utiliza dessa analogia acreditando que servindo de exemplo mais próximo da realidade da Princesa, ela compreenderia mais facilmente o assunto em questão. Esta característica é considerada por nós como muito importante no trabalho executado por Euler, demonstrando claramente sua preocupação em fazer adaptações na linguagem visando a aprendizagem e a compreensão dos assuntos científicos por sua jovem aluna.

5. Considerações Finais

As Cartas a uma princesa da Alemanha sobre diversos assuntos de Física e Filosofia se apresentam como material importante de pesquisas em três vertentes. Em primeiro lugar, para os estudos em História das Ciências e da Matemática, o conjunto de 234 cartas pode nos trazer informações relativas às Ciências praticadas no século XVIII, tanto no que diz respeito às concepções de Euler, quanto a respeito dos intensos debates científicos e filosóficos daquele tempo. Em segundo lugar, a referida obra possui potencialidades pedagógicas para serem inseridas nas aulas de Ciências e de Matemática atualmente, levando para sala de aula, discussões sobre o desenvolvimento científico e matemático. Por fim, para a História do Ensino de Ciências e de Matemática, as cartas nos apresentam alguns dos modos utilizados para se ensinar conteúdos científicos.

No que diz respeito à este último aspecto – que escolhemos para abordar neste artigo – consideramos as *Lettres* um marco na História do Ensino de Ciências. As cartas escritas por Euler, com a finalidade de ensinar assuntos científicos e filosóficos à jovem Princesa Sophie Charlotte, demonstram as capacidades e as estratégias de ensino deste reconhecido personagem das Ciências e da Matemática oitocentista. A obra de Euler, além de nos apresentar tais características pedagógicas, em alguns aspectos, também antecipa a história das possibilidades de ensino através de correspondência, algo que só será institucionalizado quase cem anos depois.

Como dissemos, as cartas também evidenciam as capacidades e as estratégias de ensino de Euler, reconhecido personagem das Ciências e da Matemática do século XVIII. O estudo da carta de 27 de julho de 1760, apresentado neste artigo, nos serve como exemplo e mostra parte destas estratégias pedagógicas de Euler ao explicar assuntos científicos para uma pessoa jovem e leiga, evidenciando as táticas utilizadas por ele com a finalidade de facilitar a compreensão de cada assunto estudado. Vemos que o recurso a exemplos e analogias é o mais presente, mas em outras cartas também são utilizadas figuras, esquemas e diagramas com o intuito de esclarecer ou evidenciar os assuntos abordados.

Referências

- BETHENCOURT, Francisco & EGMOND, Florike (Eds.). *Cultural Exchange in Early Modern Europe*. v. 3. Correspondence and Cultural Exchange in Europe, 1400-1700. Cambridge: Cambridge University Press, 2007.
- CALINGER, Ronald. Euler's "Letters to a Princess of Germany" As an Expression of his Mature Scientific Outlook. *Archive for History of Exact Sciences*. v. 15, n. 3, p. 211-233, 1976.
- EULER, Leonhard. *Lettres a une Princesse d'Allemagne sur divers sujets de Physique & de Philosophie*. São Petersburgo: Academia Imperial de Ciências, 1768.
- EULER, Leonhard. *Cartas a una Princesa de Alemania sobre diversos temas de física y filosofía*. Carlos Mínguez Pérez (Trad.). Zaragoza: Universidad, Prensas Universitárias, 1990.
- FELLMANN, E. A. *Leonhard Euler*. Erika Gautschi & Walter Gautschi (Trad.). Basel – Boston – Berlin: Birkhäuser Verlag, 2007.
- MATTHEWS, Diane. The Origins of Distance Education and Its Use in the United States. *Technological Horizons in Education*, v. 27, n. 2, p. 54-67, 1999.
- MAYFIELD, Betty. Women and Mathematics in the Time of Euler. *The College Mathematics Journal*. v. 44, n. 2, p. 82-88, 2013.
- MELTON, James Van Horn. *Absolutism and the Eighteenth-century Origins of Compulsory Schooling in Prussia and Austria*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- MUSIELAK, Dora. *Euler and the German Princess*. arXiv.org. Cornell University Library. 2014a. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1406.7417>> Acesso em: 31 mai. 2018.
- MUSIELAK, Dora. *Euler: Genius Blind Astronomer Mathematician*. arXiv.org. Cornell University Library. 2014b. Disponível em: <<https://arxiv.org/abs/1406.7397>> Acesso em: 31 mai. 2018.
- PEREIRA, Daniele Esteves. *Correspondências científicas como uma relação didática entre história e ensino de matemática: o exemplo das cartas de Euler a uma princesa da Alemanha*. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.
- PEREIRA, Daniele Esteves. & MENDES, Iran Abreu. *As correspondências entre Euler e a princesa alemã como unidades básicas de problematização para as aulas de Matemática*. Série História da Matemática para o Ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.
- SILVA, Circe Mary Silva da. O Livro Didático mais Popular de Leonhard Euler e sua Repercussão

são no Brasil. *Revista Brasileira de História da Matemática*. v. 9, n. 17, p. 33-52, 2009.

SIMONSON, Michael, SMALDINO, Sharon & ZVACEK, Susan. *Teaching and Learning at a Distance: foundations of distance education*. Charlotte: Information Age Publishing, 2015.

TERRALL, Mary. French in the Siècle des Lumières: A Universal Language? *Isis*. v. 108, n. 3, p. 636-642, 2017.

WELLAUSEN, Karolina Machado Galvão. *Ensinando Óptica com as Cartas de Leonhard Euler para uma Princesa Alemã*. Relatório (Iniciação Científica). Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

Zaqueu Vieira Oliveira

Universidade de São Paulo – USP

E-mail: z.zaqueu@usp.br

Karolina Machado Galvão Wellausen

Universidade de São Paulo – USP

Email: karolina.wellausen@usp.br