

## Alguns apontamentos sobre o desenvolvimento da ciência de Georg Simon Ohm (1789-1854)

*Some notes on the development of Georg Simon Ohm's (1789-1854) science*

**Glauco Aparecido de Campos** | Instituto Federal de São Paulo

[glaucodecampos@ifsp.edu.br](mailto:glaucodecampos@ifsp.edu.br)

<https://orcid.org/0009-0006-4083-2284>

**Marcia Helena Mendes Ferraz** | Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

[mhferraz@me.com](mailto:mhferraz@me.com)

<https://orcid.org/0000-0003-1090-8963>

**RESUMO** Este trabalho visa apresentar algumas ideias referentes ao desenvolvimento da ideia de ciência de Georg Simon Ohm (1789-1854), com o intuito de fornecer contribuições para melhor compreensão tanto de seus trabalhos quanto da ciência do período. Pois, embora as principais referências para a investigação proposta sejam suas pesquisas acústicas, os apontamentos epistemológicos e contextuais aqui realizados podem ser enxergados de forma mais geral. São abordados embates de Ohm com a corrente de pensamento denominada *Naturphilosophie*, ao mesmo tempo que se pode observar uma aproximação de Ohm dessa corrente. Além disso, a utilização da matemática como investigação dos fenômenos físicos é questão que estava em debate e a abordagem mais abstrata de Ohm parece destoar do que era praticado na época. Nesse aspecto, o contato com trabalhos de estudiosos franceses teria sido decisivo em sua formação científica.

**Palavras-chave** história da acústica – física-matemática – Georg Simon Ohm (1789-1854) – epistemologia.

**ABSTRACT** *This paper aims to present some ideas regarding the development of the science of Georg Simon Ohm (1789-1854), in order to provide contributions to a better understanding of his work. Although the main references for this investigation are his acoustic research, the epistemological and contextual points made here can be seen in a more general way. These results include Ohm's clashes with the current of thought called Naturphilosophie, while at the same time a similarity can be observed between the visions. In addition, the use of mathematics to investigate physical phenomena was an issue that was under debate and Ohm's more abstract approach seems to be at odds with what was practiced at the time. In this respect, contact with the work of French scholars would have been decisive in this scientific training.*

**Keywords** *history of acoustic – physical-mathematics – Georg Simon Ohm (1789-1854) – epistemology.*

## Introdução

É bem conhecido que as historiografias mais tradicionais da história da ciência tendem a investigar os trabalhos e autores que obtiveram (e ainda têm) “sucesso”. Isso significa considerar notadamente as ideias que permaneceram conhecidas e utilizadas até os dias de hoje, ou, ao menos, que contribuíram para o progresso da ciência. Um bom exemplo dessa postura é o caso do estudioso bávaro Georg Simon Ohm (1789-1854), cujos trabalhos mais investigados são os relacionados a suas pesquisas sobre a corrente galvânica, que incluem a sua famosa lei de Ohm, proposta em seu livro intitulado *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* (A corrente galvânica abordada matematicamente) (Ohm, 1827).

A ênfase nos estudos do galvanismo fez com que não se considerassem algumas questões interessantes a respeito de alguns de seus trabalhos e os momentos históricos em que se desenvolveram. Questões que são bastante ricas se buscamos a compreensão dos processos envolvidos na produção, desenvolvimento e disseminação de conhecimento. Mais uma vez, nos aproximando dos trabalhos de Ohm, vemos que suas investigações sobre a acústica (Ohm, 1839, 1843, 1844) foram abordadas pela historiografia, mas não tão amplamente quanto seus trabalhos sobre o galvanismo.

O olhar histórico sobre essa vertente do trabalho de Ohm parece estar ligado ao fato de o eminente estudioso Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) ter realizado a defesa de algumas de suas ideias, contribuindo para a sua permanência (Helmholtz, 1863).

Mais uma vez, essa é uma abordagem que privilegia a ideia de progresso da ciência na qual a conexão entre os trabalhos de Ohm e Helmholtz pode ser vista como sinal de sucesso da teoria acústica de Ohm. A título de exemplo, Turner, que fez uma bela abordagem da discussão Ohm-Seebeck (August Seebeck, 1805-1849) sobre a definição de um tom, não foi mais a fundo sobre os trabalhos acústicos de Ohm, uma vez que seu objetivo era investigar um trabalho de Helmholtz, o qual validaria a teoria de Ohm (Turner, 1977). Vogel também aborda a disputa em seu artigo, na seção “Acústica pré-helmholtziana”, ou seja, assim como Turner, trata o debate como passagem para os trabalhos posteriores de Helmholtz, os quais viriam a atestar o sucesso das investigações de Ohm (Vogel, 1993).

Muito mais importante (e interessante), no entanto, seria a investigação dos trabalhos acústicos do estudioso em si, em sua época, ou seja, sem ter como ponto central o fato de terem servido de base teórica para trabalhos posteriores. Isso porque uma primeira aproximação dos trabalhos de Ohm – em especial seu artigo de 1843 (Ohm, 1843) – os mostra representativos de uma mudança importante em sua época nas formas de se estudar os sons. Ainda, os choques de ideias que as contribuições de Ohm propiciaram são situações interessantes para se compreender um pouco mais a ciência da época, em especial no meio em que Ohm estava inserido.

Antes de examinar a constituição de um tom (um som de altura determinada e fixa), o estudioso inicialmente explorava questões mais ligadas à matemática, tendo, inclusive, produzido um livro sobre o ensino de geometria. O ponto de viragem em seus interesses parece ter ocorrido enquanto era professor de um *Gymnasium*<sup>1</sup> em Colônia, quando Ohm teria se voltado mais para o estudo de questões físicas, cujo desenvolvimento nos interessa mais de perto.

1 O *Gymnasium* era um dos três tipos de escola germânica de nível secundário da época e buscava uma formação completa, composta por matemática, ciências naturais, história, religião, línguas clássicas (grego e latim) e alemão, fornecendo acesso às universidades. Os outros dois, os quais serão mencionados mais adiante, eram a *Realschule* e o *Real-Gymnasium*. Cf. Paulsen (1908).

Ele, inicialmente, investigou os fenômenos elétricos que se encontravam em grande evidência na época. Mais tarde, por razões a serem discutidas adiante, voltou-se às investigações relacionadas ao som, mesmo sem ter uma proximidade com a música, numa época em que os estudos acústicos eram, muitas vezes, motivados por questões oriundas dessa área.

Em sua trajetória, Ohm se deparou com oposições vindas de figuras não muito simpatizantes de sua forma de pensar e realizar investigações, o que dificultou sua busca por um posto junto a instituições nas quais as condições de trabalho e pesquisa seriam adequadas a seus projetos.

Assim, o objetivo do presente trabalho é compreender o percurso de Ohm antes de iniciar seus estudos sobre o som, ocasião em que sua visão de ciência se mostra no debate e embate com pesquisadores do período. Abordar-se-á, também, algumas dificuldades encontradas por Ohm para a realização de suas pesquisas. Ambos os pontos são importantes para a compreensão tanto do processo de construção e desenvolvimento de suas ideias, como do contexto em que estão inseridos seus trabalhos.

## A trajetória de Ohm antes dos estudos sobre o som

Ohm foi um estudioso da física nascido em Erlangen, na Baviera, filho de um casal protestante. Embora serralheiro de profissão, seu pai, autodidata em matemática, física, química e filosofia, forneceu uma sólida formação aos seus dois filhos homens nessas áreas. Depois de ter recebido essa formação inicial e de passar pelo *Gymnasium* de Erlangen (1800-1805), Ohm ingressou na universidade desta mesma cidade, na qual estudou por um curto período, de maio de 1805 a setembro de 1806 (Caneva, 1981). Em seguida, o estudioso ficou por cerca de três anos e meio em Gottstadt, no cantão de Berna, lecionando matemática no *Pfarrer Zehender's Erziehungsinstitut* (Instituto Educacional do Padre Zehender) e depois mais cerca de dois anos na cidade prussiana de Neuenburg (atual Neuchâtel) como tutor. Tal não era, entretanto, seu desejo, pois almejava estudar, em Heidelberg, com o matemático Karl Christian von Langsdorf (1757-1834). Esse, porém, o teria convencido a estudar por conta própria os trabalhos de Euler, Laplace e Lacroix. Além disso, o trabalho como tutor em Neuenburg permitiu a Ohm cultivar a conversação na língua francesa (Caneva, 1981; Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939; Bauernfeind, 1887). Embora, normalmente, os trabalhos de cunho histórico sobre Ohm e suas pesquisas não evidenciem muito esse fato, podemos considerar que a formação do estudioso, principalmente no que diz respeito ao estudo dos clássicos franceses, se mostrou fundamental para suas posteriores investigações físicas.

Em 1811, Ohm retornou à sua cidade natal, na Baviera, para completar sua formação interrompida. Após receber seu grau de doutor em filosofia pela Universidade de Erlangen, lecionou matemática por três semestres como *Privatdozent* (professor privado), o que constituiria seu único vínculo como professor universitário anterior a 1852, ao ser apontado, depois de longa busca, para a Universidade de Munique, apenas dois anos antes de seu falecimento (Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939).<sup>2</sup> Em 1812, o estudioso mudou-se para a cidade de

2 O trabalho escrito referente à obtenção de seu título não está disponível, segundo seu sobrinho-neto von Füchtbauer. Possivelmente, segundo o parente, um trabalho "sobre luz e cores" foi entregue ao professor dr. Ludwig Sachs com essa finalidade. Para obter a posição de *Privatdozent* nas universidades germânicas do século XIX, era necessário ter um título dado por uma universidade. Tal cargo dava ao profissional o direito de ministrar aulas em uma determinada instituição, porém sem receber um salário fixo como os professores

Bamberg, também na Baviera, atuando como professor em uma *Realschule*,<sup>3</sup> período em que formulou seu livro sobre geometria voltado ao ensino (mais precisamente em 1814), o qual viria a ser impresso em 1817. Depois da dissolução da escola (1815-1816), que não estava atraindo muitos alunos, Ohm lecionou ainda numa lotada *Oberprimärschule*,<sup>4</sup> na mesma cidade (Deuerlein, 1954, p. 9-10).

De acordo com dados biográficos, Ohm teria atacado o obsoleto modo de ensinar e o que ele chama de “despotismo mental” no prefácio do livro que escreveu sobre geometria. Por esse motivo, o estudioso foi considerado um revolucionário e recebeu um relatório, em 1819, ridicularizando-o. Pode-se considerar consequência do relatório o fato de Ohm não ter conseguido utilizar seu livro a fim de obter um emprego melhor na Baviera, embora outros motivos sejam levantados mais adiante na presente pesquisa (Deuerlein, 1954; Jungnickel e McCormmach, 1986).<sup>5</sup>

Em novembro de 1817, Ohm decide sair de sua pátria para tentar melhor sorte na Prússia, mais especificamente na cidade de Colônia. Aparentemente, foi em um *Gymnasium* jesuíta nessa cidade que o estudioso encontrou melhores condições para suas pesquisas em física, podendo utilizar um laboratório bem equipado na posição de *Oberlehrer*<sup>6</sup> de matemática e física (Caneva, 1981).<sup>7</sup> Isso fazia toda a diferença, pois, sendo Ohm um estudioso da física que buscava construir seus conhecimentos a partir de experimentos, não tendo recursos próprios para os equipamentos necessários, a única alternativa seria obter acesso a eles nas instituições, como era praxe na época (Jungnickel e McCormmach, 1986).

Teria sido a partir da sua posição em Colônia que Ohm se transformou de matemático em físico, por encontrar condições materiais para tal. Entretanto, um ano após a sua chegada na cidade, o estudioso fez nova tentativa de conseguir um posto em uma universidade prusiana, estimulado pela liberdade do trabalho científico que estava tendo em seu novo local de investigação mas, por motivo desconhecido, novamente não obteve sucesso (Deuerlein, 1954). Ohm continua almejando uma posição na universidade, pois parece que as condições ainda não eram suficientes para desenvolver seus projetos, fosse em Colônia, fosse em Berlim, para onde se dirigiu (em 1826) depois da infrutífera tentativa. Nessa cidade foi impresso seu famoso

---

titulares. O pagamento era feito de acordo com as taxas pagas pelos estudantes que assistiam a suas aulas. Vale mencionar que ser *Privatdozent* era uma etapa prévia para a incorporação efetiva do profissional à instituição. Cf. Rogerson (2010). Um trabalho que aborda especificamente o cargo é Busch (1963), *The vicissitudes of Privatdozent*.

- 3 Conforme mencionado, a *Realschule* era outro dos três tipos de escola de nível secundário germânicos da época; fornecia uma formação geral, todavia sem abranger as línguas clássicas (grego e latim), presentes nos *Gymnasiums*. O prefixo *Real-* está associado ao ensino “realista”, composto pela matemática, pelas ciências naturais, pela história e pela religião. Cf. Paulsen (1908).
- 4 A *Oberprimärschule*, que recebia alunos advindos da escola primária, era uma escola preparatória anexada a um *Gymnasium*. Cf. Deuerlein (1954).
- 5 À época, a produção bibliográfica era levada em consideração para os candidatos a professores nas instituições conquistarem uma vaga, ou ainda para promoções. Cf. Jungnickel e McCormmach (1986).
- 6 Embora nem assim isso teria sido tarefa fácil, uma vez que nem todo professor de física de uma universidade recebia algum dinheiro ou dinheiro suficiente para manter os instrumentos. Felizmente algumas escolas também tinham equipamentos, o que fazia com que alguns professores de universidade buscassem trabalhar nelas a fim de terem acesso a eles. Inclusive era usual, em terras germânicas, que os pesquisadores em física fossem professores em escolas. Cf. Jungnickel e McCormmach (1986).
- 7 O *Oberlehrer* era o professor das escolas secundárias germânicas mais prestigiosas da época. Cf. Caruso (2009); Paulsen (1906).

livro *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet* (A corrente galvânica abordada matematicamente), em 1827 (Deuerlein, 1954). Na realidade, a atuação como professor de matemática, a publicação de seu livro voltado ao ensino de geometria (em Colônia), e o fato de contar com um laboratório razoavelmente equipado, permitiram a Ohm, em Berlim, elaborar e publicar uma série de trabalhos relacionados à corrente galvânica entre 1826 e 1833.

Mas, parece que tudo isso não foi suficiente para alcançar o sucesso desejado. Em 1829, tentou ingressar como professor na Universidade de Berlim, infrutiferamente. Dois opositores seus, no entanto, conseguiram uma posição na instituição. Georg Friedrich Pohl (1788-1849) havia ingressado em 1829 como professor extraordinário de física, e Ludwig Friedrich Wilhelm August Seebeck (1805-1849), como *Privatdozent*, em 1831 (Jungnickel e McCormmach, 1986).

Há quem afirme que o livro de 1827 não teve tanta aceitação devido a um erro presente em um artigo anterior, publicado no *Schweiggers Journal*, em 1825, quando ainda estava em Colônia (Deuerlein, 1954; Ohm, 1825a, 1825b), o que pode ter influenciado na questão de Ohm não ter conseguido um posto universitário em terras prussianas. Além disso, Ohm teria sofrido resistência ideológica de um conselho secreto no ministério, representante de uma filosofia especulativa hegeliana, pelo fato de ele ser um físico que fazia medições e observações. O estudioso foi descrito pelo historiador Ludwig Hartmann (2014, p. 83) como “vítima da intolerante e infalível *Naturphilosophie* hegeliana”, que “de fato impediu o progresso da investigação física durante uma década” (Deuerlein, 1954, p. 14).<sup>8</sup> Não podemos desprezar as datas em que tais afirmações foram feitas, pois, como sempre, carregam a ideia de ciência e de história da ciência do período, mas devemos manter-nos alertas. Sem dúvida, tais questões demandam melhor investigação, mas nos parece estranho que um erro em um trabalho tivesse impedido Ohm de conseguir um emprego, se o valor geral de seu trabalho fosse reconhecido. De toda forma, a questão da não aceitação de seu trabalho parece ter sido determinante para não ser aceito numa universidade prussiana.

A difícil situação financeira e os insucessos fazem o estudioso querer sair de Berlim. Se tal afirmação pode parecer exagerada, vejamos o que ele escreve a esse respeito: “Troco Berlim pelo inferno se for preciso, preferivelmente pelo céu, mas apenas com uma condição: o local onde me vou instalar deve permitir-me continuar o meu trabalho puramente científico”.<sup>9</sup> Apesar de ter realizado em 1827 o trabalho que posteriormente foi reconhecido como uma de suas maiores contribuições, é bastante claro, a partir da fala de Ohm e de suas tentativas de obter melhores condições de trabalho, que ele não estava satisfeito. Em cada momento, porém, um infortúnio atrapalhava seus propósitos. Não desejando voltar para Colônia e ainda almejando melhores condições para prosseguir suas pesquisas, Ohm retornou à sua cidade natal, Erlangen.

Após vários requerimentos de emprego direcionados ao rei Luís I, da Baviera, conseguiu, em 1833, uma vaga como professor de física na Escola Politécnica de Nuremberg (Deuerlein, 1954). A escola, fundada em 1823, com o intuito de formar cidadãos nas áreas comerciais e industriais, tinha como objetivo obter uma melhora econômica da cidade após as guerras napoleônicas. Seu modelo foi a *École Polytechnique* de Paris. Inicialmente, a instituição possuía oficinas de

8 Tradução do original. Todas as traduções presentes neste trabalho são próprias, a menos que seja mencionado o contrário.

9 A citação é retirada de uma carta escrita por Ohm ao seu ex-aluno John J. Kribben que, por agradecimento às suas proveitosas aulas, lhe ofereceu um cargo de diretor em uma escola, o qual Ohm recusou (Deuerlein, 1954, p. 15).

torneria, serralheria, carpintaria, trabalho com metais e um pequeno laboratório de química. Ao longo dos anos, a escola foi ganhando novos cursos e instalações até 1828, quando ganhou um novo prédio, adquirido pelo município de Nuremberg (Deuerlein, s.d.).

Não era exatamente o que Ohm queria, já que preferia ter sido nomeado para a Escola Politécnica de Munique, possivelmente por conta de sua quase obsessiva busca por melhores condições de pesquisa. Apesar de todos os pareceres de Munique indicarem que Ohm era “um homem calmo, inofensivo e trabalhador”, parece que não havia lugar para ele na cidade (Deuerlein, 1954, p. 15).

De qualquer forma, Ohm estava agora em uma instituição de ensino com condições (ainda que não ideais, em sua visão) de retomar seus trabalhos de pesquisa. No entanto, por conta de suas variadas ocupações e de outros contratemplos, iria demorar alguns anos para fazê-lo. Alguns desses contratemplos eram ressonâncias de períodos anteriores. Isso porque, a escola, após algumas ampliações e contratações, em 1832 foi federalizada, ou seja, deixou de ser administrada pelo município de Nuremberg e passou ao Reino da Baviera, num processo concluído apenas em 1836. Ohm foi contratado como professor em 1833, em meio a essas mudanças administrativas (já pelo ministério) (Deuerlein, s.d.). Um momento no mínimo agitado, que talvez não fosse o ideal para o desenvolvimento de trabalhos de pesquisa, o que ajuda a explicar o período sem publicações do estudioso.

Em junho de 1834, o comerciante Johannes Scharrer (1785-1844), então *Rektor* (diretor) da instituição, pediu seu desligamento, indicando Ohm, por ser um homem de ciência, para o cargo.<sup>10</sup> Christian von Füchtbauer, biógrafo e sobrinho-neto de Ohm, também afirma que o motivo de Scharrer não querer continuar à frente da instituição teria sido o fato de não estar satisfeito com o rumo que as escolas politécnicas estavam tomando, conforme elas foram adquirindo grande ênfase na educação científica (Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939).<sup>11</sup> Porém, num primeiro momento, a solicitação foi negada e Scharrer permaneceu no cargo.

Embora seu pedido de demissão não tenha sido imediatamente aceito, sua permanência na condução administrativa da escola estava fadada a terminar em breve, num contexto claro de choque entre um representante de uma tendência mais utilitarista, que enfatizava a utilidade prática do conhecimento e outra neo-humanista. Essa última, com fortes raízes no projeto de identidade cultural alemã, defendia que o conhecimento deveria auxiliar o desenvolvimento máximo das potencialidades da nação e do indivíduo (Waisse-Priven, 2009). De qualquer forma, em 1835, Ohm recebeu a incumbência de fazer a inspeção científica da escola (Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939).

Também em 1835, faleceu um antigo amigo e apoiador dos irmãos Ohm, o matemático Johann Wilhelm Andreas Pfaff (1774-1835), da Universidade de Erlangen. Ohm e seu irmão Martin se interessaram pelo cargo, porém o matemático Karl Georg Christian von Staudt (1798-1867), colega de Ohm na Politécnica, foi contratado. Com a saída de von Staudt da Politécnica de Nuremberg, Ohm assumiu também as aulas de matemática da instituição, além das de física, das quais já era responsável (Deuerlein, 1954). A partir de tais informações é possível imaginar

10 Scharrer, um homem prático, havia sido uma figura importante no processo de fundação da instituição, e era diretor da instituição quando Ohm foi contratado (Deuerlein, 1954; s.d.).

11 Parece incongruente que Scharrer tenha indicado uma pessoa que tinha um perfil oposto ao que achava o ideal para a escola, indicando que pode haver algum acontecimento adicional não relatado por von Füchtbauer e colegas, e que mereceria uma investigação.

um Ohm atarefado, lutando, sem grande sucesso, por melhores condições para continuar a desenvolver suas pesquisas. De fato, entre 1834 e 1838, Ohm não publicou nenhum novo trabalho, o que não é de se espantar no contexto que acaba de ser exposto.

Em 1838 ocorreu a construção da primeira ferrovia germânica, ligando Nuremberg a Fürth. Por conta dos serviços prestados por Scharrer nessa obra, ele acabou tendo sua saúde prejudicada, levando, ainda, a uma diminuição no tempo disponível para a administração da escola. Assim, em 1839, o rei acabou por aceitar sua demissão e nomeou Ohm para o cargo de direção da Escola Politécnica de Nuremberg, mais uma vez por indicação do próprio Scharrer (Deuerlein, s.d.; Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939).

Nessa mesma época, após cerca de seis anos sem trabalhos publicados, Ohm voltou-se ao estudo do som. Seu principal biógrafo afirma que é curioso que o estudioso tenha escolhido essa área, pois ele era completamente não musical (Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939). O que, então, teria levado Ohm a se aventurar por essa área? Segundo a biografia, o estudioso tinha como fundamento que as leis da natureza eram de grande simplicidade e escopo, ainda que os fenômenos pudessem ser complexos. Porém, ele estava vendo as interpretações na área da acústica caminharem em sentido oposto. Ao ver um certo “perigo” ameaçando os trabalhos científicos em acústica, Ohm teria resolvido entrar para a área, publicando, em 1839, seu primeiro trabalho sobre o assunto, *Bemerkungen über Combinationstöne und Stösse* (Observações sobre tons de combinação e batimentos) (Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939; Ohm, 1839). Essa forma de se enxergar a natureza, tentando encontrar leis simples e gerais, **está de acordo com** o que pensavam Fourier e outros estudiosos franceses, citados por Ohm em seus trabalhos, como será discutido adiante.

## Um estudioso em um momento de mudanças

Na seção anterior, mostramos a trajetória de Ohm por várias instituições, numa busca incessante por um espaço para a realização de seus planejados experimentos. Apontamos algumas razões para as tentativas frustradas, expondo, sempre que possível o contexto em que se deram, assim como algumas explicações para os resultados negativos. Agora, vamos tentar aprofundar tais questões, abordando aspectos da ideia de ciência do período.

O século XIX foi um período de muitas mudanças em terras germânicas. Talvez a mais visível seja o fato de que, no início do século, elas compreendiam um mosaico de pequenos estados com características bastante distintas entre si, os quais no fim do século já compunham uma nação unificada. Uma pergunta constantemente feita pelos historiadores é: o que teria possibilitado tal mudança em tão pouco tempo? A resposta mais comum tem a ver com a ideia da formação do Estado moderno (Waisse-Priven, 2009), num processo em que mudanças em diversas esferas (políticas, econômicas, sociais, religiosas etc.) ocorreram. Tais modificações, por sua vez, impactaram e foram impactadas pelas mudanças nas áreas da educação, da ciência e da tecnologia. E sendo Ohm um professor e pesquisador, não estaria alheio a todas as alterações que compreendiam também as formas de se fazer pesquisa na área ainda não institucionalizada da física, na qual construiu sua carreira.

O período no qual Ohm realizou seus primeiros estudos formais, até o momento em que os completaria na Universidade de Erlangen, foi bastante turbulento. Devido às guerras

napoleônicas, a cidade natal do estudioso pertenceu, num curto espaço de tempo, a três estados diferentes. Ou seja, antes que Ohm cursasse o ginásio, Erlangen pertencia à Francônia. Durante o ginásio, a cidade pertencia à Prússia e no momento de sua graduação na universidade, pertencia à Baviera (Jungnickel e McCormach, 1986, p. 3). Somente após a derrota de Napoleão, em 1813, na batalha de Leipzig e a realização do Congresso de Viena em 1815, a situação política e econômica começou a se estabilizar na região. Todavia, como seria de se esperar, após todo o período de turbulência, havia um longo caminho a ser percorrido para que tal estabilização se concretizasse.

Nesse contexto, a Prússia – embora tivesse emergido como a grande vencedora após o Congresso de Viena – havia sofrido muito com o impacto das guerras e, de um modo geral, necessitava se reerguer (Kitchen, 2013). Houve um movimento no sentido da reconstrução do serviço militar, do Estado e da educação. A reforma dessa última teve como principal responsável o estudioso Wilhelm von Humboldt (1767-1835).

Humboldt havia sido educado em Berlim durante o Iluminismo e iniciado nos conhecimentos da Antiguidade Clássica. Essas e outras ideias contribuiriam para embasar a reforma educacional prussiana de forma bastante significativa, o que impactaria a forma de se enxergar e de se fazer ciência na época. Embora haja autores reconhecendo que o pensamento neo-humanista mais ortodoxo não valorizava tanto as ciências naturais, o hábito de um pensamento abstrato, formal e ordenado teria sido o aspecto central dessa corrente de pensamento, características que se desenvolviam ao longo do século XIX (Boria, 2018).

Na época investigada, não havia propriamente uma disciplina de física bem delimitada, institucionalmente falando. Nesse sentido, a física da época consistia em dois elementos: uma matéria elementar ensinada nas escolas secundárias e nas universidades como parte de uma formação mais geral, e um campo de pesquisa no qual pessoas com recursos próprios podiam atuar equipando e mantendo seus próprios laboratórios (Jungnickel e McCormach, 1986).<sup>12</sup>

Nas escolas secundárias, as ciências naturais estavam presentes tanto nos currículos das escolas clássicas (*Gymnasium*) quanto nas semi-clássicas (*Real-Gymnasium*)<sup>13</sup> e não clássicas (*Realschulen*). Nos três casos, elas faziam parte de uma formação geral, completa, que refletia um espírito forte da época. A diferença é que nas escolas clássicas, o interesse era fornecer uma base para o ingresso em uma universidade, ao passo que nas não clássicas, a ideia era propiciar a formação para atividades mais práticas (Paulsen, 1908).

No caso das universidades, as ciências naturais eram lecionadas na Faculdade de Filosofia e serviam de base para a medicina. As áreas de história e filologia, lecionadas nessa mesma faculdade, por outro lado, serviam de base para a teologia e o direito. Assim, tal instituição tinha como objetivo fornecer conhecimento básico para os principais cursos da época. No entanto, por conta da reforma do ensino germânico, ela, pouco a pouco, foi se tornando a “faculdade científica por excelência” (Paulsen, 1908; Jungnickel e McCormach, 1986). Mas, enquanto isso não ocorria, os estudiosos da física que não conseguiam algum posto universitário e não

12 Da compilação *Repertorium der Physik*, editada por Heinrich Wilhelm Dove (1803-1879) e Ludwig Moser (1805-1880), pode-se apreender que a física da época estudava temas como galvanismo, eletricidade, magnetismo, ótica, acústica, meteorologia, calor, mecânica, dentre outros (Dove e Moser, 1837).

13 O *Real-Gymnasium* era uma escola que estaria em um “meio-termo” entre a *Realschule* e o *Gymnasium*, ensinando latim (mas não grego), além do conteúdo trabalhado na *Realschule*. Assim como esta última, também não fornecia acesso às universidades.

possuíam recursos para obterem seus próprios instrumentos vinculavam-se também a escolas para realizar suas pesquisas. Esse foi o caso de Ohm, que atuou na maior parte de sua carreira em escolas e somente conseguiu um posto universitário próximo ao final de sua vida. Conforme mencionado na seção anterior, o estudioso, nascido em uma família humilde, não tinha recursos próprios para custear os aparatos de que necessitava para suas pesquisas, necessitando de algum local que os fornecesse. No entanto, a situação de Ohm não era excepcional. A carreira do estudioso não destoava, em geral, das carreiras de seus contemporâneos e sua experiência refletia as condições de pesquisa da época (Jungnickel e McCormach, 1986).

A reforma educacional prussiana nas universidades estava ancorada nos estudos clássicos e na busca pela pesquisa original, como é o caso exemplar da Universidade de Berlim. Em contraposição à França do fim do período napoleônico, na qual os professores universitários tinham um foco maior no ensino, na Prússia as aulas estavam em segundo plano, pois se considerava que um acadêmico que se distinguia em alguma área do conhecimento, automaticamente deveria ser um bom professor (Paulsen, 1908). Segundo o que pensava W. von Humboldt, a Faculdade de Filosofia ofereceria ao estudante a oportunidade de dedicar-se um período exclusivamente à contemplação científica, fornecendo uma base para que ele compreendesse a unidade do conhecimento (Jungnickel e McCormach, 1986). A busca pela criação de um ambiente propício à pesquisa, no entanto, não ocorreu de forma imediata. Demorou um longo tempo até que a função de formar pesquisadores ganhasse a mesma importância da função já estabelecida da universidade, a saber, a de formar médicos, advogados, oficiais do governo, clérigos e professores (sendo estes dois últimos muitas vezes a mesma pessoa) (Jungnickel e McCormach, 1986).

As escolas, ao lado das universidades, contribuíram de modo considerável para a ciência da época. Isso porque, mesmo antes da reforma, vários pesquisadores tinham vínculo com tais instituições. Especificamente dentre aqueles que se dedicaram ao campo dos estudos do som, podem ser citados Wilhelm Eduard Weber (1804-1891) e seu irmão Ernst Heinrich Weber (1795-1878), Friedrich Strehlke (1797-1886), August Roeber (*fl.* 1839-1853) e August Seebeck, além do próprio Ohm (Vogel, 1993). Em geral, os estudiosos moviam-se entre as instituições, das escolas para as universidades e vice-versa. Durante a primeira metade do século XIX, 25 professores de física em universidades germânicas lecionaram em escolas durante suas carreiras. Dez professores universitários da área simultaneamente lecionavam em escolas militares (Ohm chegou a lecionar em uma, inclusive, embora como emprego único) e nove passaram de escolas de comércio e técnicas para postos universitários. Inclusive a fase mais fértil de Ohm, em termos de produção de pesquisas, é justamente o período no qual lecionou em um *Gymnasium* jesuíta em Colônia (1817-1826), conforme tratado na seção anterior.

As mudanças mencionadas produziram, pouco a pouco, alterações nas formas mais comuns de se enxergar e se produzir ciência. Entretanto, é importante que se faça a ressalva de que todas as transformações não ocorreram sem alguns embates. Nem todos tinham a mesma visão que acompanhou a reforma educacional, encabeçada por W. von Humboldt. Havia também adeptos da *Naturphilosophie*, uma corrente de pensamento anteriormente estabelecida, que defendia uma ideia de ciência diferente daquela propagada pela reforma.

Todavia, não há um consenso sobre o que se entende por *Naturphilosophie*. Mesmo num contexto de falta de uma definição clara, a ideia de unidade está presente nessa corrente de pensamento, uma vez que ela representava o projeto de construção de um sistema geral da

natureza (Waisse-Priven, 2009). Ademais, outra característica da *Naturphilosophie* seria a oposição à tendência dominante da ciência moderna, da especialização crescente juntamente com seu empirismo, que constituía a pauta programática geral, que incluía uma filosofia especulativa da natureza, liderada por Schelling e Hegel (Waisse-Priven, 2009). A oposição ao empirismo, feita pelos adeptos dessa corrente de pensamento, foi um dos motivos de embates entre eles e outros estudiosos – dentre os quais Ohm –, que buscavam, por meio de experiências, entender e explicar determinados fenômenos físicos.

No entanto, um ponto importante a se frisar é que, embora a *Naturphilosophie* fosse uma corrente de pensamento alternativa às ideias de Kant, ela teria incorporado a visão de unidade da natureza do filósofo (Garber, 2001). Tal ideia convergiu com o pensamento de alguns estudiosos, entre eles o próprio W. von Humboldt, mesmo não sendo um adepto da *Naturphilosophie* (Jungnickel e McCormach, 1986). Ainda em relação a essa questão, é relevante mencionar que Paul Erman (1764-1851), Thomas Johann Seebeck (1770-1831), Christopher Heinrich Pfaff (1773-1852) e Julius Conrad von Yelin (1771-1826) tentaram determinar se galvanismo e eletricidade eram o mesmo fenômeno, indo na direção de uma unidade. Com os mesmos propósitos, Erman trabalhou com questões ligadas à relação entre eletricidade e magnetismo, enquanto Thomas Seebeck, por meio de seus estudos, conectou as áreas de eletricidade e do calor (Jungnickel e McCormach, 1986, p. 43-44). Nesse contexto, o próprio trabalho de Ohm sobre o galvanismo foi visto como uma pesquisa que conectou áreas diferentes do conhecimento (Ohm, 1827).

Enfim, embora por motivos aparentemente diferentes, podemos notar, entre alguns estudiosos germânicos da física do período, uma propensão pela busca de uma unidade dos fenômenos, aspecto que também é corroborado por outros autores que abordaram os trabalhos desses estudiosos (Jungnickel e McCormach, 1986). Essa busca também está subjacente a um dos artigos de Ohm, no qual investiga questões sonoras, uma vez que faz uso de um resultado matemático desenvolvido em estudos sobre o calor de Fourier (Ohm, 1843; Fourier, 1822), conforme será discutido. No momento, contudo, retornar-se-á à corrente de pensamento denominada *Naturphilosophie*.

Os estudiosos dão diferentes explicações sobre o que teria representado a *Naturphilosophie* em seu período. Um estudo defende que uma das principais contribuições dessa corrente é o fato de ela ter feito a ciência germânica desvincular, em alguma medida, a atividade científica de sua aplicação prática utilitária (Waisse-Priven, 2009). Por outro lado, há também quem considere que a importante contribuição da *Naturphilosophie* foi em relação à ampliação do campo de exploração, levando seus aderentes a áreas impensáveis em termos mecanicistas (Garber, 2001). Em relação ao objeto do presente trabalho, um ponto importante a ser tratado é o fato de a corrente de pensamento conhecida por *Naturphilosophie* ter se colocado no caminho de Ohm por intermédio de seus adeptos, atrapalhando-o nos projetos de desenvolvimento da sua pesquisa.

Ainda que Ohm seja o centro do presente artigo, ele não é o único caso reportado pela historiografia. Outros estudiosos experimentais da física, incluindo o antigo editor do importante periódico *Annalen der Physik*, Ludwig Wilhelm Gilbert (1769-1824), lutaram contra essa corrente de pensamento. Segundo eles e por razões diferentes daquelas de Ohm, a *Naturphilosophie* teria prejudicado a física germânica (Jungnickel e McCormach, 1986). Assim, embora para Gilbert a física não precisasse ser necessariamente matemática, ela era uma ciência empírica (Garber, 2001). Erman, que se incluía entre os estudiosos avessos à *Naturphilosophie*, precisou resistir ao desprezo de Hegel pelas ciências naturais exatas e sua influência sobre o ministro Karl vom Stein zum Altenstein (1770-1840) até o fim da década de 1820 (Jungnickel e McCormach, 1986).

Tomando como referência a Universidade de Berlim, fundada em 1810, pode-se dizer que a *Naturphilosophie* era dominante na instituição nos primeiros anos de sua existência. Todavia, a situação mostra sinais de mudança na década de 1820, quando alguns dos denominados experimentalistas começaram a ingressar como professores na universidade. Isso não significa, entretanto, uma guinada na orientação filosófica da instituição, como um todo. Pois, por um lado, em 1830, o estudioso Georg Friedrich Pohl ainda receberia uma cadeira, sendo o último *Naturphilosopher* a ser contratado pela instituição e marcando um momento importante da corrente de pensamento (Waisse-Priven, 2009). E, por outro lado, Ohm viria a ser rejeitado em 1831, quando tentou se candidatar a uma vaga (Jungnickel e McCormach, 1986).

O caso recebeu relativa atenção dos historiadores da ciência e é conhecido que, anteriormente, Ohm havia tido um atrito com Pohl. De acordo com Jungnickel, esse professor pertencia a um grupo sob influência de Hegel e teria sido o único estudioso que, de imediato, leu e comentou o livro de Ohm sobre a corrente galvânica (Ohm, 1827). Jungnickel relembra a afirmação de Pohl de que Ohm não teria prestado atenção à "essência" do circuito e meramente teria expressado algumas propriedades da eletricidade em fórmulas. Para Pohl, Ohm não havia realizado, de fato, uma contribuição, mas uma mera aplicação dos trabalhos de Fourier e de Poisson em outras partes da física (Jungnickel e McCormach, 1986).

Foi, sem dúvida, um duro golpe para Ohm, mas ele seguiu em seus propósitos. Após ter enfrentado a resistência de Pohl, Ohm enviou uma cópia de seu livro para o rei da Baviera, sempre com o objetivo de conseguir um posto de trabalho apropriado para suas pesquisas. O rei encaminhou o trabalho para a Academia Bávara de Ciências, mas, aparentemente, seus membros não queriam o estudioso na Universidade de Munique, supostamente devido à disputa pela utilização dos aparatos. O presidente da academia, o *Naturphilosopher* Friedrich Wilhelm Joseph von Schelling (1775-1854) também se colocou contra Ohm (ou ao menos não o ajudou), oferecendo-lhe somente uma posição extraordinária sem salário. Ohm também tentou obter um posto na Universidade de Berlim após o falecimento de um professor da instituição, mas o ministro Altenstein alegou que a universidade estava bem suprida de professores (Jungnickel e McCormach, 1986). Essa resistência é significativa, pois parece ser advinda das diferenças entre Ohm e os *Naturphilosophen* sobre as formas de se enxergar e fazer ciência.

Outro ponto bastante importante a ser levantado para a compreensão do contexto dos trabalhos de Ohm é a questão da utilização da matemática na física, ou ainda, considerando como área de estudo, a física matemática. O assunto é bastante intrincado, não apenas pelo fato de a própria relação entre as áreas da matemática e da física à época mostrar-se complexa, como também porque cada estudioso via a questão de uma maneira, havendo um grande debate sobre o papel que a matemática poderia desempenhar na compreensão dos fenômenos físicos (Garber, 2001). Embora não seja viável uma extensa discussão sobre esse tema no presente trabalho, o assunto não pode ser de todo ignorado ao se pretender compreender o contexto em que os trabalhos de Ohm estão inseridos.

Parece que poucos físicos germânicos tinham conhecimento suficiente sobre o assunto para avaliar o trabalho sobre a corrente galvânica de Ohm (1827). Ou então não julgavam a utilização da matemática como necessária na física, como teria sido o caso de Johann Salomo Christoph Schweigger (1779-1857), editor do *Journal für Chemie und Physik*, que recebeu uma cópia do livro de Ohm no qual o trabalho foi publicado. Para complicar ainda mais a situação, o ministro que recebeu o trabalho de Ohm enviou uma cópia para um colega de Schweigger,

que não teria compreendido suficientemente a matemática presente na pesquisa (Jungnickel e McCormach, 1986). Ou seja, claramente para esses estudiosos contemporâneos a matemática não tinha o mesmo papel e importância que para Ohm. Esse foi o contexto em que Pohl recebeu o trabalho de Ohm; um contexto altamente favorável a uma revisão negativa.

De fato, na época da publicação dos trabalhos de Ohm, ao menos uma boa parte dos experimentalistas germânicos parecia suspeitar do uso da matemática na física. Para alguns deles, era impossível acreditar que qualquer conhecimento da natureza pudesse ser adquirido por meio da matemática, considerada unicamente produto da mente humana, que a princípio não estava relacionada ao mundo real (Garber, 2001). Porém, essa não era a postura de todos os estudiosos do período, havendo, também, os defensores da utilização da matemática na física, ainda que não houvesse consenso entre eles: enquanto uns enxergavam as áreas como complementares, outros até consideravam a impossibilidade de uma teoria física sem a matemática, embora estes últimos formassem uma minoria (Garber, 2001).

Ainda a respeito das relações entre física e matemática, cabe ressaltar a visão de alguém como o estudioso Johann Tobias Mayer (1752-1830), conhecido professor e autor de livros didáticos. Para ele, as áreas da física sujeitas ao tratamento matemático eram tidas como parte da matemática e, assim, os trabalhos de Euler e Lagrange, por exemplo, sobre o som, e o de Fourier sobre o calor eram considerados como trabalhos matemáticos, não físicos. Por outro lado, para Ernst Gottfried Fischer (1754-1831), que foi professor de física na Universidade de Berlim, a generalização somente era possível por meio da matemática (Garber, 2001).

Uma abordagem mais aprofundada do período, como a que está sendo apresentada aqui, expõe, de fato, diversas visões sobre a relação matemática e física. Diferentemente disso, em geral, os trabalhos em história da física parecem apontar para uma certa resistência ao uso e, em alguns casos, até falta de conhecimento suficiente para a utilização da matemática em investigações físicas à época de Ohm, conforme mencionado. A par das diferentes visões, parece ter ocorrido uma transformação na forma de se estudar física ao longo do tempo. Pouco a pouco, a matemática iria ganhando cada vez mais espaço nas tentativas de se explicar os fenômenos físicos da natureza, bem como sendo usada de forma mais abstrata. Contexto no qual Ohm estava inserido, ao mesmo tempo que contribuía para sua construção.

Assim, abordar a resistência da utilização matemática na área da física parece ser um ponto crucial para compreender os trabalhos de Ohm, uma vez que essa área do conhecimento desempenhava um papel fundamental em suas pesquisas galvânicas e acústicas. O artigo de Kenneth Caneva (1978) sobre a transformação da física praticada na primeira metade do século XIX no local em questão, traz algumas reflexões interessantes que também podem auxiliar na compreensão do tema e, por conseguinte, dos trabalhos de Ohm. Embora o foco do trabalho de Caneva tenha sido as áreas de eletricidade e magnetismo, suas reflexões dizem respeito à forma de se fazer ciência de maneira mais geral.

Caneva defende que a física germânica sofreu uma mudança na forma de ser realizada, passando de uma forma concreta para uma abstrata, sendo as diversas características de cada uma descritas pelo autor ao longo do artigo. O pesquisador coloca Ohm entre duas gerações de estudiosos, afirmando que ele apresentava características de ambas, de forma mesclada. Apesar da maneira demasiadamente compartimentalizada de apresentar os cientistas da época, dividindo-os em dois grupos, algumas mudanças apontadas por Caneva parecem, em alguma medida, ter ocorrido.

Segundo o pesquisador, existem vários pontos que diferenciariam os dois grupos. Em particular, os pontos que envolvem a matemática de alguma maneira são interessantes para o presente trabalho. Caneva aponta que a física praticada pela geração mais antiga teria uma tendência mais qualitativa, ou seja, não buscava expressões matemáticas, ao contrário da praticada pela geração mais recente. A conceitualização, no caso da geração anterior, partiria de uma representação mais pictórica do fenômeno. Ainda sobre as relações entre a matemática e os fenômenos físicos, Caneva aponta que a geração anterior fazia uma distinção entre conhecimento físico e conhecimento matemático, enquanto para a geração posterior a explicação de um fenômeno físico estaria associada inextricavelmente à sua descrição matemática. Ao considerarmos que Ohm não somente buscava, como obteve expressões matemáticas em seus trabalhos, no quadro da diferenciação feita por Caneva nosso estudioso se aproximava de uma forma mais moderna de se fazer física.

E o que teria contribuído para que Ohm assumisse uma abordagem diferenciada para os padrões do meio em que estava inserido? Uma resposta para essa pergunta parece estar nos seus estudos iniciais. Embora tenha estudado em um *Gymnasium* e depois numa universidade, formação que lhe daria base para suas pesquisas físicas, Ohm também havia estudado com seu pai e posteriormente se voltado aos trabalhos clássicos franceses da época (Lagrange, Legendre, Laplace, Biot, Poisson, Fourier dentre outros). Essa base – e principalmente os estudos de Fourier – parece ter influenciado seus trabalhos de forma importante, tanto aqueles sobre a corrente galvânica quanto os dedicados ao estudo do som (Caneva, 1978; Füchtbauer, Deuerlein, Füchtbauer, 1939).<sup>14</sup>

Em relação ao embate Pohl-Ohm apresentado, o choque de ideias ficou bastante evidente, se levarmos em conta a afirmação de Pohl que Ohm não teria prestado atenção à “essência” do circuito. Aqui, parece que os dois estudiosos tinham ideias diferentes do que seria a “essência” do fenômeno. Quer dizer, ao buscar leis simples e constantes (assim como Fourier) Ohm, na realidade, estaria justamente investigando a essência do objeto estudado. Ao privilegiar a visão de Fourier, Ohm se afastava de Pohl.

A aproximação da forma de trabalhar de Fourier e dos estudiosos franceses não seria um acontecimento pontual, mas parte de uma interação maior, a qual teria ocorrido aproximadamente a partir da virada do século XVIII para o XIX, no contexto em que os experimentalistas franceses inspiraram estudiosos germânicos e também britânicos. Dessa forma, e para o que nos interessa no presente trabalho, a análise matemática foi ganhando espaço em terras germânicas no que tange os estudos sobre a natureza. Assim, problemas de pesquisa e os termos de suas soluções pelos experimentalistas e pelos matemáticos, acabaram sendo reorientados, com uma aparente tentativa de emulação da ciência francesa, notadamente a partir de 1820 (Garber, 2001).

Na época, em meios germânicos, como mencionamos, pode-se observar oposição entre os métodos experimentais de pesquisa e os matemáticos. Mas, também se observa que, de modo geral, os trabalhos utilizando os dois métodos eram apreciados, embora a utilização do “poder mágico da análise” para resolver todos os problemas não fosse bem-vista (Pfaff, 1853 *apud* Jungnickel e McCormmach, 1986, p. 44). De fato, havia quem considerasse um exagero a forma de os franceses utilizarem a matemática na física, e, conseqüentemente, que as teorias formuladas nesse contexto não explicavam a “natureza e comportamento” dos fenômenos físicos

14 O estudo dos trabalhos dos mencionados pesquisadores franceses teria sido realizado por Ohm no período em que esteve em Colônia, contribuindo, provavelmente, para que ele se voltasse a pesquisas sobre eletricidade.

(Muncke, 1833 *apud* Jungnickel e McCormmach, 1986, p. 44). Além do mais, para os pesquisadores germânicos, muita matemática tornaria o trabalho muito abstrato, sem possibilidade de visualização; ou seja, faltariam imagens para serem apreendidas pelos sentidos para uma verificação empírica (Jungnickel e McCormmach, 1986).

De qualquer forma, por volta da metade da década de 1820, os “imponderáveis” (relacionados a movimentos não observáveis dentro dos corpos), sujeitos a tratamentos matemáticos pelo trabalho de grandes físicos franceses, foram introduzidos em terras germânicas por meio de traduções de trabalhos publicadas no periódico *Annalen der Physik* ou incluídas em livros-texto germânicos na área de física (Jungnickel e McCormmach, 1986). De modo mais específico, essa interação teria afetado os trabalhos de Ohm tanto sobre o galvanismo quanto sobre o som, por analogias realizadas ou pela utilização da análise matemática.

Algum tempo mais tarde, na década de 1840, já se nota que a análise matemática era utilizada extensivamente pelos estudiosos germânicos, sendo os trabalhos dos franceses frequentemente citados (Jungnickel e McCormmach, 1986).<sup>15</sup> Ohm está incluído nesse grupo. De fato, a observação do material que mantinha em seu poder (trabalhos de Cauchy, Poisson, Fourier, Lacroix e outros estudiosos) ajuda a reforçar tal ideia. Para ele, a física e a matemática caminhavam juntas, e sua atuação como professor em ambas as áreas atesta sua proficiência nelas e ajuda a ilustrar sua visão de ciência. (Jungnickel e McCormmach, 1986).<sup>16</sup> No caso de Ohm, a análise matemática já teria sido realizada em seus estudos sobre o galvanismo (década de 1820), o que se repetiu posteriormente em seus estudos sobre o som (década de 1840).

Sabe-se que Pohl não era um representante típico de estudioso da física do período, mas, o que mais interessa aqui é sua ideia de como se deveria realizar o trabalho em ciência. Assim, o choque de suas ideias com as de Ohm, aliado ao desinteresse e possivelmente ao desconhecimento de outros estudiosos em relação à matemática utilizada, corroborariam a suposição de que Ohm estava praticando uma física diferenciada, ao menos em relação ao que se fazia em terras germânicas. Diferenciação que parece estar inserida no contexto de mudanças na forma de se estudar a física, inclusive em relação ao papel conferido à matemática – de caráter mais abstrato – nas investigações, o que também se observa nos estudos de Ohm sobre o som.

Outro ponto interessante a se observar sobre a questão é que, ao lançar mão da matemática mais abstrata, Ohm consegue utilizar métodos de resolução ou ferramentas em diferentes áreas da física. Assim teria sido tanto nos estudos sobre a corrente galvânica quanto nos estudos sobre o som. Essa forma de se trabalhar acabou propiciando aproximações de áreas a princípio distantes, o que curiosamente remete à ideia da construção de um sistema geral da natureza da *Naturphilosophie*, corrente que se opôs ao modo de fazer ciência de Ohm.

## Considerações finais

Conforme abordado, a *Naturphilosophie* foi uma corrente de pensamento que tinha influência à época de Ohm, ainda que, na década de 1830 já estivesse em fase de declínio. Isso

15 A autora afirma que, por volta da década de 1840, a análise matemática era extensivamente utilizada pelos físicos germânicos, por conta do contato com pesquisas de estudiosos franceses.

16 O material que Ohm possuía, juntamente com sua listagem, encontra-se disponível no *Deutsches Museum*, em Munique.

pode ser corroborado pelo fato de Pohl, influente pensador do período, ser um dos últimos de seus adeptos a ingressar em uma grande universidade como professor. Justamente devido à influência no meio acadêmico, o professor Pohl se opôs a Ohm, a quem considerava como um estudioso que não ia à essência do fenômeno. Nesse sentido, a divergência se mostra como filosófica, uma vez que Ohm, por seu lado, pensava estar investigando a essência da corrente galvânica ao estudá-la matematicamente. Ohm tinha com propósito encontrar leis gerais e simples, embora essas leis dissessem respeito a “como” a corrente galvânica se comportava. Isso era, para ele, o essencial.

Assim, essa forma de usar a matemática era controversa em terras germânicas, dando lugar a um grande debate sobre sua adequação ou não para investigar os fenômenos físicos. Ademais, a falta de conhecimento matemático suficiente para avaliar os trabalhos de Ohm parecia ser outro problema que pode ter dificultado a recepção dos seus trabalhos.

Por outro lado, a abordagem matemática dos fenômenos estava presente nos trabalhos de diversos estudiosos franceses. Trabalhos que Ohm conhecia muito bem, como, por exemplo, o de Fourier, especialmente aqueles sobre o calor, que foi uma grande referência para suas próprias investigações.

Essas investigações matemáticas estariam indo em direção a uma abstração de determinadas propriedades dos fenômenos, as leis simples e gerais, tão almejadas por Ohm. A busca de tal abstração matemática teria levado a que algo desenvolvido no contexto de estudos sobre o calor fosse utilizado para explicar fenômenos relacionados a um tom, termo utilizado por Ohm e que se referia a um som de altura constante. Em outras palavras, Ohm, seguindo Fourier, estaria dizendo que um tom se comportaria de forma parecida com o calor, quando esse se propaga em um sólido. Isso teria sido inovador, embora curiosamente tenha ido em direção a uma unidade dos fenômenos, remetendo, de certa forma, à ideia de natureza defendida pela *Naturphilosophie*.<sup>17</sup>

## Referências bibliográficas

- BAUERNFEIND, C.M. Georg Ohm. In: *Allgemeine deutsche Biographie XXIV*. Leipzig: Duncker & Humblot, 1887. p. 187-204.
- BORIA, F.; RAPACCINI, B. Education and research: The development of German physics in the nineteenth century: part one. *Lettera Matematica*, v. 6, n. 3, p. 161-166, 2018.
- BUSCH, A. The vicissitudes of the “Privatdozent”: Breakdown and adaptation in the recruitment of the German university teacher. *Minerva*, v. 1, n. 3, p. 319-341, 1963.
- CANEVA, K.L. From galvanism to electrodynamics: The transformation of German physics and its social context. *Historical Studies in the Physical Sciences*, v. 9, p. 63-159, 1978.
- CANEVA, K.L. Georg Simon Ohm. In: GILLISPIE, C. (org.). *Dictionary of scientific biography*. v. 10. New York: Charles Scribner’s Sons, 1981. p. 186-194.

17 Entretanto, os trabalhos acústicos de Ohm merecem maior atenção do que estão recebendo aqui, de modo que deverão ser objeto de outra publicação.

- CARUSO, M. Liberal governance and the making of hierarchies: Oberlehrer in Munich's elementary schools (1871-1918). *Journal of Educational Administration and History*, v. 41, n. 3, p. 223-237, 2009.
- DEUERLEIN, E.G. *Georg Simon Ohm (1789-1854): Leben und Wirken des grossen Physikers*. Erlangen: Palm & Enke, [1939] 1954.
- DEUERLEIN, E.G. *Höhere Technische Staatslehranstalt Nürnberg (1833-1933)*. Nürnberg: W. Tümmels Buchdruckerei, s.d.
- DOVE, H.W.; MOSER L. (org.). *Repertorium der Physik*. Berlin: Veit, 1837.
- FOURIER, J.B.J. *Théorie analytique de la chaleur*. Paris: F. Didot, 1822.
- FÜCHTBAUER, H.R.; DEUERLEIN, E.; FÜCHTBAUER, C. *Georg Simon Ohm: Ein Forscher wächst aus seiner Väter Art*. Bonn: Ferdinand Dümmlers, 1939. GARBER, E. *The language of physics: The calculus and the development of theoretical physics in Europe (1750-1914)*. Boston: Birkhäuser, 2001.
- HARTMANN, L. *Georg Simon Ohm: Briefe, Urkunden und Dokumente*. Hamburg: Severus Verlag, [1927] 2014.
- HELMHOLTZ, H. *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. Braunschweig: Friedrich Vieweg und Sohn, 1863.
- JUNGNICKEL, C.; MCCORMMACH, R. *Intellectual mastery of nature: theoretical physics from Ohm to Einstein*. v. 1: The torch of mathematics, 1800 to 1870. Chicago: The University of Chicago Press, 1986.
- KITCHEN, M. *História da Alemanha moderna: de 1800 aos dias de hoje*. Tradução de Cláudia Gerpe Duarte. São Paulo: Cultrix, 2013.
- MUNCKE, G.W. Physik. In: *Johann Samuel Traugott Gehler's physikalisches Wörterbuch*. v. 7, pt. 1, p. 493-573, 1833.
- OHM, G.S. Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektricität leiten. *Annalen der Physik*, v. 4, p. 79-88, 1825a.-
- OHM, G.S. Vorläufige Anzeige des Gesetzes, nach welchem Metalle die Kontaktelektricität leiten. *Journal für Chemie und Physik*, v. 44, p. 110-118, 1825b.
- OHM, G.S. *Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet*. Berlin: T.H. Riemann, 1827.
- OHM, G.S. Bemerkungen über Combinationstöne und Stösse. *Annalen der Physik und Chemie*, v. 47, p. 463-465, 1839.
- OHM, G.S. Über die Definition des Tones, nebst daran geknüpfter Theorie der Sirene und ähnlicher tonbildender Vorrichtungen. *Annalen der Physik und Chemie*, v. 59, n. 8, p. 513-565, 1843.
- OHM, G.S. Noch ein paar Worte über die Definition des Tones. *Annalen der Physik und Chemie*, v. 62, n. 5, p. 1-18, 1844.
- PAULSEN, F. *German education: Past and present*. Tradução de T. Lorenz. New York: Charles Scribner's Sons, 1908.
- PFÄFF, J.F. *Sammlung von Briefen gewechselt zwischen Johann Friedrich Pfaff und Herzog Carl von Württemberg, F. Bouterwek, A. v. Humboldt, A.G. Kästner, und anderen*. Leipzig: Carl Pfaff, 1853.
- ROGERSON, J. *Old Testament criticism in the nineteenth century: England and Germany*. Eugene: Wipf and Stock, 2010.
- TURNER, R.S. The Ohm-Seebeck dispute, Hermann von Helmholtz, and the origins of physiological acoustics. *The British Journal for the History of Science*, v. 10, n. 1, p. 1-24, 1977.
- VOGEL, S. Sensation of tone, perception of sound, and empiricism: Helmholtz's physiological acoustics. In: CAHAN, D. (org.) *Hermann von Helmholtz and the foundations of nineteenth century science*. Berkeley: University of California Press, 1993. p. 259-287.
- WAISSE-PRIVEN, S.I. *d&D: duplo dilema du Bois-Reymond e Driesch, ou a vitalidade do vitalismo*. São Paulo: Educ; Fapesp, 2009.

Recebido em 31/01/2024

Aceito em 15/07/2024