

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Alexandre Frascari

ASPECTOS DA ENERGÉTICA DE WILHELM OSTWALD (1853-1932)

Mestrado em História da Ciência

São Paulo
2020

Pontifícia Universidade Católica de São Paulo
PUC-SP

Alexandre Frascari

ASPECTOS DA ENERGÉTICA DE WILHELM OSTWALD (1853-1932)

Mestrado em História da Ciência

Dissertação apresentada à banca examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para obtenção do título de **Mestre em História da Ciência** sob a Orientação da Prof.^a Dr.^a Maria Helena Roxo Beltran.

São Paulo

2020

Banca Examinadora

"Pesquisa financiada com bolsa concedida pela agência de fomento do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq. Número do processo 134270/2018-5."

"This study was financed by the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq.
Process number 134270/2018-5."

AGRADECIMENTOS

À Fundação São Paulo e a Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUCSP, pelo apoio financeiro e acadêmico possibilitando a realização deste trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pelo apoio financeiro viabilizando essa pesquisa;

À orientadora, Prof.^a Dr.^a Maria Helena Roxo Beltran, pela paciência na orientação e condução das tarefas para desenvolvimento deste trabalho;

A todos os docentes do Programa de Estudos Pós Graduated em História da Ciência, na esperança de que esse trabalho possa ser útil no aprofundamento nos debates das questões da Ciência, da Tecnologia e da Sociedade.

RESUMO

Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) foi professor de química da Universidade de Leipzig. Em 1909, ganhou prêmio Nobel com seu trabalho sobre catálise. Mas seu grande projeto era a unificação de todos os campos do conhecimento a partir da consideração da energia como conceito fundamental. Sua proposta energética, final do século XIX, iniciou um movimento contra o materialismo científico. Para Ostwald, a definição de energia era análoga à noção metafísica de substância, como sendo tudo que permanece em meio à mudança. Ostwald justifica o conceito metafísico de substância não partindo de uma visão filosófica, mas sim da experiência sensorial. Suas ideias energéticas também serviram de orientação para propor a pirâmide como forma de organizar o conhecimento científico. Classificando as ciências segundo seu grau de abstração, colocava na base da pirâmide as ciências formais, como a lógica, a aritmética e a geometria e o movimento, passando pelas ciências físicas e chegando ao topo com as ciências da vida: a fisiologia, a psicologia e a sociologia.

Este estudo sobre a obra de Ostwald partiu de uma abordagem epistemológica, historiográfica e de contextualização social. Analisaram-se posições de Ostwald em confronto com o movimento científico e filosófico da época sobre a existência ou não de átomos e os modelos atômicos científicos, bem como suas discussões que contribuíram para diferenciar os conceitos de força e energia. Verificou-se um primeiro movimento energicista, ampliado por Ostwald pelo conceito de energia da mecânica para outros campos da física por meio da termodinâmica. Ao final, posiciona-se Ostwald como um continuador desse movimento, que universalizou ainda mais o emprego do conceito de energia.

Palavras-chave: História da Ciência. Energia. Energética. Organização do conhecimento. Ostwald.

ABSTRACT

Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) was a professor of chemistry at the University of Leipzig who proposed an organization of science based on energy. Ostwald won the Nobel Prize In 1909 for his work on catalysis. At the end of the nineteenth century, his proposal to consider energy as a fundamental concept in unifying all fields of knowledge initiated a movement against scientific materialism. For Ostwald, energy was analogous to the metaphysical notion of substance, meaning everything that remains in the midst of change. Ostwald justified the metaphysical concept of substance, not from a philosophical view, but from sensory experience. He organized scientific knowledge according to a pyramidal structure that classified sciences according to their degree of abstraction. In this respect, he placed the formal sciences, such as logic, arithmetic and geometry and movement at the base of the pyramid, moving on up through the physical sciences until reaching the top to find the life sciences of physiology, psychology and sociology. This research on Ostwald's work was approached from an epistemological, historiographic and social context, therefore placing Ostwald in confrontation with the scientific and philosophical movements of the time, which were concerned with whether atoms existed or not, as well as the elaboration of scientific atomic models. During this period, the word "Kraft" used in German texts in reference to the principle of conservation and translated as force, became the concept of energy widely used by Ostwald. There was a first energetic movement, which Ostwald expanded from the concept of mechanical energy into other fields of physics through thermodynamics. Finally, Ostwald can be seen as a continuator of this movement, which has further universalized the use of the concept of energy.

Keywords: History of Science. Energy. Energetics. Physicochemical. Organization of Knowledge. Ostwald.

Sumário

Introdução	9
 Capítulo I	
O percurso da energética até Ostwald	18
1.1 O ambiente científico na Alemanha no final do século XIX	19
1.2 A adequação do termo “energia” ao conceito de energia no final do século XIX: a transformação de uma ideia.....	24
1.3 A força torna-se energia na termodinâmica.....	26
1.4 A busca de um princípio universal: a energética de Helmholtz, W. Thomson e Rankine	28
1.5 O energicismo antiatomista.....	30
1.6 O movimento energicista no final do século XIX	31
1.7 A energética de Ostwald	35
 Capítulo 2	
A Cosmovisão Energética de Ostwald	45
2.1 A organização do conhecimento	46
2.2 A ciência da ordem	55
2.3 A ciência energética.....	56
2.4 Fisiologia	60
2.5 Os fenômenos psicológicos	68
2.6 A energética sociológica	72
 Considerações finais	 77
 Bibliografia	 81

Introdução

Friedrich Wilhelm Ostwald (1853-1932) é muito conhecido como figura-chave no desenvolvimento da físico-química, tendo sido ganhador do prêmio Nobel em 1909. Menos conhecida, no entanto, é sua proposta energética que provocou muitas polêmicas no final do século XIX e início do século XX. Iniciou um movimento contra o materialismo científico – predominante na época –, colocando a energia como conceito fundamental de unificação de todos os campos do conhecimento, desde as ciências que hoje chamaríamos duras até as psicológicas e sociológicas. Na Assembleia da Sociedade de Cientistas e Médicos em Lübeck, no dia 20 de setembro de 1895, Ostwald, então professor de química da Universidade de Leipzig, fez uma crítica à concepção de mundo mecanicista em voga, que acreditava estaria produzindo falsos problemas sem solução. Assim, propôs uma mudança para uma ciência baseada na energia.¹

A palavra *Kraft*, utilizada nos textos germânicos em relação ao princípio de conservação e traduzida como “força”, até meados do século XIX, na Alemanha, transformou-se no conceito de energia já amplamente utilizado na época de Ostwald. Essa distinção foi proposta por William Thomson (1824-1907), conhecido como Lorde Kelvin, e William John Macquorn Rankine (1820-1872), em 1850, justamente para evitar ambiguidades. Com isso, verificou-se um primeiro movimento energicista, anterior a Ostwald, que ampliou o conceito de energia da mecânica para outros campos da física por meio da termodinâmica.

¹ Ostwald, “Emancipation from Scientific Materialism”, 419-36.

A partir daí, pode-se posicionar Ostwald como um continuador desse movimento que universalizou ainda mais o emprego do conceito de energia. Além disso, esse movimento proposto por Ostwald não se restringiu à Alemanha, mas teve simpatizantes também na França, como Pierre Duhem (1861-1916), entre outros.

Ostwald foi um dos impulsionadores do campo chamado de “filosofia da ciência”. Sua pretensão era obter uma prática filosófica a partir da ciência. O cientista construiu uma pirâmide para mostrar a organização do conhecimento, partindo da base para o topo, isto é, a partir dos dados sensíveis da experiência; não de cima para baixo, como anteriormente se propunha, ou seja, a partir dos dados especulativos para os dados concretos.

Para analisar a obra de Ostwald em seu contexto, faz-se necessária uma abordagem que parta de um ponto de vista próximo ao objeto e se afaste para obter uma visão em perspectiva, como a proposta do Centro de Estudos Simão Mathias (CESIMA) – uma abordagem epistemológica, historiográfica e de contexto social.² Isso se faz necessário, pois as posições de Ostwald entravam em confronto com o movimento científico e filosófico da época, o que tornava suas propostas paradoxais e, muitas vezes, difíceis de serem discernidas.

Devido à complexidade e à extensão de sua obra, há várias formas de análise dos trabalhos sobre Ostwald. Por exemplo, os de Deltete, que focalizam mais a questão científica da química³. Outros, muito interessantes, como de Leticia Pereira, analisam como a concepção energética de Ostwald

² Alfonso-Goldfarb, "Documentos, Métodos e Identidade Da História Da Ciência," 7-9.

³ Deltete, "Wilhelm Ostwald's Energetics," 266-300.

influenciou em seu trabalho sobre a catálise⁴. Poucos trabalhos, no entanto, abordam a questão de Ostwald de um ponto de vista mais amplo, mais filosófico.

Dos 36 títulos que Rodnyj e Solwjew levantaram sobre Ostwald, em sua biografia sobre o cientista que abrange até o ano de 1977, 18 são títulos biográficos, 14 sobre seu trabalho em química, 2 referem-se à teoria das cores e apenas 3 discorrem sobre tópicos filosóficos mais gerais. Destes, um aborda uma discussão contemporânea da energética⁵.

As discussões da obra de Ostwald vão além da polêmica sobre a existência ou não de átomos⁶ e da importância do conceito de energia. Envolvem questões relativas, por exemplo, ao modelo atômico considerado científico ou não; à construção de um modelo teórico sem a inclusão de hipóteses não passíveis de experimentação; à energia como ponto central que unificaria todas as ciências em torno de um conceito comum; à defesa da energia como elemento real, que entra em colisão com as diversas formas de Positivismo; à definição de energia de acordo com a noção metafísica de substância, como aquilo que permanece em meio à mudança; a uma oposição ao materialismo científico; à busca de conexões entre os diversos campos da ciência; à padronização da linguagem e das publicações científicas, etc.

Sua crítica ao materialismo científico mecanicista contou com o apoio de outros cientistas alemães, como Georg Ferdinand Helm (1851-1923) e Ernst

⁴ Pereira, "Leis da Energética," 1.

⁵ Ver: Rodnyj, Solowjew, Jurij I, *Wilhelm Ostwald. Leipzig (Teubner)*, 30 citado por Binder, "Wilhelm Ostwalds Energetik Verbindung zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaftswissenschaft zu Beginn des 20. Jahrhunderts ?"

⁶ Görs, "Atomist or anti-Atomist," 79.

Mach (1838-1916). No entanto, divergiram dele em questões de cunho filosoficamente fundamentais⁷.

Ostwald, Helm e Mach concordavam com a visão antimetafísica de que a ciência moderna deveria estar livre de especulações sobre a essência oculta dos fenômenos, no que se aproximavam dos positivistas. Helm, Mach e Duhem defendiam uma visão fenomenológica em que apenas relações são acessíveis ao conhecimento, sendo o método experimental independente de fundamentos metafísicos tais como substâncias ou causas⁸. Ostwald, no entanto, era um realista moderado que acreditava ser possível conhecer a realidade por meio do método empírico, isto é, que o método experimental alcançaria a substância real do mundo que seria energia, distanciando-se tanto da corrente kantiana, para a qual o *nuomeno* seria cientificamente inacessível, quanto do positivismo.⁹ Ostwald adotou também uma atitude monista científica, em contraposição ao dualismo. Afirmava que Kant “certamente está enganado quando nega toda possibilidade de conhecer o mundo ‘em si’.”¹⁰

A extensão da lei de conservação da massa para uma lei de conservação da matéria pelo mecanicismo do materialismo científico leva a contradições. Por exemplo, os elementos químicos são caracterizados por suas propriedades, uma delas sendo a massa. Em sua apresentação, em Lübeck, Ostwald dá o exemplo da reação de Ferro com Oxigênio formando um Óxido de ferro: o óxido não tem as propriedades nem do ferro, nem do oxigênio, nem uma mistura das duas; tem propriedades distintas. Portanto, a lei de

⁷ Neuber, “Uneasy Allies,” 48.

⁸ Ibid., 51.

⁹ Ibid., 50.

¹⁰ Ostwald, *L'Énergie*, 166.

conservação não se aplica a essas propriedades¹¹. Em *Esboço de Uma Filosofia das Ciências*, Ostwald considera cada elemento químico como uma forma de energia¹², o que resolveria o dilema de que substâncias diferentes não poderiam interagir, como a relação entre energia e matéria, entre mente e corpo¹³. Mas por serem os elementos apenas formas de energia, eles podem se combinar. Dessa forma, a ideia de invariância da matéria é mais bem explicada pela invariância da energia¹⁴

A energia era vista por Ostwald como a causa imaterial de todos os fenômenos físicos, contrariando, nesse ponto, a ideia positivista. Os fenômenos seriam efeitos causais da energia. Tudo que percebemos são formas particulares de energia e suas mudanças. A ideia de uma substância ter de ser necessariamente ponderável vem da concepção mecanicista do mundo.

Ostwald justifica a aparente contradição entre a visão fenomenológica instrumentalista dos outros energicistas que veem a energia apenas como um invariante matemático que relaciona quantidades e a visão substancialista da energia por meio da sua descrição de como se dá a formação de conceitos, fundamentada na psicologia fisiológica. Tudo que conhecemos do mundo exterior são formas de energia que transmitem informação aos nossos sentidos. Com a constante repetição desses estímulos e com o concurso da memória, sabemos como o mundo exterior está organizado formando a noção de substância invariante¹⁵. Como esse conceito de energia vem das próprias

¹¹ Ostwald, "Emancipation Form Scientific Materialism", 422.

¹² Ostwald, *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, 156.

¹³ Se consideradas como duas substâncias distintas, não poderiam interagir, o que levou à ideia do paralelismo psicofísico de Leibniz.

¹⁴ Ostwald, "Emancipation From Scientific Materialism", 431

¹⁵ Neuber, 37.

energias, ele é real. Essa concepção realista de substância era o que melhor se adequaria experimentalmente e, portanto, não seria metafísica:

“Além das ideias intuitivas de espaço e tempo, a energia é a única quantidade comum a toda e qualquer classe de fenômenos; e, portanto, as quantidades de energia são as únicas que podem ser equiparadas entre essas classes”.¹⁶

Dessa maneira, Ostwald justifica o conceito metafísico de substância, não partindo de uma visão filosófica, mas vindo da experiência sensorial.

Ostwald organizou o conhecimento científico em forma de pirâmide, classificando as ciências segundo seu grau de abstração, posicionando as ciências formais na base, como: a lógica, a aritmética e a geometria e o movimento, passando pelas ciências físicas e chegando ao topo com as ciências da vida: a fisiologia, a psicologia e a sociologia¹⁷.

Para abordar essas ideias de Ostwald, o primeiro capítulo desta dissertação apresenta o contexto do final do século XVIII, quando teve início, na Alemanha, uma modificação do clima cultural no sentido de uma superação do Iluminismo pelo Romantismo. Dentro do movimento romântico, a natureza assumiu uma importância fundamental, liberando-se da concepção mecanicista do Iluminismo. Paralelo a isso, acontecia o movimento cultural chamado de “positivismo materialista alemão”, representado por Ernst Haeckel (1834-1919), entre outros, cuja característica foi a luta contra o dualismo matéria e espírito, e contra as metafísicas da transcendência, em nome de uma metafísica materialista. Esses monistas materialistas pretendiam decretar o triunfo do mecanismo biológico e, ao mesmo tempo, derrubar a concepção espiritualista e

¹⁶ Ostwald, “Emancipation Form Scientific Materialism”, 431

¹⁷ Ostwald, *Esquisse*, 54.

teleológica do homem e da natureza. Ostwald, que participou do movimento monista com reservas, identificava-se com o objetivo, tanto do monismo como da Naturphilosophie, de uma ciência unificada, mas simpatizava mais com o método monista de evitar especulações metafísicas, procurando se basear na ciência pura.

Em meados do século XIX, ainda não havia uma definição clara sobre ao que se referia o termo “energia”. O termo “força” teve diferentes significações para expressar uma ideia que hoje denominamos de “momento”. Na segunda metade do século XVIII, as palavras alemãs “Kraft” e “Energie”, que pertencem ao campo tanto da metafísica como da física, foram muito empregadas, o que demonstra a importância dada a elas nessa época. Naquele período, as palavras “Força” e “Energia” tinham praticamente o mesmo significado. O ponto chave para a generalização do conceito de “energia” e sua extensão de um conceito puramente mecânico para uma situação de destaque na ciência e na tecnologia foi o estudo sobre a natureza do calor, como será apresentado.

Concluindo o primeiro capítulo, o movimento energicista iniciado por Ostwald pretendia colocar a energia como elemento unificador de todos os campos da ciência. Apesar de concordarem com a finalidade do movimento, tinham visões diferentes sobre o papel do conceito de energia. Ostwald divergia deles por considerar a energia como substância, e não apenas um ente matemático fenomenológico para o estudo dos fenômenos naturais. Ostwald começou a defender que somente a energia seria substancial e real, enquanto a matéria seria um complexo de fatores energéticos, no que chamou de “energética pura”. Mostra-se que a proposta energética que Ostwald

apresentou no congresso de ciências naturais de Lübeck, em 1896, intitulada “La Deroute du Materialisme Scientifique”, tem os conceitos e leis da energia.

O segundo capítulo apresenta a cosmovisão energética de Ostwald a partir dos seus últimos livros publicados, entre eles *Pirâmide do Conhecimento* e *O Moinho da Vida*. Observamos como Ostwald pretendia unificar todos os campos científicos em torno do conceito de ordem e de energia. Em *Pirâmide do Conhecimento*, afirmou que obter uma visão geral da ciência seria aparentemente impraticável devido à grande quantidade de assuntos abarcados. Em *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, Ostwald listou dentro da ciência da ordem os seguintes elementos: a lógica e a matemática; a ordenação em série dos elementos discretos; as classes de coisas abarcadas por um conceito que permite a classificação das coisas; a aritmética, a álgebra e a teoria dos números; a coordenação que consiste na determinação de relações entre as classes; a comparação; a numeração; signos e nomes; a linguagem escrita; a escritura fonética; a linguística. Na pirâmide de Ostwald, a ciência da energética repousa sobre a ciência da ordem. Portanto, há um setor que lida com a ordem da energética, depois uma energética matemática e geométrica, mecânica, física e química. A mecânica lida com energias espaciais, a química com as energias materiais, e a física com todas as outras energias: calor, luz, eletricidade e magnetismo. Apresenta-se os vários tipos de energia e a lei da conservação da energia. A energética é o segundo maior estágio da pirâmide das ciências e somente com base nessa concepção é possível fazer essa ordenação.

Ostwald considerava que, na sua época, o estágio em que o conhecimento científico se encontrava na pirâmide estaria entre a química e a

fisiologia. Ostwald levantou-se contra a visão espiritualista de que o mundo seria independente de nossa vontade e, portanto, não poderia ser produto de nosso espírito. Propôs que a energética resolvesse essa questão por ter tornado a noção de matéria supérflua, sendo ela um complexo de energias diversas. Portanto, a questão não seria como o espírito e a matéria agem um sobre o outro, mas como a noção de energia, muito mais ampla que a noção de matéria, se relacionava com a noção de espírito.

Capítulo I

O percurso da energética até Ostwald

1.1 O ambiente científico na Alemanha no final do século XIX

No final do século XIX, várias visões de mundo atraíram o interesse de Ostwald. Ele foi editor da revista *Annalen der Naturphilosophie*. Em vista de a *Naturphilosophie* ter derivado em especulações metafísicas consideradas sem fundamento científico, ele se aproximou do movimento monista do biólogo Ernst Haeckel (1834-1919), que buscava um conhecimento universal unificado baseado na ciência, o que lhe era muito caro. Ostwald pretendia uma ciência livre de hipóteses sobre a estrutura da matéria, sendo esse o pano de fundo de toda a sua discussão energética.

Ao final do século XVIII, teve início, na Alemanha, uma modificação do clima cultural no sentido de uma superação do Iluminismo pelo Romantismo. No movimento romântico, a natureza assumiu uma importância fundamental. A natureza era encarada como um organismo completo e análogo ao organismo humano¹⁸: um grande movimento de forças que partia do interior e gerava todos os fenômenos. A força da natureza era semelhante à força divina¹⁹.

A *Naturphilosophie* foi o centro do período romântico e se caracterizava pela tentativa de unificação de todas as ciências²⁰. Iniciada pelo filósofo Friedrich Schelling (1775-1854), em 1797, tinha uma visão do mundo antimecânica e procurava entender a natureza em sua totalidade²¹. Para seus adeptos, que negavam os átomos, era impossível uma visão completa do universo apenas com fórmulas científicas. Fazia-se necessária, portanto, uma

¹⁸ Mesma imagem que Ostwald vai empregar em sua obra *A Pirâmide do Conhecimento*, como veremos mais adiante, mostrando suas inspirações românticas.

¹⁹ Reale & Antiseri, *Historia del Pensamiento*, 33-35.

²⁰ Olesko, "The Emergence of Theoretical Physics in Germany" apud Van der Laan, "The Vortex Theory of Atoms", 49.

²¹ Ibid., 50.

combinação de ciência, metafísica e espiritualidade. No lugar da visão do mundo mecânica e atomística, buscavam explicar os fenômenos naturais como resultados de forças ou potências²². Para alguns autores, a *Naturphilosophie* representava um projeto de construção de um sistema geral da natureza²³.

Por volta de 1830, com a morte de Johann Goethe (1749-1832), havia um arrefecimento no entusiasmo provocado pela *Naturphilosophie* do período romântico. A partir de 1840, iniciou-se uma reação a essa visão de mundo da *Naturphilosophie* chamada de “espírito crítico”, por esta ser considerada demasiadamente especulativa. Para eles, a ciência deveria se limitar a descrever os movimentos que ocorrem na natureza, focando em problemas particulares, e não tentar buscar a causa dos fenômenos²⁴. Nota-se aí uma tentativa de demarcação entre ciência e metafísica²⁵.

Nesse momento, tem início um movimento cultural chamado “positivismo materialista alemão”, representado por Ernst Haeckel (1834-1919), entre outros, cuja característica foi a luta contra o dualismo matéria e espírito, e contra as metafísicas da transcendência, em nome de uma metafísica materialista. Esses monistas materialistas pretenderam decretar o triunfo do mecanismo biológico e, ao mesmo tempo, derrubar a concepção espiritualista e teleológica do homem e da natureza²⁶.

Em 1899, Haeckel publica o livro *Os Enigmas do Mundo*, que vendeu 400.000 exemplares, tendo uma influência muito além dos campos científicos e

²² Ibid., 51.

²³ Rey, *Lignes de Force et Tendancies Actuelles des Études sur le Vitalisme*, apud Waisse, *Du Bois-Reymond e Driesch*, 30.

²⁴ Ibid., 53-54.

²⁵ Popper, em seu livro *Realism and the Aim of Science*, primeiramente publicado em 1983, no capítulo II, analisa o problema da demarcação entre ciência e metafísica mostrando que não existe uma separação nítida entre as duas.

²⁶ Reale, 303.

filosóficos. Para Haeckel, a lei da substância é a única lei cosmológica, que abarca tanto a lei da conservação da matéria da química quanto a lei da conservação da energia da física²⁷.

Neste ponto, podemos ver a natureza paradoxal das ideias de Ostwald, pois tanto teve influência da *Naturphilosophie*, sendo o editor dos *Annalen*, como participou do movimento monista com Haeckel.

Em sua autobiografia, Ostwald assegura que sua intenção ao publicar os *Annalen der Naturphilosophie* era de incentivar trabalhos que hoje poderiam ser chamados de interdisciplinares com o objetivo de alcançar uma ciência unificada. Ele achava necessário se posicionar contra as batalhas territoriais que tendiam a aparecer entre ciências vizinhas e restringiam a interação entre os campos:

“Em vez disso, eu queria que cada campo da ciência procurasse seus vizinhos, não para construir um muro entre eles, mas para encontrar áreas onde pudessem trabalhar juntos”²⁸.

Podemos considerar essa busca de uma ciência unificada como o ponto de partida do desenvolvimento de suas ideias energéticas, pois foi justamente no conceito de energia que Ostwald encontrou o elemento que permitiria unificar os diversos campos do conhecimento, como veremos no estudo da pirâmide do conhecimento no próximo capítulo.

Ostwald, que participou do movimento monista com reservas, identificava-se com o objetivo, tanto do monismo como da *Naturphilosophie*, de uma ciência unificada, mas simpatizava mais com o método monista de evitar

²⁷ Ibid., 306.

²⁸ Jack & Scholz, *Wilhelm Ostwald*, posição 7136 (Kindle book).

especulações metafísicas, procurando se basear na ciência pura. Na criação da associação denominada por ele de *"The Bridge"*²⁹, fundada oficialmente em 1911 com o dinheiro recebido do prêmio Nobel³⁰, tentou criar uma ciência internacionalizada que organizasse o conhecimento, por exemplo, por meio de um sistema de unidades de medida e até pela formatação de trabalhos científicos e a utilização de uma linguagem universal própria da ciência³¹:

"A linguagem não é apenas a casa do tesouro em que as joias dos conceitos corretos e úteis são guardadas, mas também o sótão para o qual são consignados conceitos antigos e inúteis. Como a conexão entre uma palavra e um conceito geralmente não é óbvia, não há necessariamente nenhum conflito quando a palavra atribuída a um conceito soa como a palavra usada para algum outro conceito bem diferente. Por causa disso, muitas vezes acontece que, quando um conceito é aprimorado, a palavra antiga e agora inadequada, muitas vezes não é descartada imediatamente, mas permanece, às vezes para sempre. Por exemplo, em alemão, um químico refere-se ao oxigênio como "material ácido" (Sauerstoff), embora agora saibamos que a acidez é uma propriedade não do oxigênio, mas de íons hidrogênio"³².

É interessante notar que, pouco antes do debate entre energicistas e atomistas na Alemanha do final do século XIX, um debate semelhante ocorreu no campo da fisiologia entre vitalistas e mecanicistas. O vitalismo não se conformava à visão positivista da ciência e opunha-se ao mecanicismo e ao reducionismo físico-químico³³. Os vitalistas supunham uma substância simples, totalmente imaterial, que daria vida e movimento à matéria³⁴.

²⁹ Holt, "Wilhelm Ostwald's 'The Bridge'".

³⁰ Hapke, "Wilhelm Ostwald, the 'Brücke' (Bridge)", 141.

³¹ Ibid., 141.

³² Ostwald, *Wilhelm Ostwald The Autobiography*, 457.

³³ Waisse, 30.

³⁴ Ibid., 97.

O debate entre Emil Heinrich du Bois-Reymond (1818-1896) e Hans Driesch (1867-1941) foi analisado pela pesquisadora S. Waisse que mostrou que Du Bois-Reymond se opôs à teoria da força vital. Para ele, os fenômenos da fisiologia seriam explicados pelo movimento³⁵. A força não seria a causa do movimento, sendo um conceito abstrato de medida. Portanto, a força não teria realidade, não seria uma entidade autônoma existente ao lado da matéria e não poderia ter a função organizadora de todos os fenômenos dos corpos vivos.³⁶ Du Bois-Reymond também rejeitava a noção de força como substância real, da mesma maneira que os cientistas da época se opuseram ao energicismo de Ostwald. Entre os energicistas, havia aqueles que, como Du Bois-Reymond, negavam a realidade das forças, como Helm e Mach.

De outro lado, a mesma estudiosa indica que Driesch, em 1890, fez uma mudança radical em favor do vitalismo. Ele apontou que, no estudo da fisiologia, o modo de operação podia ser explicado mecanicamente, mas não justificou o porquê das partes estarem combinadas de um modo específico.³⁷

Assim, a rejeição da teoria da força vital antecedeu os resultados experimentais.³⁸ Portanto, essa rejeição ao vitalismo se deu por motivações não empíricas. Nos exemplos mencionados, podemos ver que o vitalismo e o energicismo foram combatidos pela visão mecanicista da natureza devido a fatores ideológicos subjacentes, independentemente de confirmações experimentais.

³⁵ Ibid., 120.

³⁶ Ibid., 122.

³⁷ Ibid., 206.

³⁸ Ibid., 125.

Para Ostwald, a visão de Emile Du Bois-Reymond do *ignoramus*,³⁹ no que se refere ao conhecimento da natureza, baseou-se na concepção mecânica do universo, isto é, no pressuposto de que reduzir um fenômeno a um sistema de partículas em movimento é o objetivo da explicação da natureza. Segundo Ostwald, essa concepção era um entrave ao conhecimento científico. Se esta base estiver errada, o *ignoramus* cairia e a ciência poderia avançar. O afastamento da constituição mecânica do universo atingiu os fundamentos da concepção materialista no sentido científico das coisas. A tentativa falha de dar uma representação mecânica aos fenômenos físicos teria muito menos chance de sucesso quando aplicada aos fenômenos da vida orgânica: “Não é nem mesmo uma hipótese de trabalho, é incorreta”⁴⁰.

1.2 A adequação do termo “energia” ao conceito de energia no final do século XIX: a transformação de uma ideia

Mayer e Hermann Ludwig Ferdinand von Helmholtz (1821-1894) tratavam da conservação da energia pelo termo alemão “*Kraft*”, que significa “força”. O desenvolvimento do princípio da conservação foi fundamental para a distinção dos termos “força” e “energia” no meio científico defendida por Thomson e Rankine, em 1850. A universalização do conceito de energia assim caracterizado foi promovida por Rankine com a aplicação em outros campos da física além da mecânica.

³⁹ *Ignoramus et ignoramus*: o que ignoramos e continuaremos a ignorar.

⁴⁰ Ostwald, “*Emancipation From Scientific Materialism*”, 427.

Com o intuito de apresentar aspectos do entendimento do termo e do conceito de energia no final do século XIX, vamos ressaltar pontos importantes que dizem respeito à discussão da energética de Ostwald. Muitas discussões foram recorrentes sob diferentes roupagens, como: Leibniz (1646-1716) e Newton (1643-1727), Sadi Carnot (1796-1832) e James Prescott Joule (1818-1889) e, como veremos mais adiante, entre Ostwald e os outros energicistas. Pode-se observar que tanto o termo como o conceito variaram durante diferentes épocas até se chegar a um entendimento sobre a qual conceito se referia ao termo energia naquela época. A formação de um conceito científico, como o de energia, é muito difícil de ser acompanhada porque envolve a identificação de uma ideia central em meio às tentativas de descrevê-la por meio de diferentes terminologias em uma sequência histórica.

O termo “força” teve diferentes significações conforme o contexto científico da época. René Descartes (1596-1650), por exemplo, empregou o termo “força”, *vis*, para expressar uma ideia que hoje denominamos de “momento”, que é a massa multiplicada pela velocidade.⁴¹

Na segunda metade do século XVIII, as palavras alemãs “*Kraft*” e “*Energie*”, que pertencem ao campo tanto da metafísica como da física, foram muito empregadas, o que demonstra a importância então dada a elas. A noção de energia, muito plástica, foi empregada metaforicamente em textos literários, de história, de ciências da natureza, antropologia, economia, psicologia, religião e até de estética. Naquele período, as palavras “Força” e “Energia” tinham praticamente o mesmo significado⁴². Note-se aqui o aparecimento e a

⁴¹ Ostwald, *L'Énergie*, 46.

⁴² Abraham, *Au Commencement Était l'Action*, cap. 1.

utilização desses vocábulos de modo abrangente e metafórico, muito antes de uma conceptualização científica precisa⁴³.

1.3 A força torna-se energia na termodinâmica

O ponto chave para a generalização do conceito de “energia” e sua extensão de um conceito puramente mecânico para uma situação de destaque na ciência e na tecnologia foi o estudo sobre a natureza do calor. A partir de 1840, com os trabalhos de Mayer (1814-1878), Joule (1818-1889) e Ludwig Colding (1815-1888), desenvolveu-se a chamada teoria mecânica do calor, que demonstrou o grande valor da ideia de energia mecânica e a possibilidade de se estender a aplicação desse conceito a todos os fenômenos físicos.⁴⁴

Durante o século XIX, a nomenclatura era ambígua com o emprego do termo “força” para se referir ao que hoje chamamos de “energia” e de “trabalho”. Por exemplo, Meyer (1814-1878)⁴⁵, em seus artigos⁴⁶ de 1841, 1842 e de 1845, utiliza o termo “força” [*Kraft*] para dizer que existe uma única força que circula perpetuamente, tanto na natureza inanimada como na viva, e que nada ocorre sem que haja mudança na forma da força. O próprio Helmholtz,

⁴³ Ibid.

⁴⁴ Lindsay, *Energy: historical development of the concept*, 1975, 253.

⁴⁵ Helmholtz, em palestra proferida em 7 de fevereiro de 1854, em Königsberg, sobre “A Interação das Forças Naturais”, referiu-se a Julius Robert von Mayer como “o fundador”, em 1842, do princípio da conservação da energia e reconheceu a prioridade de Mayer nesta descoberta sobre Colding (1843), Joule (1843) e o próprio Helmholtz (1847). Vide: *Macmillan Encyclopedia of Energy*.

⁴⁶ 1841: “Über quantitative und qualitative Bestimmung der Kräfte” – “Sobre a Determinação Quantitativa e Qualitativa das Forças”. 1842: “Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur” – “Observação Sobre as Forças da Natureza Inanimada”. 1845: “Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel” – “O Movimento Orgânico com Referência ao Metabolismo”.

em 1847, intitulou seu artigo de “Sobre a Conservação da Força”⁴⁷. Thomson, por exemplo, em seu trabalho de 1848, ainda utiliza o termo “força”, mas, no trabalho de 1852, adota “energia”, o mesmo ocorreria a Helmholtz. O ano de 1850 foi decisivo nessa mudança. Mayer e Helmholtz tornaram a conservação da força um princípio fundamental que permitia a união entre a física e a fisiologia.

A partir de 1852, Thomson liderou um grupo de físicos e engenheiros britânicos no sentido de transformar a lei de conservação da força de Helmholtz na lei da conservação da energia. Ele manteve o termo “força” para se referir às forças newtonianas das leis de movimento. “Energia” designaria, então, os outros tipos de força já descritos por Mayer. Rankine insistiu para que a ideia de “conservação da energia” fosse utilizada em lugar do conceito de força da mecânica e da gravidade, que não se conserva.⁴⁸ Desse modo, força e energia seriam fisicamente distintas.

Dessa maneira deu-se uma aceção científica que distinguiu esses dois termos de maneira precisa:

- a) Força remete a uma grandeza vetorial, ou seja, a uma ação tendendo a produzir movimento numa determinada direção, de acordo com a dinâmica de Newton;
- b) Energia remete a uma grandeza escalar, isto é, não direcionada, obedecendo a um princípio metafísico de conservação.⁴⁹

⁴⁷ Jammer, *Conceitos de Força*, 30-31.

⁴⁸ A lei do inverso do quadrado da gravidade implica na criação e na aniquilação de forças, portanto, não se conserva.

⁴⁹ Abraham, cap. 1.

No entanto, segundo Ostwald, é Mayer quem deve ser considerado o primeiro dos energicistas, mesmo que ele tenha empregado o termo “força” para designar o que viria a ser chamado de energia. O que distingue Rankine de Mayer é que o primeiro se apegava absolutamente à hipótese mecanicista de Joule e Helmholtz, ignorando o princípio essencial da verdadeira energética, que é o de não recorrer a nenhuma hipótese.⁵⁰

1.4 A busca de um princípio universal: a energética de Helmholtz, W. Thomson e Rankine

Helmholtz enfatizou a universalidade e o papel unificador do conceito de energia a partir da lei que “diferentes tipos de energia física no universo são mutuamente convertíveis”.

A “teoria energética” ou “energética”, na visão de Rankine, constituía um conjunto de axiomas sem referência a hipóteses sobre a natureza da matéria⁵¹. Ele acentuava o valor do conceito de energia na formação de uma física sistemática, axiomática e não hipotética. Thomson e Rankine almejavam uma teoria geral da energética desligada de hipóteses sobre a natureza da matéria, tendo o conceito de energia como o princípio unificador.

Rankine separou a energia em duas categorias: potencial e cinética, aplicando-a não apenas à mecânica, mas a todo fenômeno físico, “abarcando assim os conceitos aristotélicos de *dynamis* e *energeia*, potência e

⁵⁰ Ostwald, *L'Energie*, 134.

⁵¹ Deltete, na introdução de *História da Energética*, p. 15-16, afirma que Helm, aliado de Ostwald no energicismo, rejeitava a energética de Rankine por utilizar a hipótese atomista. Contrasta com essa referência que diz que apesar de Rankine levar em conta a teoria da estrutura da matéria, não a utilizou na formulação da sua energética.

atualidade”⁵². Rankine criou termos como o de “energia potencial” para substituir termos que considerava inadequados. Todos os fenômenos físicos foram descritos em termos de energia e suas transformações ao invés de forças e movimento.

Ostwald critica a introdução dessa distinção entre “energia atual”, que se referia à energia cinética, e “energia potencial”, introduzida na ciência por Rankine e, depois, adotada por Thomson e muitos outros como decorrente da hipótese mecanicista. Nessa hipótese, a força viva é atual, isto é, “real”, e a outra é “potencial”, isto é, possível, mas não real. Portanto, em primeiro lugar, não é legítimo admitir uma energia que não é real, por não estar presente, e que vai se transformar em uma energia real. Em segundo lugar, Ostwald considera uma hipótese totalmente gratuita:

“Em primeiro lugar, já é perigoso considerar que entre essas duas espécies de energia apenas a força viva seja energia atual, ou seja, real, e considerar a outra simplesmente como potencial, ou seja, possível, mas não real, porque, de acordo com a lei da conservação, toda energia é tão real quanto qualquer outra coisa possa ser. Além disso, não é legítimo admitir que uma energia que não é real, porque ela não está presente, pode ser transformada em energia real e vice-versa. Em segundo lugar, é uma hipótese absolutamente gratuita dizer que não há outra energia além dessas duas energias mecânicas e que, conseqüentemente, qualquer energia que encontrarmos hoje ou que encontraremos no futuro na natureza deve necessariamente ser energia mecânica”.⁵³

Para Ostwald, os termos “energia potencial”, “energia possível” e “atual”, “energia real” seriam enganosos e deveriam ter sido abandonados. Energia é

⁵² Tran The, Magistretti & Anserment, “Epistemological Foundations”, 7.

⁵³ Ostwald, *L'Énergie*, 134.

trabalho e tudo que se transforma em trabalho ou pode vir dele;⁵⁴ trabalho é o produto de força multiplicado pela distância. A essência desse conceito resume-se nas relações entre ele e outras coisas. O conhecimento mais exato de uma relação é quando podemos medir a coisa e todo refinamento da relação se expressa num refinamento da medição.⁵⁵

Fez também várias críticas à energética proposta por Rankine, especialmente por ele não aceitar a energia como substância. Apesar de muitos considerarem Rankine como o pioneiro da energética, Ostwald elege Mayer, pois concordavam na consideração da energia como substância real subjacente a todos os fenômenos.

1.5 O energicismo antiatomista

A ciência da física do século XIX terminou por ser definida em termos do papel unificador do conceito de energia. Os principais temas na física do século XIX foram o conceito de campo, as teorias do éter luminífero e eletromagnético, a conservação e dissipação da energia formulados de acordo com uma visão mecanicista da natureza que supunha que a matéria em movimento seria a base todos os fenômenos físicos.⁵⁶

Ostwald, a partir de 1886 especificamente, opôs-se a esse energicismo mecanicista, levando a energética “a quase uma *Weltanschauung* teológica”, muito próxima da *Naturphilosophie*, de visão mais qualitativa da descrição da

⁵⁴ Ostwald, *Die Pyramide der Wissenschaften*, 122.

⁵⁵ Ibid., 113.

⁵⁶ Harman, *Energy, Force and Matter*, ix.

natureza. Ele propôs uma filosofia da ciência em que o conceito fundamental seria o da energia.⁵⁷

A escola alemã dos energicistas e positivistas não acreditava em átomos. Mach declarou que não acreditava na existência de átomos num encontro em Viena de 1897. Muitos advogavam a energia como quantidade fundamental no lugar da massa ou força.

Nessa época, o mecanismo [ou mecanicismo] era o sistema preferido por vários cientistas, que buscavam reduzir todos os fenômenos naturais ao movimento local, à massa e ao movimento, procurando eliminar o elemento qualitativo, como força, e substituir pelo elemento puramente quantitativo. Eles procuravam estabelecer a unidade essencial da matéria e reduzir todas as forças físicas a vibrações de uma matéria ponderável ou imponderável.⁵⁸

1.6 O movimento energicista no final do século XIX

Este subcapítulo baseia-se no estudo *L'Énergétique et la Théorie Scolastique* de Nys, que aborda o movimento energicista como um todo⁵⁹; mais adiante, serão consideradas as ideias específicas de Ostwald dentro desse movimento.

⁵⁷ Ibid., 2-8.

⁵⁸ Nys, "L'Énergétique et La Théorie Scolastique", 341-365.

⁵⁹ Ibid.

O movimento energicista iniciado por Ostwald pretendia colocar a energia como elemento unificador de todos os campos da ciência. Apesar de concordarem com a finalidade do movimento, tinham visões diferentes sobre o papel do conceito de energia. Ostwald divergia deles por considerar a energia como substância, e não apenas um ente matemático fenomenológico para o estudo dos fenômenos naturais. Ostwald também considerava a universalização da energia para campos além da física e da química, buscando unificar as ciências em torno do conceito de energia.

Ostwald inaugurou um movimento de reação ao mecanismo, que denominou de “materialismo científico”. Segundo ele, a redução do mundo exterior aos átomos em movimento seria insustentável, porque contradiria verdades universalmente reconhecidas. Portanto, seria imperativo substituir essa concepção por outra melhor.⁶⁰

Além disso, de acordo com Ostwald, o mecanismo faria uso de uma variedade de hipóteses indemonstráveis e gratuitas, sendo incapaz de explicar a ligação incontestável entre os fenômenos físicos e os psicológicos.⁶¹

Esse movimento de reação inaugurado por Ostwald foi seguido por outros físicos da época. Duhem também foi um dos primeiros a combater o principal fundamento do mecanismo que seria reduzir todas as propriedades dos corpos às grandezas, figuras e movimentos locais. Segundo Duhem, seria necessário dar importância real às qualidades e dar à noção de movimento toda a generalidade que Aristóteles atribuía. Para Aristóteles, o movimento

⁶⁰ Ostwald, *Die Überwindung des wissenschaftlichen materialismus*.

⁶¹ Ostwald, *L'Énergie*, 120. apud Nys, “L'Énergétique et la Théorie Scolastique”, 342.

significava transformação, não apenas movimento local. O mecanismo seria um falso ideal da física.

A energética preocupa-se com a mensuração dos fenômenos, isto é, estuda as transformações da energia e conhece os fenômenos pela ação energética; busca relações matemáticas gerais entre as grandezas, as quantidades de energia: calor, magnetismo, campos elétricos, sem discutir a sua natureza e sem procurar interpretar, fazer hipóteses. Segundo Mach, deveríamos limitar nossa ciência a fatos observáveis. Para ele, o corpo seria um conjunto de sensações táteis e visuais constantes, ligadas às sensações de espaço e tempo. Mach é um fenomenista⁶² para quem a *coisa em si* é uma noção vazia e contraditória.⁶³

O energicismo engloba o caráter qualitativo e diferencial dos diversos tipos de energia, em contraposição ao mecanicismo que considera unicamente as quantidades – massa e movimento local. Segundo Duhem, seria um retorno às doutrinas peripatéticas. A energética representa as qualidades por símbolos numéricos, sendo ao mesmo tempo uma teoria das qualidades e uma matemática universal.⁶⁴ Para Gustave Le Bon (1841-1931), a matéria é energia condensada. Nada prova que a energia necessite de um suporte, mas essa concepção nos é inacessível.⁶⁵ Apresenta-se, a seguir, o quadro que caracteriza as visões mecanicistas e energicistas do final do século XIX:

⁶² Fisette, Fenomenologia e Fenomenismo, 535-76. Normalmente, utiliza-se a palavra fenomenologia, mas a fenomenologia "enquanto programa filosófico, ela se opõe explicitamente ao positivismo; enquanto método, ela se aparenta ao descritivismo de Mach."

⁶³ Nys, 14.

⁶⁴ Ibid., 348.

⁶⁵ Ibid., 351.

Comparativo das posições mecanicistas e energicistas no final do sec. XIX		
Energicismo	Fenomenalista, qualitativo, substância única	Formas de energia são mensuráveis
Mecanicismo	Natureza reduzida a massa e movimento local, quantitativa, dualista	Átomos não são observáveis Querem uma explicação metafísica baseada apenas nas quantidades

No mecanicismo, a matéria inerte e o movimento são fonte de toda atividade; ou a energia da matéria como inerente ao substrato material, mas distinta dele. A energia e a matéria são consideradas realidades distintas e independentes: para um determinado corpo, a energia pode aumentar ou diminuir sem que a quantidade de matéria sofra alteração. Esse dualismo é rejeitado categoricamente pela energética.

Segundo Ostwald, a energia localizada em um determinado lugar do espaço, e que se transporta de uma região a outra, assemelha-se à matéria, portanto, é uma noção supérflua que deve ser ignorada pela física. São três elementos da energia – o volume, a massa e o peso – que constituem o objeto de nossa experiência. Na matéria, não existe nenhum elemento que não seja uma parte constituinte da energia. A realidade são os fenômenos ou as diversas formas de energia que nossos sentidos podem captar. Não podemos conhecer nada além das realidades perceptíveis. A matéria não é a *coisa em*

si. Para Ostwald, só existia uma única substância no tempo e no espaço: a energia. A substância é o que existe.⁶⁶

1.7 A energética de Ostwald

Helm e Ostwald deram um lugar especial a Mayer no desenvolvimento da energética devido ao seu ceticismo em relação às hipóteses molecular e mecanicista da época. Concordavam com ele quando afirmava que todos os fenômenos naturais são transformações de energia e numa ciência unificada pela energética. Para Helm, a ciência da energética era um “puro sistema de relações”; um tipo de fenomenismo, conforme Mach. Para Mach, a visão de mundo de Mayer era “energética e fenomenista”. Seu interesse era apenas descrever e relacionar quantitativamente os dados da experiência, isto é, os fenômenos, evitando qualquer referência metafísica sobre substâncias ou causas subjacentes. Qualquer inferência sobre a existência de uma substância indestrutível subjacente aos fenômenos era descartada como ‘especulação metafísica’, fossem átomos ou energias. Ostwald discordava de Helm, pois, para ele, a mais importante contribuição de Mayer à energética foi ter dado realidade e substancialidade à energia tanto quanto à matéria. Com o passar do tempo, Ostwald começou a defender que somente a energia seria substancial e real, enquanto a matéria seria um complexo de fatores

⁶⁶ Ibid., 350.

energéticos, o que chamou de “energética pura”. Mesmo quando Ostwald adotava essa posição, negava estar se envolvendo em metafísica.⁶⁷

Desenvolveremos também o conceito de energia como substância, entendido por Ostwald como “aquilo que permanece na mudança”. Essa concepção de substância identifica-se ao conceito metafísico aristotélico. Em Aristóteles, a substância opõe-se aos acidentes assim como o imutável ao mutável, o uno ao múltiplo, e o determinado ao indeterminado.⁶⁸

A caracterização da energia como substância real é um ponto fundamental que distingue Ostwald de outros cientistas, inclusive o distingue dos outros defensores do energicismo. Por essa razão, condensamos o que servia para Ostwald como fundamento para as discussões que se seguiram em torno da energética.

No início do *L'Évolution d'Une Science: la Chimie*, Ostwald discutiu a formação do conceito de elemento a partir da concepção pré-socrática de um princípio geral de formação do universo. Isso implicava que a multiplicidade das coisas deveria remeter a algo mais simples: os elementos ou a matéria-prima – “Essas ideias orientaram a formação posterior da Ciência”⁶⁹. Na química, resultaram na noção de “elemento químico”; na física, na noção de “energia”:

“A energia, além do mais, não é um elemento ponderável como os elementos químicos; mas é uma grandeza mensurável para a qual, assim como para os elementos químicos, existe uma lei de conservação que serve de chave a todos os ramos das ciências físicas”.⁷⁰

⁶⁷ Deltete, Georg Helm's Chemical Energetics, 30.

⁶⁸ Fraile, *Historia de la Filosofía I: Grécia y Roma*, 468.

⁶⁹ Ostwald, *L'Évolution*, 3.

⁷⁰ *Ibid.*, 4.

No apêndice, Ostwald retomou essa questão de, para ele, numa espécie de atavismo, a ciência antiga admitir a existência de matérias “não pesadas” ao lado da “matéria pesada” como suporte de todos os fenômenos naturais. Citou, por exemplo, o flogístico e o fluido elétrico. Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794) colocou também o calórico e o fluido luminoso em sua tabela dos elementos químicos, mesmo sendo imponderáveis⁷¹.

Em *L'Énergie*, Ostwald inseriu a tabela atribuída a Mayer para quem a energia era um objeto real ao lado da matéria, que se destacava por sua imponderabilidade.⁷²

I.	FORCE DE CHUTE.	\	<i>force mécanique.</i>
II.	MOUVEMENT.	\	<i>effet mécanique.</i>
	A. <i>Simple.</i>		
	B. <i>Ondulatoire, vibratoire.</i>		
III.	CHALEUR.		
IV.	MAGNÉTISME.		
	ELECTRICITÉ, COURANT GALVANIQUE.	\	
V.	SÉPARATION CHIMIQUE DE CERTAINES MATIÈRES.	\	<i>forces chimiques.</i>
	Réunion chimique de certaines autres matières	\	

O que Ostwald enfatizava nesse ponto era a noção de substância única, uma matéria-prima ponderável ou imponderável, como suporte de todos os fenômenos naturais, ideia que ainda permaneceu na ciência até o séc. XVIII:

⁷¹ Coopersmith, *Energy, the Subtle Concept*, 91.

⁷² Ostwald, *L'Énergie*, 131. Obra publicada originalmente em alemão em 1908 e traduzida para o francês em 1910 por E. Philippi. Neste livro Wilhelm Ostwald explica o conceito físico de energia de maneira detalhada e compreensível e o delimita de seu significado em outras áreas. Ele apresenta sua história de desenvolvimento e também explica os principais princípios físicos da energia.

“Mas o século XIX viu desaparecer esses traços de atavismo e o dualismo Força e Matéria se desenvolveu. A Matéria no sentido de substância aristotélico, e a Força no sentido de acidente.”⁷³

Como ele mesmo explica, atribui-se à matéria a realidade dos fenômenos, e os imponderáveis calor, luz e eletricidade se encontram em uma “*fausse position*”⁷⁴. Justamente por isso Ostwald valorizava tanto o trabalho de Mayer, de 1842, sobre o princípio de conservação da força, que hoje chamamos de energia, como veremos mais adiante:

“Eis aqui o ponto fundamental da Energética moderna. Trata-se, conforme as ideias de Mayer, de dar à Energia uma *realidade ou objetividade* que a torne digna, apesar de sua imponderabilidade, à honrosa vizinhança da antiga Matéria”.⁷⁵

No entanto, Ostwald apontou em Mayer um tipo de dualismo, no sentido que matéria e energia são reais, mas divididas “por uma separação estanque”⁷⁶. O caráter que distinguia a energética de Ostwald é justamente o abandono desse dualismo:

“São as propriedades e as relações energéticas a que se remetem todos os fenômenos, e deve-se definir a Matéria a partir da Energia, onde se encontrar alguma utilidade para aquela concepção [de matéria]”.⁷⁷

Dessa forma, em Ostwald, energia torna-se o conceito mais geral possível. É importante notar que essa concepção de energia como substrato dos fenômenos naturais é um princípio ativo, e não passivo. Isso pode explicar,

⁷³ Ibid., 310.

⁷⁴ Ibid., 310.

⁷⁵ Ibid., 313.

⁷⁶ Ibid., 313.

⁷⁷ Ibid., 314.

em parte, o seu desinteresse pela noção de éter⁷⁸ e, também, sua rejeição ao conceito de energia potencial proposta por Rankine: “é melhor deixar de lado esses nomes enganosos”⁷⁹.

Essa proposta energética que Ostwald apresentou no congresso de ciências naturais de Lübeck, em 1896, intitulada *A Derrota do Materialismo Científico*, mostra que os conceitos e leis da energia teriam a capacidade de unificar as ciências e evitar as discussões de “problemas aparentes”, na denominação de Mach⁸⁰.

Um exemplo disso, como veremos no estudo da pirâmide do conhecimento, é a eliminação do dualismo corpo-mente de Descartes e do paralelismo psicofísico de Leibniz, em que se considerava a existência de duas substâncias independentes. Esse problema se resolveria pela consideração de uma substância única, a energia, que se manifestaria como corpo e como mente⁸¹.

A origem do materialismo científico, segundo Ostwald, vem em grande parte do uso de analogias com os processos mecânicos. Fatos novos são interpretados com base em fatos já conhecidos, por analogia. Dessa forma, o conceito de energia, bem-sucedido na mecânica, estendeu-se aos outros fenômenos energéticos: calor, luz e eletricidade.

Segundo Ostwald, Mayer chegou à lei da conservação da energia a partir da necessidade de encontrar nas “forças” algo de real e substancial⁸². Ele viu a necessidade de encontrar um conceito geral aplicável a uma gama de

⁷⁸ Van der Laan, 1.

⁷⁹ Ostwald, *L'Evolution*, 321.

⁸⁰ Ibid., 328.

⁸¹ Observe-se a semelhança da noção pré-socrática de substância única a qual Ostwald se referiu no início de *L'Evolution*.

⁸² Ibid., 327.

fenômenos mais extensa possível e que tivesse uma expressão determinada para cada caso particular. Energia, para Ostwald, seria uma substância real, positiva, que permaneceria constante em meio às mudanças e transformações, o que leva à lei de conservação. Ou seja, trata-se do conceito mais geral, que unifica todas as ciências, e também particular, pois se baseia em grandezas mensuráveis para cada caso específico.

Para ele, os que se recusam a aceitar a realidade da energia por causa da generalidade desse conceito se esquecem de que este também se aplica a todo caso particular concreto dessa função geral. Um exemplo muito interessante que Ostwald utilizou foi frisar que a prova mais importante da realidade da energia era seu valor de mercado:

“A Energia elétrica é o melhor exemplo. O consumidor usa e paga apenas a Energia, enquanto, que as partes ‘materiais’ das instalações elétricas não se modificam e mantêm seu valor.”⁸³

Portanto, para Ostwald, Energia seria uma substância real que levaria a um conceito geral, e uma propriedade particular accidental baseada em medições observáveis. Sendo que a explicação do princípio da conservação da energia dá origem sempre a problemas reais e nunca a problemas aparentes. Essa generalidade do conceito de energia lhe permite ser o único elo entre dois quaisquer campos das ciências da natureza: “Não existe outra grandeza física de aplicação tão geral”.⁸⁴

⁸³ Ibid., 326.

⁸⁴ Ibid., 334.

Ostwald era uma figura isolada na filosofia da ciência porque mesmo seus aliados na energética, Mach e Helm, discordavam em questões fundamentais. Concordavam, porém, que a visão do mundo mecanicista deveria ser suplantada por uma alternativa energética. Para Mach, não era necessário reduzir todas as leis naturais a leis energéticas, bastava evitar o reducionismo mecanicista. Ainda, segundo Neuber, as visões de energética de Ostwald e Helm, além do empiriocriticismo de Mach, eram de caráter antimetafísico, no sentido de evitar especulações sobre a essência oculta dos fenômenos⁸⁵. Nesse sentido, eram todos advogados do Positivismo, considerando somente o que pode ser revelado pelo método experimental independente de uma noção metafísica, como as ideias de causa e substância. No entanto, Ostwald sustentava que os métodos experimentais poderiam “revelar a substância real do mundo”, que ele considerava ser a energia. Neuber analisa como Ostwald pode compatibilizar essa noção de substância real com a sua rejeição pela metafísica. Na sua visão, Ostwald utilizou esse conceito de duas maneiras conflitantes:

- a) Como invariante mais geral da pesquisa científica, sendo uma ferramenta de unificação de todos os fenômenos materiais;
- b) Como um ente real que existiria além da abstração matemática, ou seja, “é aquilo que permanece nas mudanças.”⁸⁶

Mesmo os autores que aceitaram a importância do princípio da conservação da energia relutaram em ver na energia algo substancial tão real quanto a

⁸⁵ Neuber, 50.

⁸⁶ Ibid., 51.

matéria. Há a tendência de ver na energia apenas uma abstração matemática que tem a propriedade de conservar seu valor em qualquer transformação, isto é, um invariante matemático. Ostwald atribuiu isso a uma confusão que provém de uma particularidade das línguas europeias de “designar pela mesma palavra o conceito geral e o objeto concreto correspondente”⁸⁷. Em sua autobiografia, apontou essa percepção como fundamental para o futuro desenvolvimento da sua energética⁸⁸. No caso da energia, Ostwald continuou: “De fato, a Energia em geral é a função de grandezas mensuráveis que se conservam em qualquer circunstância; nós damos o mesmo nome a todo valor particular dessa função que se observa na natureza”.⁸⁹

Segundo Neuber, para Mach e Helm, a energia não poderia ser ao mesmo tempo uma substância e uma ferramenta conceitual. Essa visão foi considerada, por eles, como metafísica. No entanto, para Ostwald:

“[...] se está pronto para aplicar ao primeiro [o concreto] o nome “realidade”, enquanto os outros [o abstrato] são relegados, como entidades “simplesmente pensadas” para um nível inferior do real. [...] devemos reconhecer o real mesmo nos conceitos abstratos”.⁹⁰

Observe-se aqui que Ostwald emprega o termo substância no sentido da teoria metafísica da substância que procurava compatibilizar aquilo que nossos sentidos percebem como transformação com aquilo que permanece constante na mudança. Apesar disso, Ostwald sustentava que ela era “empiricamente adequada” por ter origem nas sensações com base nas experiências

⁸⁷ Ostwald, *Naturphilosophie*, 325.

⁸⁸ Jack & Scholz, 227.

⁸⁹ Ostwald, *L'Evolution*, 326.

⁹⁰ Ostwald, *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, 17-18.

psicológicas de Gustav Theodor Fechner (1801-1887), estendidas por Wilhelm Maximilian Wundt (1832-1920) na sua psicologia fisiológica.⁹¹

Como veremos adiante, para Ostwald, os conceitos seriam formados através da impressão das energias sobre nossos sentidos e a memória. O conceito de energia como algo que permanece na mudança vem do fato de que na natureza do mundo algo permanece constante em meio à mudança, e esse algo ele chamou de energia. Então, haveria uma identidade entre os conceitos e o mundo real, portanto não há verdadeiramente uma inconsistência na visão de Ostwald.

Outro conflito apontado por Neuber é que Ostwald era realista enquanto Helm e Mach eram instrumentalistas na questão do método científico. A finalidade da ciência seria:

- a) descrever as relações, posição apoiada por Helm e Mach;
- b) explicar os fenômenos pela causa.

No século XIX, a metafísica prosperou nas filosofias do Idealismo e do Romantismo. Mas, no início do século XX, desenvolvia-se uma reação contrária a esse movimento, como o Positivismo Lógico do círculo de Viena, que procurava separar discussões metafísicas, consideradas sem sentido, da ciência. Os positivistas lógicos criticaram a psicanálise e o vitalismo como teorias pseudocientíficas por não explicitarem a relação dos termos teóricos com o que poderia ser observado, por exemplo, “essência” e “virtude”⁹².

⁹¹ Jack & Scholz, 18, 570.

⁹² Em um de seus últimos livros, *A Filosofia dos Valores*, Ostwald, inclusive, procura dar uma base científica à virtude.

Entidades teóricas como “átomos” e “forças” considerados causas nas explicações científicas eram antipositivistas. David Hume (1711-1776), na linha positivista, posicionou-se contra a ideia de substância além do fenômeno observável. Mais tarde, Mach argumentou que a física deveria se ocupar apenas do que é observável, e as leis científicas seriam apenas relações sistemáticas entre essas experiências.

Neuber aponta isso também como uma aparente inconsistência, dizendo que Ostwald era um realista científico que pregava a descrição, mas, de fato, apresentou uma hipótese alternativa da natureza causal do mundo.⁹³

Procuramos até aqui caracterizar o conceito de energia na área científica e filosófica, além de verificar as derivações dessa abordagem nas várias áreas do conhecimento, como Ostwald apresentou em *L'Energie* e em *Die Pyramide der Wissenschaften*. No próximo capítulo, discutiremos como o conceito de energia fundamentou a proposta de ciência universal de Ostwald, abordando aspectos de suas ideias de organização dos conhecimentos e de sua cosmovisão.

⁹³ Neuber, 57.

Capítulo 2

A Cosmovisão Energética de Ostwald

2.1 A organização do conhecimento

Pretendemos apresentar, neste capítulo, a cosmovisão energética de Ostwald a partir de seus últimos livros publicados, entre eles, *Pirâmide do Conhecimento* e *O Moinho da Vida*. Trata-se de livros não traduzidos do alemão, pouco citados, e que foram publicados após Ostwald ter cedido às teorias atômicas. Em *L'Energie* (1910), o autor abordou os mesmos temas, mas sem discutir a *Pirâmide do Conhecimento* (1929) e nem *O Moinho da Vida: Físico-Química Básica dos Processos da Vida* (1911).

Em *Pirâmide do Conhecimento*, Ostwald assegurou que obter uma visão geral da ciência seria aparentemente impraticável devido à grande quantidade de assuntos abarcados. Essa tarefa só seria possível por ser a ciência como um ser vivo. Neste ponto, Ostwald, nessa visão, mostra sua conformidade aos princípios da *Naturphilosophie*:

“Obter uma visão geral de toda a ciência atual parece impraticável dada a enorme variedade de assuntos a considerar individualmente. Não poderia ser realizada não sendo a ciência como um ser vivo em que todas as partes não são independentes entre si, mas pertencem a um mesmo organismo que tem os propósitos e os meios guiados por uma única vontade. A ciência aqui é considerada como uma unidade orgânica em que suas componentes não são independentes entre si, mas são guiadas por uma finalidade comum: pertencem a um mesmo contexto mútuo necessário”.⁹⁴

Para ilustrar, Ostwald comparou os diferentes campos da ciência a ilhas, separadas por um mar de ignorância. Aparentemente, não há ligação entre

⁹⁴ Ostwald, *Pyramid*, 3.

elas, mas à medida que o nível de ignorância diminui, percebe-se que elas estão todas ligadas.⁹⁵

Além disso, acreditava que a organização dos conhecimentos essenciais das ciências estaria em enciclopédias, apesar de estarem organizadas de maneira inadequada que não permitia notar a relação entre os diferentes conteúdos. A ciência precisava ser ordenada, organizada, de acordo com seus conteúdos.⁹⁶ Para justificar essa conclusão, Ostwald desenvolvera essa ideia ao longo dos capítulos do livro, tendo o conceito de energia como fundamental.

Segundo Ostwald, a novidade revolucionária trazida por Auguste Comte (1798-1857) para a questão da organização do conhecimento foi apresentar toda a ciência de maneira unificada, estabelecendo uma hierarquia das ciências⁹⁷. Toda ciência mais baixa serve de fundação para as ciências mais altas. Para Comte, a matemática é o fundamento de todas as ciências. Acima dela estariam as ciências dos sujeitos inorgânicos, como astronomia, física, química; mais acima, as ciências orgânicas, como fisiologia e física social. História, filologia, filosofia estariam embutidas na física social ou sociologia. Todo o resto aparecia descartado como sendo metafísica.⁹⁸ A principal contribuição de Comte foi perceber que as ciências não se construíam lado a lado, mas uma sobre as outras.⁹⁹ A ideia básica da pirâmide é elaborar uma tabela completa das ciências: “A ideia fundamental, base dessa divisão, será a de graus de abstração”.¹⁰⁰

⁹⁵ Jack & Scholz, 228.

⁹⁶ Ibid., 10.

⁹⁷ Ostwald, *Pyramid*, 46.

⁹⁸ Ibid., 50-53.

⁹⁹ Ibid., 56.

¹⁰⁰ Ostwald, *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, 54.

Segundo Ostwald, para determinar qual seria a ciência mais básica de todas, fazia-se necessário encontrar o termo mais geral, isto é, um conceito que incluísse tudo o que se experienciava internamente e no entorno. Ostwald referia-se já ao conceito de energia? De fato, como veremos a seguir, ele construiria toda a pirâmide do conhecimento em torno desse conceito.¹⁰¹

Quais seriam os fundamentos mais gerais sobre os quais toda ciência repousa? Ostwald proporia uma explicação da origem dos conceitos e fundamentos da ciência a partir da experiência sensorial. Nossos sentidos, juntamente com nossa memória, ligam o passado e o presente. Enquanto nós e nosso ambiente mudamos, certos aspectos da nossa experiência são reforçados pela repetição. Depois de dado o impulso, prossegue na memória, parte interna que forma uma representação da experiência externa. A repetição desse processo conserva as partes consistentes e elimina as que saem dessa representação. Ao produto dessa atividade seletiva de repetição será dado o nome de “conceitos”. Esse é o processo de abstração definido por Ostwald, partindo dos sentidos¹⁰². A formação de conceitos é uma forma efetiva de simplificar milhares de experiências em um único termo. Muitos desses conceitos podem ser decompostos em termos mais simples até atingir termos elementares que não podem mais ser decompostos. Partindo desse pressuposto, pode-se construir uma ordem conceitual esquematicamente, como será visto mais adiante.

Segundo Hapke¹⁰³, Ostwald desenvolveu uma maneira de pensar combinatória interdisciplinar por meio de analogias espaciais, como ponte, rede

¹⁰¹ Ibid., 57.

¹⁰² Ibid., 88.

¹⁰³ Hapke, *Kombinatorik als Element wissenschaftlichen Arbeitens bei Wilhelm*.

ou pirâmide, que aplicou em sua teoria das cores e das formas. Utilizou essa ferramenta de maneira metafórica ou educacional. Ostwald ficou impressionado com o fato de que era possível calcular antecipadamente o número de substâncias isoméricas por meio da combinatória:

“E mesmo assim, a complexidade dada à nossa experiência não se esgota, pois elementos semelhantes em relações quantitativas semelhantes, podem resultar em substâncias diferentes, que chamamos de isômeros, e que possuem um conteúdo energético diferente”.¹⁰⁴

Além disso, para Ostwald, a teoria das combinações possibilitaria identificar, a partir dos conceitos, todas as partes de uma ciência:

“Existe uma ciência, a teoria das combinações, que fornece as regras pelas quais, para determinados elementos ou características, pode-se encontrar o tipo e o número dos grupos possíveis. A teoria das combinações nos permite obter uma tabela completa e um levantamento de todos os conceitos complexos possíveis que podem ser formados a partir de conceitos simples (sejam conceitos realmente elementares ou apenas relativamente). Quando em qualquer campo da ciência os conceitos fundamentais forem combinados dessa maneira, pode-se fazer um levantamento completo de todas as partes possíveis dessa ciência por meio da teoria das combinações”.¹⁰⁵

Ostwald definiu “ordenação” como relacionando objetos ou conceitos. Considerava sua “ciência da ordem” um sinônimo de combinatória¹⁰⁶. Para ele, ao combinar dois conceitos, existiriam três possibilidades: primeiro, dois

Ostwald, 2. Palestra da conferencia organizada pela Akademie der Wissenschaften em Leipzig e o Institut für Philosophie der Universität Leipzig em Novembro 2008 / ed. Pirmin Stekeler-Weithofer, ... Leipzig: Hirzel, 2011. (Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse, Band 82, Heft 1, 2011), S. 212-248.

¹⁰⁴ Ostwald, *Esquisse*, 73.

¹⁰⁵ Ibid., 70.

¹⁰⁶ Ostwald, “The System of the Sciences”, 778–867 Apud Hapke, *Combinatorics*, 190. Ostwald aborda essa questão também em *Esquisse*, 70.

conceitos distintos nada tinham a ver um com o outro; segundo, um conceito compreendia o outro; terceiro, os dois conceitos tinham uma área em comum, mas tinham uma diferença em sua abrangência. A combinação de conceitos não ocorreria de acordo com a combinatória no sentido matemático que, por exemplo, daria apenas seis variantes diferentes ao combinar três conceitos. Para Ostwald, a combinação de três conceitos resultou em doze possibilidades, como ilustra a figura:

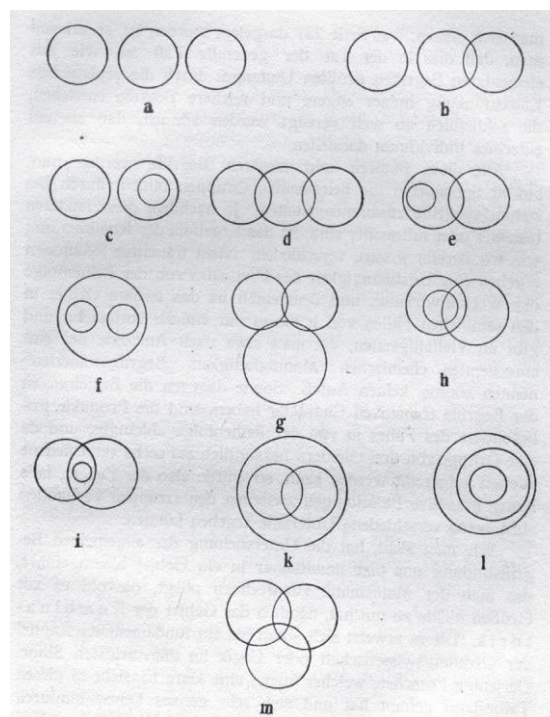


Figura 1: Combinatória de 3 conceitos, segundo Ostwald.¹⁰⁷

Através dessa teoria das combinações, Ostwald pretendia levantar conceitos complexos a partir de elementos simples. Aplicada aos conceitos científicos, poderia levantar todas as possíveis ramificações desses campos de estudo, construindo pontes entre as disciplinas acadêmicas. A maneira como

¹⁰⁷ Ostwald, *Moderne Naturphilosophie*, 1914a, 259, apud Hapke, *Wilhelm Ostwald's Combinatorics*, 290.

ele faz essas combinações fica evidente na descrição fornecida sobre a pirâmide:

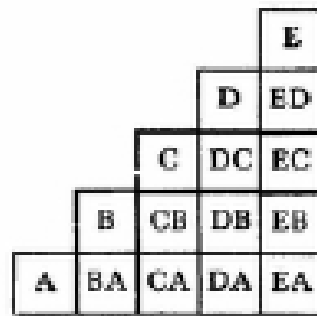


Fig. 1.

Figura 2: Esquema de combinações entre os níveis da ciência.¹⁰⁸

Na figura 2, a base A são os conceitos elementares mais gerais. O grupo B são termos um pouco menos gerais. Isso produz duas partes: 1) BA, que são as aplicações de A e B; e B, que contém as particularidades do grupo B. O grupo C é ainda mais complexo que B, e contém as divisões CA, CB e CC. E isso pode ser feito indefinidamente.

Ostwald acrescenta duas propriedades a esse esquema:

- a) Escopo: que significa o número de coisas individuais sob o termo, ou que tem as propriedades desse termo;
- b) Conteúdo: a soma de todas as propriedades sumarizadas no termo.

Essas duas propriedades são inversamente proporcionais: quanto menor o conteúdo, maior o escopo.

¹⁰⁸ Ostwald, *Pyramid*, 92.

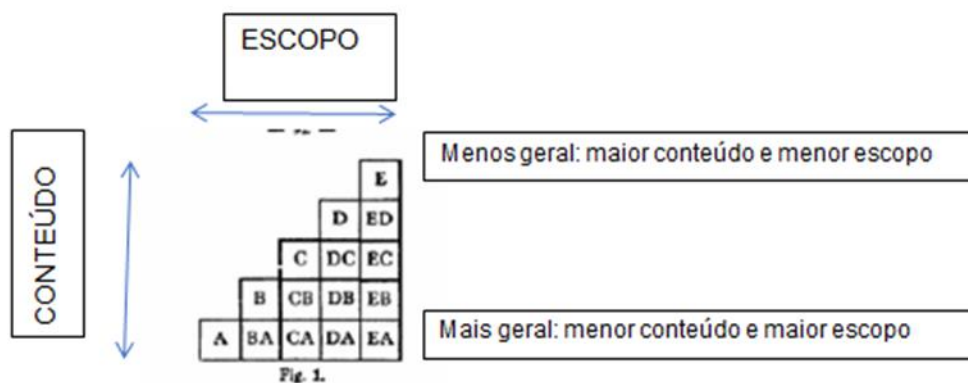


Figura 3: Gráfico nosso indicativo da descrição de escopo e conteúdo de Ostwald.

O termo **A** tem o menor conteúdo e o maior escopo. Portanto, quanto menor a altura na pirâmide, menor o conteúdo. Dessa forma, **A** representa a ciência mais geral, que chamamos de “ciência da ordem”. **B** seria a matemática. A subordinação de todas as ciências à base **A** significa que todas elas pressupõem o uso dessa ordem. Isso significa que a matemática, a ciência dos números e dos tamanhos, tem base na ordem, e todas as ciências acima têm base na matemática. **C** poderia ser a geometria, a ciência do espaço, que aparece como base das ciências mais altas, como a mecânica, a física, a química, até a biologia e a sociologia.¹⁰⁹

Outra representação da pirâmide, apresentada por Ostwald, mostra suas ideias sobre a organização dos conhecimentos:

¹⁰⁹ Ibid., 95.

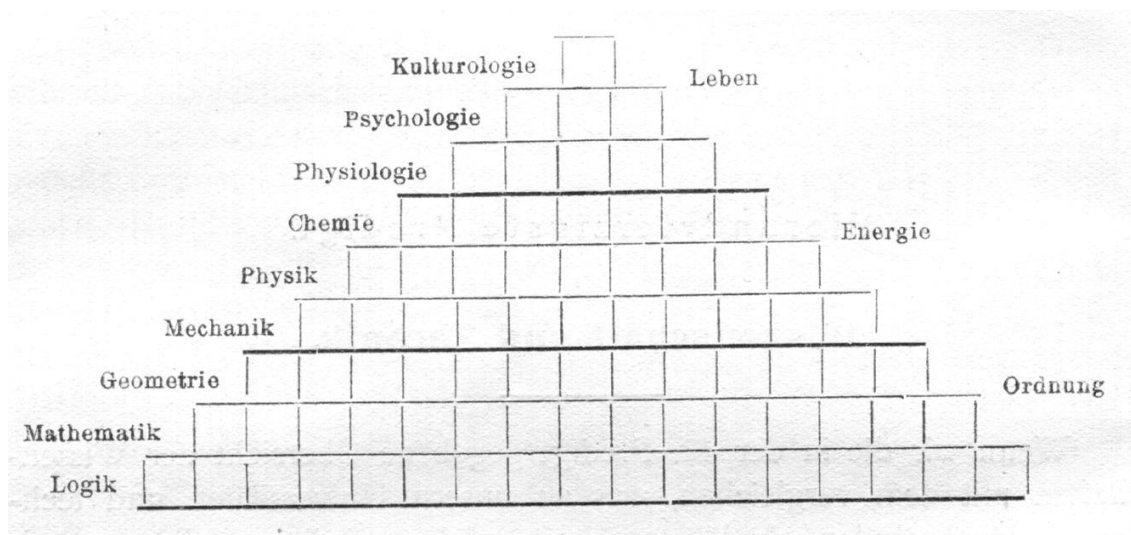


Figure 4: Pirâmide das ciências.¹¹⁰

No *Esquisse d'Une Philosophies des Sciences*, Ostwald descreveu a organização das ciências em função do grau de abstração:¹¹¹

“I. Ciências formais. Conceito principal: ordem.
 Lógica, ou a ciência da complexidade.
 Matemática, ou a ciência da quantidade.
 Geometria, ou a ciência do espaço.
 Foronomia, ou a ciência do movimento.
 II. Ciências físicas. Conceito principal: energia.
 Mecânica.
 Física.
 Química.
 III. Ciências biológicas. Conceito principal: vida.
 Fisiologia.
 Psicologia.
 Sociologia”.

Uma influência desse estudo de Ostwald aparece na Tectologia, termo desenvolvido por Ernst Haeckel e usado por Alexander Bogdanov (1873-1928) para descrever uma disciplina que consistia em unificar todas as ciências sociais, biológicas e físicas, buscando os princípios organizacionais

¹¹⁰ Ostwald, 1912a, 346 apud Hapke, *Combinatorics*, 289.

¹¹¹ Ostwald, *Esquisse d'une Philosophie de la Science*, 55.

pertencentes a todos os sistemas. A tectologia é agora considerada como uma das origens da teoria de sistemas. Ostwald, como sucessor de Haeckel com o desenvolvimento do seu monismo energético, deu a Bogdanov a ideia de aplicar a noção de organização de maneira semelhante¹¹². O subtítulo do seu livro *Tektology* era “a organização universal da ciência”. A tectologia seria a ciência monística da organização do mundo, vendo e condensando todo o universo em termos de organização. Ele desconsiderava a luta de classes para a construção de uma nova organização social que, para ele, deveria ser elaborada ao longo de um estágio de auto-organização do proletariado. Com isso, ele deixou a vida política em 1911, tornando-se o maior rival intelectual de Lenin, o que levou a severas críticas trocadas entre eles.¹¹³

Em sua autobiografia, Ostwald observou que as ciências mais simples e gerais serviam de pré-requisito para as mais especializadas, mas o contrário não era verdadeiro: não era necessário saber psicologia para entender química.¹¹⁴

Para Ostwald, essa pirâmide deveria ser construída de baixo para cima, a partir de sua base experimental. A tentativa de derivar tudo a partir de um único princípio podia fazer com que toda a estrutura entrasse em colapso caso esse princípio se mostrasse falho; por isso, era de grande importância não cometer tal engano.¹¹⁵ A partir dessa ideia, criticou a aplicação axiomático-dedutiva da filosofia na ciência com o argumento de que se um dos axiomas estivesse errado, todas as deduções a partir dele também estariam. Essa observação mostra seu esforço em derivar uma filosofia da ciência a partir da

¹¹² Poustilnik, *Aleksandr Bogdanov's Tektology*, 4.

¹¹³ Lenin, *Materialism and Empirio-Criticism*, 267-275.

¹¹⁴ Jack & Scholz, 543.

¹¹⁵ Ostwald, *Pyramid*, 107.

ciência, sem recorrer a conceitualizações de ordem filosófica de acordo com sua vocação monística. Há estudiosos, como Ziche, que comentam o relevante papel das reflexões de Ostwald sobre o monismo na gênese da filosofia da ciência, termo que dificilmente era encontrado em obras anteriores a 1900¹¹⁶.

2.2 A ciência da ordem

Ostwald discorda de Comte, Baruch de Espinosa (1632-1677) e Immanuel Kant (1724-1804), que consideraram a matemática como a ciência mais geral.¹¹⁷ A matemática baseia-se nas leis da lógica que não são de natureza matemática. Portanto, a lógica é uma ciência mais geral que a matemática, mas existe uma ciência ainda mais geral que a lógica, que é a base da lógica, e que deveria ter sido desenvolvida antes, porque foi necessária para todas as outras. Essa ciência não tem um nome oficial, mas Ostwald propõe chamá-la de “teoria da ordem” ou “matética”¹¹⁸ [*Mathetik*]¹¹⁹.

A ciência da ordem pressupõe uma padronização, por exemplo, a escolha da base 10 para o sistema numérico, e essa padronização intervém em todas as ciências. Essa padronização, uma vez definida, deve ser consistentemente adotada, porque afeta as ciências mais altas.¹²⁰ Onde isso não corre demonstra a falta de organização científica.

¹¹⁶ Ziche, “Monism and the Unity of Science”, 29.

¹¹⁷ Ostwald, *Pyramid*, 54.

¹¹⁸ O termo “matética” foi definido por Iohannes Amos Comenius (1592-1670) como “a arte do discente” em oposição à didática, que é a arte docente. Consiste na arte de aprender a aprender e procurar a ciência das coisas. Fino, “Matética e inovação pedagógica”, 254.

¹¹⁹ Ostwald, *Pyramid*, 56.

¹²⁰ *Ibid.*, 105.

No *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, Ostwald lista, dentro da ciência da ordem, os seguintes elementos: a *lógica* e a *matemática*; a ordenação em série dos elementos discretos; as *classes* de coisas abarcadas por um conceito que permite a classificação das coisas; a aritmética, a álgebra e a teoria dos números; a *coordenação* que consiste na determinação de relações entre as classes; a *comparação*; a *numeração*; *signos* e *nomes*; a linguagem escrita; a escritura fonética; a linguística; a ideia de *continuidade* que, segundo Gustav Theodor Fechner (1801-1887), depende de um limiar psicológico, fisiológico e a sensibilidade dos aparelhos¹²¹; a *medição* de elementos contínuos que é análoga à contagem dos elementos discretos; o conceito de *função*; a determinação das relações funcionais; o *tempo* e o *espaço*.¹²²

Acima da ciência da ordem, temos a geometria, que é a ciência do espaço, e um novo nível que é a ciência do tempo. A combinação dos conceitos de espaço e tempo produz uma ciência especial chamada de “cinemática”, que não pertence mais à ciência da ordem e que faz uso substancial do conceito de energia.¹²³

2.3 A ciência energética

¹²¹ Podemos citar, por exemplo, o eco ou a visão que necessitam de um tempo determinado para distinguir entre dois estímulos.

¹²² Ostwald, *L'Énergie*, 11; Jack & Scholz, 235.

¹²³ Ostwald, *Pyramid*, 111.

É o estágio de maior importância da pirâmide. A ideia principal que unifica esse grupo foi a descoberta, em 1842, pelo médico alemão Julius Robert Mayer, em Heilbronn, do princípio da conservação da energia. Segundo Ostwald, “o caminho da físico-química até a ciência da cultura (frequentemente, mas com menos utilidade, referida como sociologia) foi através da energética”.¹²⁴

Na pirâmide de Ostwald, a ciência da energética repousa sobre a ciência da ordem. Portanto, há um setor que lida com a ordem da energética, depois uma energética matemática e geométrica, mecânica, física e química. A mecânica lida com energias espaciais, a química com as energias materiais, e a física com todas as outras energias: calor, luz, eletricidade e magnetismo: “O conceito mais geral das ciências físicas é o de ‘energia’ que ainda não aparece nas ciências formais”.¹²⁵

O foco das ciências formais, as mais abstratas e, portanto, as mais simples, estaria na busca de invariantes cada vez mais gerais que serviriam de base para as ciências mais altas na pirâmide¹²⁶. Mas, nos sistemas físicos há propriedades que não existem nos sistemas geométricos. Essas propriedades apresentam-se como diferentes formas de energia:

“Essa ideia de energia, por conseguinte, tem o mesmo papel nas ciências físicas que a ideia de coisa nas ciências formais, e, o objeto essencial desse novo campo científico é de conhecer e desenvolver esse conceito em todos os sentidos.”¹²⁷

¹²⁴ Jack & Scholz, 543.

¹²⁵ Ostwald, *Esquisse*, 56.

¹²⁶ Ibid., 54.

¹²⁷ Ibid., 126.

Nas ciências físicas, o invariante mais geral que permite a unificação de todos os fenômenos naturais é a energia, apoiado no princípio de conservação. A distinção entre os conceitos de força e energia se deve principalmente à lei da conservação da energia.

Da mesma maneira que o invariante formal permanece inalterado quando submetido a uma transformação matemática, a energia total permanece invariável quando submetida a transformações físicas acidentais: “Devemos designar então essa lei da conservação da energia como a lei fundamental das ciências físicas”¹²⁸, pondera Ostwald. Admite, inclusive, que até prova em contrário, essa lei deve ser considerada válida também para as ciências da vida.

Há vários tipos de energia, trabalho é uma delas, e todas as energias podem se transformar entre si. O primeiro conteúdo da ciência da energética é a lei da conservação da energia¹²⁹, em que o que se conserva não é o tipo de energia, mas a quantidade de energia:

“Trata-se de uma “mesma” coisa que atravessaria todas essas mudanças e se transformaria exteriormente sem modificar sua essência. [...] Se designarmos pela palavra substância, no sentido geral da palavra, tudo que persiste através da mudança de circunstâncias, nós encontraremos na ideia de trabalho a primeira substância que os investigadores científicos nos fizeram conhecer”.¹³⁰

Daí surge o ponto mais controverso da proposta de Ostwald ao considerar a energia como uma substância real, positiva, que existe

¹²⁸ Ibid., 134.

¹²⁹ A formulação completa da lei da conservação seria: A quantidade total de energia se conserva em um sistema isolado, mesmo quando um tipo se converte em outro tipo.

¹³⁰ Ostwald, *Esquisse*, 130.

independentemente, “além do reino da abstração matemática”¹³¹, como aquilo que permanece constante em meio às mudanças¹³² :

“[...] temos o direito de dar à Energia, sem nenhuma restrição, o nome de substância, pois podemos, em todos os casos, afirmar que jamais uma quantidade de energia se destrói sem que se crie uma quantidade equivalente de outra forma de energia.”¹³³

Em *L'Énergie*, Ostwald ressaltou também a importância do conceito de energia útil. Em uma máquina térmica, a energia que pode ser convertida em trabalho depende da diferença de temperaturas. Evidentemente, o corpo com a temperatura mais baixa também contém energia, mas que não pode ser convertida, portanto, não é útil. Nesse processo, há uma perda da energia útil quando o calor passa da temperatura mais alta para a mais baixa sem passar pela máquina térmica, portanto, sem produzir trabalho. Essa perda corresponde à entropia. Ostwald comparou a transformação da energia com a conversão da moeda, por exemplo, entre marcos e francos, mantendo o valor, mas ressalta que nessa transformação há uma perda na capacidade de compra devido às taxas de câmbio e que o mesmo ocorre com a energia¹³⁴.

Para Ostwald, a ideia de uma matéria inerte movida por forças estava inadequada e ultrapassada. Quando Mayer descobriu a lei da conservação da energia, ele equiparou a substância ou massa com a energia, como duas substâncias indestrutíveis. No entanto, seus contemporâneos não foram capazes de conceber a energia como tão real quanto a matéria. Quando Ostwald, em 1897, ousou proclamar a energia como algo real, sofreu uma

¹³¹ Neuber, 52.

¹³² Ostwald, *Esquisse*, 134.

¹³³ Ibid.

¹³⁴ No caso, referindo-se à entropia.

unânime rejeição. Apesar disso, posteriormente, foi provado que a massa de um dado corpo é variável e que a única quantidade que se conserva é a energia. Dessa maneira, a física se vê forçada a construir todo o mundo a partir das energias. A energética é o segundo maior estágio da pirâmide das ciências e somente com base nessa concepção é possível fazer essa ordenação. A física é somente parte da energética.¹³⁵ Ostwald, referindo-se a si mesmo em terceira pessoa, sentencia:

“Mas seus contemporâneos [de Mayer] não foram capazes de entender energia como algo tão real quanto a matéria. Mesmo quando Wilhelm Ostwald, meio século mais tarde, em 1897, proclamou a energia como a única constante, ousando proclamar a energia como realidade, encontrou uma oposição unânime. Portanto, a física se depara com a tarefa de construir o mundo inteiro a partir de energia e, de fato, essa tarefa provou ser solucionável”.¹³⁶

2.4 Fisiologia

Para o conceito de vida, a ordem e a energia seriam necessárias, mas não suficientes, de acordo com a pirâmide. O metabolismo não pode ser compreendido sem levar em conta as trocas energéticas. Não há nenhum processo sem conversão de energia, porque todo o meio ambiente consiste de energia, assim como nosso próprio corpo.

Ostwald considerava que, em sua época, o estágio em que o conhecimento científico se encontrava na pirâmide estaria entre a química e a fisiologia. Utilizando as propriedades de conteúdo e escopo, Ostwald colocou a psicologia acima da fisiologia, porque o escopo dos seres vivos é muito maior

¹³⁵ Ostwald, *Pyramid*, 118-119.

¹³⁶ *Ibid.*, 118.

do que o de um órgão central onde se concentra a atividade mental. Dessa maneira, ela tem um estrato mais estreito, mas mais alto que a fisiologia. Ostwald concebera que ainda não se sabia qual tipo de energia era conduzida através dos nervos e seria a mediadora da alma da vida [*Seelenleben*]. O máximo que se podia dizer é que estava relacionada às condições químicas.¹³⁷

Diante do reconhecimento da dificuldade de uma definição científica adequada ao que seria a vida, Ostwald vai procurar utilizar as noções energéticas para dar uma explicação da sua essência: um ser vivo é um sistema de forma constante, que recebe e emite energia para o exterior. Essa manifestação constante da energia na forma, mesmo não sendo suficiente para caracterizar a vida, é parte essencial dela. Dessa maneira, uma primeira característica essencial dos seres vivos é essa troca constante de energia com a manutenção da sua forma, a que ele se refere como um “sistema estacionário”. Um sistema estacionário é um sistema que se conserva, comparável a uma chama que mantém sua forma enquanto há um fluxo constante de substâncias e energia. Essa analogia é frequentemente usada em expressões corriqueiras como “a chama da vida”.¹³⁸ Ostwald, em vários momentos, procurou mostrar como a forma e as estruturas materiais necessárias à vida eram mantidas por uma energia subjacente.

Por exemplo, ele comparou o equilíbrio dinâmico necessário à manutenção da vida com a chama de uma vela cuja forma é dada pela queima dos gases produzidos pelo calor, e não porque as suas partículas permanecem no lugar. Dessa forma, um ser vivo pode curar ferimentos: se a chama da vela

¹³⁷ Ibid., 130-132.

¹³⁸ Ostwald, *L'Énergie*, 179.

for desfigurada por uma causa externa, quando essa causa cessa, ela restaura sua forma.¹³⁹

A memória tomada em sentido geral, fundamental na formação de conceitos, apoia-se nas energias químicas e é capital para os seres vivos. Na visão de Ostwald, deveria haver uma explicação causal energética e não material. Para exemplificar essa suposição, Ostwald criou o termo “*over healing*” [*Überheilung*]. Todo ser vivo está constantemente exposto a danos internos, como o consumo de nutrientes que oxidam e requerem muita energia química; e externos, como ferimentos e outras perturbações do mundo exterior. O organismo vivo repara-se na mesma condição que tinha antes do dano. Dessa forma, a memória seria preservada nas estruturas orgânicas e químicas do ser vivo – característica do sistema estacionário mencionado acima.¹⁴⁰ Entretanto, nesse conceito de *Überheilung*, o sistema se recomporia com algo a mais. Isso pode ser entendido, por exemplo, no caso da memória: se esse sistema se recompusesse exatamente como antes, não haveria novas informações armazenadas pela energia química.

Para que o sistema seja estacionário, é necessário que haja uma fonte que substitua as energias que escapam. Essa fonte de energia vem dos alimentos. A chama também precisa ser alimentada para se manter, mas os seres vivos buscam os alimentos por si. Essa característica só está presente nos seres vivos. Surgia, então, uma nova noção que não se aplica ao mundo inorgânico: a noção de finalidade dos seres vivos de se conservarem. Para

¹³⁹ Ostwald, *Pyramid*, 127.

¹⁴⁰ *Ibid.*, 98.

Ostwald, a conservação do indivíduo e da espécie poderia ser explicada tecnicamente sem necessidade de considerações místicas ou metafísicas.

Outra característica essencial dos seres vivos é a reprodução. Os seres vivos na reprodução, da mesma forma que na alimentação, têm um papel ativo, devido ao fato de, na reprodução, aparecem novos seres que não são quaisquer, mas muito semelhantes aos seus pais. Ostwald pondera que isso não seria evidente por si, pois mesmo sendo dos pais e do mundo exterior que esse novo ser tira as substâncias de que necessita para se desenvolver, elas seriam as mesmas à disposição de todos os outros seres vivos, por mais diferentes que fossem. Portanto, esse novo ser recebe dos seus pais algo mais que garante essa semelhança de forma e propriedades com eles, pais¹⁴¹. Aqui se subentende que esse elemento transmitido dos pais para os descendentes na reprodução é de natureza energética. Ostwald também apontou para o fato de descendentes similares aos pais terem mais chances de subsistir que os outros, já que todo ser vivo está sujeito a uma destruição acidental. Ostwald retornou a mesma analogia da chama, em que o elemento energético que se mantém na mudança é o que sustenta a vida nas suas descendências¹⁴². Essa é a maneira dos seres vivos conservarem traços da sua história, o que geralmente não ocorre no mundo inorgânico. Implicitamente, Ostwald refere-se ao fator energético, como no exemplo da forma da chama, e não propriamente ao genético, material. Quando trata da conservação do ser vivo e de sua forma está implícita a noção de conservação da energia. De todas as teorias para explicar o fato de que os filhos se assemelham aos pais, mesmo depois de se

¹⁴¹ Ostwald, *L'Énergie*, 186.

¹⁴² *Ibid.*, 182.

distanciarem da influência deles, é a química. Segundo essa teoria, as particularidades dos pais são transmitidas através de substâncias reprodutoras, levando em conta que a energia química é parte integrante dessas substâncias. A energia do espaço – movimento, gravidade, forma, volume e superfície – não tem quase nenhuma influência na diversidade dos seres vivos. Portanto, seria na energia química que deveriam procurar a causa da diversidade, podendo haver ainda outras energias desconhecidas que também influenciassem.¹⁴³

O sol mantém e acumula a energia livre necessária para a subsistência da vida, mas como ele está presente apenas em parte do dia, é necessário que um ser vivo absorva a energia necessária para utilizar à noite, de modo a manter o fluxo estacionário de energia que atravessa o sistema e que caracteriza a vida. Uma interrupção, mesmo breve, nesse fluxo de energia leva à morte. A energia química é a mais apropriada para este fim. Os alimentos são feitos de energia química, assim como o carvão fóssil usado na indústria. Todo o funcionamento do corpo está organizado em função dessa energia química.¹⁴⁴

No livro *O Moinho da Vida: Físico-Química Básica dos Processos da Vida*, Ostwald afirma que quando se queima uma planta, ela libera grande quantidade de energia durante a combustão¹⁴⁵. Como essa energia não pode vir do nada, as plantas têm de separar o carbono do dióxido de carbono, que absorvem, liberar oxigênio, e converter o carbono em matéria orgânica com a quantidade correspondente de energia química que vem da energia radiante do

¹⁴³ Ibid., 186.

¹⁴⁴ Ibid., 184.

¹⁴⁵ Ostwald, *Die Mühle des Lebens*, cap. 8.

sol. Nos animais, a energia de que necessitam vem da combustão dos alimentos que contém carbono, usando o oxigênio do ar. O carbono e o oxigênio são os carreadores principais de toda a energia para a vida animal e vegetal. Os outros elementos participam da constituição do corpo, mas são secundários como fontes de energia.

O calor dos seres vivos vem da combustão. Para que haja combustão, como na queima do carvão, é necessário o oxigênio do ar. A queima de óleo ou açúcares produz água e dióxido de carbono com a produção de calor. A única diferença no corpo do animal é que a combustão é realizada lentamente a baixa temperatura. O organismo queima, assim, o carbono dos alimentos no interior do corpo, produzindo dióxido de carbono. A respiração faz o oxigênio necessário para combustão entrar no corpo na inalação e com que o dióxido de carbono seja removido do corpo na expiração. Essa combustão a baixa temperatura só é possível na presença de outras substâncias chamadas de catalisadores que estão presentes no corpo. Mesmo com catalisadores, a combustão é maior com temperaturas mais altas: por exemplo, quando uma pessoa tem febre, ela queima mais substâncias, aumentando a temperatura, enfraquecendo e deixando o organismo exausto devido ao consumo anormal aumentado.

Aparentemente, essa roda da vida se autossustenta como um moto perpétuo, a planta produz o que o animal consome e vice-versa. Mas, para Ostwald, essa visão não seria correta. A queda d'água no moinho é quem faria o trabalho. Não seria um processo cíclico. Ele fluiria continuamente de cima para baixo, permitindo que a roda gire num processo periódico. Portanto, a roda seria apenas uma ferramenta a transmitir o trabalho realizado pela água

para o moinho. Depois que a água cai é impossível realizar mais trabalho: “Depois que a água cai do reservatório superior para o dreno da roda d’água, ela não é mais capaz de funcionar”.¹⁴⁶

Dessa forma, o trabalho é consumido e, só pela adição de trabalho, a água poderia retornar ao estado inicial antes de cair. Isso está em acordo com o princípio da conservação da energia. É uma composição de um movimento periódico e um movimento progressivo. O movimento circular transforma o trabalho produzido pelo movimento progressivo em uma determinada forma necessária para um determinado fim.¹⁴⁷

A planta e o animal são como o moinho d’água combinados a formar um processo cíclico contínuo. As águas que caem são como os raios do sol na máquina da vida. Sem o sol a roda da vida não consegue se manter em movimento. As leis da natureza transformam os raios do sol em alimento e calor.¹⁴⁸

Há um ponto a considerar na analogia do moinho com os sistemas térmicos. Carnot fez uma analogia do calor com a água que entra no moinho. Apesar de conduzir a um resultado correto, a sua hipótese de que a quantidade de calor corresponderia à água, portanto, “a mesma quantidade de calor que sai da máquina é a mesma que entra, não corresponde à realidade”.¹⁴⁹

A hipótese de Carnot contradiz os trabalhos de Joule sobre o equivalente mecânico do calor em que o trabalho mecânico se converte em calor. A compatibilização dessas duas correntes foi realizada por Rudolf Julius Emanuel Clausius (1822-1888) e, posteriormente, por Thomson:

¹⁴⁶ Ostwald, *Moinho*, cap. 9

¹⁴⁷ Ibid.

¹⁴⁸ Ibid.

¹⁴⁹ Ostwald, *L’Énergie*, 101.

“Mas então o que sobra da analogia entre uma máquina térmica e um moinho de água? A resposta a essa questão é que é legítimo comparar a pressão com a temperatura, mas não o é comparar a quantidade de calor com a quantidade de água. Pois a quantidade de calor é uma grandeza de energia e a quantidade de água não o é”.¹⁵⁰

Segundo Ostwald, para a analogia funcionar deveria se considerar a água como a energia total da água: “Quanto à grandeza, considerada na termodinâmica, que poderíamos comparar com a quantidade de água [...] ela recebeu o nome de *entropia*”, que corresponderia à passagem de uma temperatura mais alta a uma mais baixa com a consequente perda de energia livre.¹⁵¹

Ostwald declarava-se contra a ideia de que os fatos da vida escapam à ciência. O fato de não podermos explicar um determinado fenômeno vital, não quer dizer que seja inexplicável, mas se deve às limitações dos conhecimentos da biologia científica. Segundo ele, essa ideia é uma das infelizes consequências do materialismo científico, que predominou no último terço do século XIX. Para essa doutrina, a explicação científica significava reduzir tudo à mecânica dos átomos e em inumeráveis fenômenos, especialmente na biologia, essa redução é impossível.¹⁵²

¹⁵⁰ Ibid., 102.

¹⁵¹ Ibid., 102.

¹⁵² Ibid., 190.

2.5 Os fenômenos psicológicos

Da mesma forma que Ostwald procurou explicar a vida pelos fatores energéticos, buscava a energética dos fenômenos psicológicos, em conformidade com o ideal monista, como trataremos a seguir.

Na Antiguidade grega, havia uma doutrina unificada do corpo e da alma. Demócrito (370-470 a.C.) considerava corpo e alma como tendo a mesma essência, com a diferença de que a alma era composta de átomos muito pequenos e móveis. Platão (428-348 a.C.) separou o corpo da alma na essência e nos valores, ideia que foi conservada pela noção de pecado do Cristianismo.

Quando, nos tempos modernos, reapareceu na Europa central uma filosofia e uma ciência natural, elas adotaram essa concepção dualista de mundo. Como exemplo, Descartes (1596-1650) procurou mostrar que pensamento e extensão eram totalmente separados. Leibniz tentou estabelecer um acordo entre esses dois mundos argumentando que, por um ato do Criador, o movimento do corpo corresponderia aos fenômenos da alma num determinado tempo e local. Não havia, portanto, uma noção de causalidade. Mas, no entender de Ostwald, a teoria que impediria o renascimento da doutrina de Demócrito, na qual a diferença entre corpo e alma era apenas uma questão de grau, seria a teoria mecanicista.¹⁵³

“O materialismo é incapaz de responder à questão de como o corpo pode produzir o espírito, que é totalmente diferente dele, e o espiritualismo é impotente para refutar essa objeção, e somente isso bastaria, de que o mundo não se conforma com

¹⁵³ Ibid., 195.

nossa vontade, mas segue, muitas vezes a nossas custas, seus próprios caminhos, não pode ser uma criação de nossa mente.”¹⁵⁴

O ponto que Ostwald levantou contra a visão espiritualista era que o mundo seria independente de nossa vontade e, portanto, não poderia ser produto de nosso espírito.

Em Descartes e Leibniz, considera-se a existência de duas substâncias distintas: corpo ou matéria, e alma ou energia. Nessa concepção, a dificuldade existente é explicar como uma substância pode agir sobre a outra. A proposta energética de Ostwald pretendia resolver esta questão, considerando a existência de uma substância única, a energia. Dessa maneira, as dificuldades encontradas na visão dualista mecanicista desaparecem:

“O materialismo é incapaz de responder à pergunta de como o corpo pode produzir o espírito, que é totalmente diferente dele, e o espiritualismo é impotente para refutar essa objeção ... Eu acredito que posso apresentar as coisas dessa maneira: *fenômenos psicológicos podem ser concebidos como fenômenos energéticos e interpretados como tal, assim como todos os outros fenômenos.*”¹⁵⁵

Ostwald justifica a posição mecanicista pelo fato de a mecânica ter sido a primeira conquista da ciência moderna – apoiada pela perfeição da geometria antiga, apresentava-se como o modelo de ciência da natureza do qual todas as outras ciências deveriam se aproximar. Como foi determinada uma separação absoluta entre os fenômenos psicológicos e as ciências naturais, a doutrina mecanicista não procurou interpretar os fenômenos da alma. Portanto, a ideia do paralelismo psicofisiológico, ideia encontrada em Leibniz, que forneceu uma

¹⁵⁴ Ibid., 199.

¹⁵⁵ Ibid., 199-200.

explicação metafísica, e, mais tarde, desenvolvida por Fechner, era ainda a mais difundida¹⁵⁶. Ostwald argumentou que, apesar de uma ligação indubitável e incessante entre corpo e espírito, a hipótese de uma diferença essencial entre eles levava a contradições e deveria haver um erro fundamental na hipótese. Portanto, fazia-se necessário encontrar uma concepção que englobasse e unificasse as noções de corpo e alma¹⁵⁷.

A energética resolvia essa questão por ter tornado a noção de matéria supérflua, sendo ela um complexo de energias diversas. Portanto, a questão não residia em como o espírito e a matéria agiam um sobre o outro, mas como a noção de energia, muito mais ampla que a noção de matéria, relacionava-se à noção de espírito. A dificuldade anterior foi criada pelo fato da noção de matéria ser muito restrita para esse propósito; é de se esperar que a noção de energia, muito mais ampla, pudesse se relacionar com a questão do espírito. Nas palavras de Ostwald: “[...] os fenômenos psicológicos podem ser concebidos como fenômenos energéticos e interpretados como tal”.¹⁵⁸

Assim, seria possível dar uma base energética à consciência. As sensações provocam processos nos nervos que chamamos de “energia nervosa”, sem pretender dizer de que natureza é essa energia. A fisiologia demonstrou que, durante a atividade psíquica, há consumo de energia, ao que Ostwald chamou de “energia psíquica” e que deveria ser de natureza química, pois consome oxigênio. Essas operações químicas, elétricas ou mecânicas no cérebro estão ligadas entre si, sob pena de cair no paralelismo psicofísico. Portanto, pode-se conceber os fenômenos psíquicos como fenômenos

¹⁵⁶ Araujo, Saulo de Freitas. (2009). “Uma Visão Panorâmica da Psicologia Científica de Wilhelm Wundt”, 209-220.

¹⁵⁷ Ostwald, “Emancipation Form Scientific Materialism”, 431.

¹⁵⁸ Ostwald, *L'Énergie*, 200.

energéticos da energia nervosa. Para Ostwald, as operações psíquicas não eram fenômenos que acompanhavam a variação de energia psíquica, mas energia em si. A energia psíquica é caracterizada por operações psíquicas da mesma forma que a energia cinética é caracterizada pelo movimento. Uma forma particular de energia psíquica é a consciência – sua forma mais complexa.

A teoria econômica energética de Freud foi inspirada em Helmholtz, que Freud considerava ídolo. Ostwald pediu a Freud que escrevesse um artigo para a revista *Annalen der Naturphilosophie*, da qual era editor, ao que Freud concordou, mas acabou por não escrever. Hendersen e Jung, no livro *Psychic Energy*, citam a teoria energética de Ostwald como uma hipóstase, que significa tomar como substância ou coisa real uma abstração. Em 1911, Jung questionou o conceito de libido de Freud como sendo uma força sexual específica e a redefiniu como uma “força vital”, uma energia psíquica geral.¹⁵⁹

Freud foi influenciado pelas ideias de Ostwald à leitura de Mach como base para a crítica ao mecanicismo. Ostwald convidou Freud a escrever um artigo para uma revista do energicismo, que nunca foi escrito. Alguns meses depois, assinaria o manifesto de Mach. Essa recusa de Freud em escrever o artigo se deveria ao fato de não querer a psicanálise ligada a uma *Naturphilosophie* e, por isso, tomou outras referências¹⁶⁰. Ostwald estendeu os conceitos de energia aos fenômenos psicológicos que apareceram na psicanálise, por exemplo, no conceito de energia nervosa e no “princípio da constância” que, claramente, faz referência ao princípio de conservação de

¹⁵⁹ Disponível em: <<https://ajp.psychiatryonline.org/doi/abs/10.1176/ajp.112.5.372>>.

¹⁶⁰ Conforme Elias, “A Apropriação do Pensamento Epistemológico”, 66: “sem dúvida, os modelos energéticos foram fortes referentes para a psicanálise freudiana”.

energia. É interessante notar que Freud, em geral, não menciona seus autores de referência para não se constranger a adotar na íntegra suas propostas.¹⁶¹

2.6 A energética sociológica

Binder, em sua monografia “A Energética de W. Ostwald: a Conexão Entre a Ciência e as Ciências Sociais no Início do Século XX?”¹⁶², aborda o aspecto sociológico da pirâmide. Ressaltou que a estrutura da pirâmide de Ostwald tentava unir as humanidades com a ciência natural. Para Ostwald, a especialização das disciplinas se devia à limitação da mente humana que necessita restringir cada vez mais o escopo que pode dominar, levando o cientista à perda da visão geral.¹⁶³ Na pirâmide da ciência, toda a ciência subjacente e mais geral é necessária ao nível superior, mas não suficiente. Dessa forma, o conceito de energia é necessário à fisiologia, à psicologia e à sociologia, mas essas ciências necessitam de conceitos próprios não encontrados nos níveis abaixo. Essa estrutura também significa que as leis consideradas corretas nos níveis mais baixos também são válidas nos níveis superiores, isto é, as leis da física se aplicam à biologia e à sociologia:

“Nós devemos considerar a lei da conservação da energia como a lei fundamental das ciências físicas. Mas não é somente o conjunto dos fenômenos físicos que estão enquadrados nessa lei (incluindo também os fenômenos químicos): as ciências posteriores, aqueles relativos às manifestações da vida, devem, até prova em contrário, considerar a lei como válida. Isso corresponde a um fato que já

¹⁶¹ Ibid., 99.

¹⁶² Binder, Wilhelm Ostwalds Energetik.

¹⁶³ Ostwald, *Pyramid*, 6-7.

insistimos várias vezes: toda lei de uma ciência tem aplicação em todas as ciências posteriores”.¹⁶⁴

Binder coloca que, para Ostwald, a descrição social baseia-se na teoria da ordem, na energética, na biologia e na psicologia, mas todos esses campos não são suficientes para entender a sociedade. Os termos próprios da sociologia consistem num salto qualitativo que não tem significado no nível anterior por terem escopo e conteúdo diferentes. Exemplo disso é o conceito de cultura.¹⁶⁵

Ostwald estabeleceu uma analogia entre os organismos individuais e os organismos coletivos sob o ponto de vista energético. O progresso da civilização pode ser medido pela capacidade de transformar energia para um objetivo determinado. Dessa maneira, o desenvolvimento da civilização deve ser orientado por essas considerações relativas à energia. A passagem da Inglaterra do estado agrícola ao industrial foi devido, justamente, à utilização das energias inorgânicas, e equipara-se ao que estava ocorrendo na Alemanha no final do século XIX.¹⁶⁶

Para Ostwald, da mesma forma que os organismos individuais têm sua característica essencial na energia, pode-se estudar os organismos coletivos sob o ponto de vista energético.¹⁶⁷ As manifestações da energia nos organismos coletivos devem ser semelhantes àsquelas observadas nos organismos individuais.

Outro fator a considerar é que alguém que domine as formas de produzir e fornecer energia aos outros se tornaria muito mais poderoso que seus

¹⁶⁴ Ostwald, *Esquisse*, 134.

¹⁶⁵ Ostwald, *Pyramid*, 138.

¹⁶⁶ Ostwald, *L'Énergie*, 229.

¹⁶⁷ *Ibid.*, 222.

colaboradores. Tanto na forma de alimento como na forma de trabalho, seja de animais ou de outros homens. Um terceiro estágio na conquista da energia seria o domínio das energias inorgânicas, como o fogo. Essas formas de energia são em quantidade muito maiores que as orgânicas, e de utilização muito mais diversa.¹⁶⁸

Ostwald também apontou que quem domina as formas de produzir e fornecer energia tem mais poder social – observável nos vários conflitos vivenciados em sua época. Dessa maneira, as organizações presentes na civilização têm em vista a aquisição de energia.¹⁶⁹ Ostwald desejava mostrar como a própria organização social se dava em torno do conceito de energia.

Nessa transformação de um tipo de energia em outra, há uma perda. Somente uma parte da energia inicial toma a forma desejada, enquanto outra parte se transforma em calor, tornando-se inútil. Portanto, o valor da energia não é proporcional à sua quantidade, mas é proporcional à quantidade de energia que pode ser transformada em energia útil. Os coeficientes econômicos permitem estabelecer uma escala de valores da energia. O calor, por exemplo, está num grau baixo nessa escala, porque segundo Carnot e Clausius, somente uma fração do calor pode ser transformada em outra energia. Existe um limite teórico. As máquinas térmicas raramente têm uma eficiência maior que um terço da energia térmica utilizada. Os outros dois terços são inutilizados.¹⁷⁰

¹⁶⁸ Ibid., 229.

¹⁶⁹ Ostwald, *L'Énergie*, 219.

¹⁷⁰ Ibid., 231.

Esse coeficiente econômico relativo à transformação das energias, Ostwald chamou de “coeficiente de transformação”¹⁷¹. Como exemplo, cortar madeira com um machado cego e com um machado afiado. O gasto de energia que é necessário para a execução do trabalho é teoricamente o mesmo, mas na prática é diferente devido ao coeficiente de transformação. Da mesma forma, um problema político pode ser solucionado com grande gasto de energia, ou com um gasto bem menor por um indivíduo genial. Para Ostwald, “a tarefa geral da civilização consiste em obter, por meio das energias a transformar, os coeficientes de transformação mais favoráveis possíveis”.¹⁷²

A energia livre não aumenta por si, ao contrário, ela diminui com tudo que é produzido. Quanto mais favorável o coeficiente de transformação, mais uma quantidade bruta de energia pode fornecer a energia desejada. Isso se aplica tanto aos homens como às coisas. Isso não se limita às questões econômicas, mas também a questões de moral social, isto é, aos interesses das massas. A quantidade de energia livre à disposição da humanidade não é ilimitada.¹⁷³

O bem-estar dos homens é proporcional à parte da energia que cabe a cada indivíduo. A energética permite não apenas compreender o passado da civilização, mas indicar onde colocar esforços¹⁷⁴.

Binder também aponta que a intenção de Ostwald era fornecer aos sociólogos a energia como uma estrutura básica para a pesquisa das características próprias da sociedade, ou seja, uma ferramenta para organizar

¹⁷¹ Ibid., 232.

¹⁷² Ibid., 232.

¹⁷³ Ibid., 233.

¹⁷⁴ Ibid., 234.

o estudo da sociologia.¹⁷⁵ No entanto, Ostwald admitiu sua incapacidade de implementar com sucesso as leis energéticas nessa área, mesmo acreditando no sucesso dessa empreitada. Segundo Binder, a questão proposta por Ostwald de supor a energia como elo entre as humanidades e as ciências naturais ainda não foi respondida.¹⁷⁶

Neste capítulo, observamos como Ostwald pretendia unificar todos os campos científicos em torno do conceito de ordem e de energia. Como ele próprio reconheceu, seu objetivo errou ao indicar possíveis caminhos para essa empreitada que estava além de suas possibilidades.

Vamos nos limitar a isso, porque, apenas para indicar em grandes linhas as várias formas sob as quais a energética é aplicável à vida social, precisaríamos de um trabalho especial, um trabalho que, além disso, seria prematuro, já que quase nenhum dos estudos que ele pressupõe não foram feitos ainda.¹⁷⁷

Binder aponta que outros estudiosos utilizaram estrutura de pirâmide sem, contudo, mencionar a contribuição de Ostwald. Muitas das questões levantadas por ele ainda são motivo de debates, o que mostra a atualidade de suas propostas.

¹⁷⁵ Binder, Wilhelm Ostwalds Energetik.

¹⁷⁶ Ibid.

¹⁷⁷ Ostwald, *L'Énergie*, 234-235.

Considerações finais

A discussão energética do final do século XIX deve ser vista como um produto das discussões entre o Positivismo, Idealismo, Fenomenologia e Realismo. A partir do Renascimento, com a percepção de que a ciência estaria sendo impedida de progredir pelas concepções da metafísica aristotélica e com a consequente necessidade de se libertar dessas concepções, indo de um extremo a outro, acabaram por rejeitar a metafísica como um todo.

A proposta conceitual de Ostwald de a energia ser considerada como uma substância real e causa de todos os fenômenos observáveis encontrou grande resistência devido aos movimentos em andamento na época. Podemos citar, por exemplo, as correntes positivistas que expressamente se opunham ao conceito de causa e de energia por considerá-las remanescentes do período metafísico e, portanto, passíveis de serem eliminadas da ciência positiva.

Comte apresentou a sua lei dos três estados em que nosso conhecimento evoluiria historicamente de um estado teológico (ou fictício), para um metafísico (abstrato), culminando no estado positivo (científico). No estado metafísico, “os agentes sobrenaturais são substituídos por forças abstratas capazes de engendrar por elas próprias todos os fenômenos observados”. Por sua vez, o estado positivo:

“[...] renuncia a procurar a origem e o destino do universo, a conhecer as causas íntimas dos fenômenos, para preocupar-se unicamente em descobrir, graças ao uso bem combinado do raciocínio e da observação, suas relações invariáveis de

sucessão e de similitude na ligação estabelecida entre os diversos fenômenos particulares e alguns fatos gerais.”¹⁷⁸

Segundo Ostwald, Comte dividiu as eras em teológica, metafísica e positiva em sequência, mas omitiu o fato de que essas eras coexistem em diferentes tempos, unicamente mudando a proporção entre elas. O pensamento da teologia, metafísica e ciência são formas diferentes e cada vez mais aprimoradas de satisfazer as necessidades da humanidade. Ou seja, “as necessidades para as quais a humanidade criou sua ciência estão sempre presentes, e os modos de pensamento teológico, metafísico e científico são apenas diferentes e gradualmente aprimorados para satisfazê-los”.¹⁷⁹

Em nota do tradutor do *Esquisse d'une Philosophie des Sciences*, M. Dorolle explica que as teorias lógicas desenvolvidas pelo autor seriam criticadas por lembrar as tradições empiristas e positivistas, mas, na realidade, elas resultam da prática científica de Ostwald. Essa lógica leva a uma concepção geral do mundo fundada na ideia de energia como fonte comum da ciência e da filosofia. No prefácio desta mesma obra, Ostwald se insere no movimento da época em que vive e que tem o caráter de uma “filosofia das ciências”. No entanto, não se tratava de uma filosofia das ciências especulativa, como em tempos precedentes, mas apoiada na experiência, no “método da ciência positiva”, que tira soluções da experiência, pela experiência.

O conceito de energia é extraordinariamente geral, não é possível fornecer nenhum critério comum aos diversos tipos de energia. Não se pode dizer nada além de que é uma grandeza positiva, passível de adição, e que

¹⁷⁸ Comte, *Curso de Filosofia Positiva*, Primeira lição.

¹⁷⁹ Ostwald, *Pyramid*, 137.

seu valor é constante em todas as transformações possíveis. Ostwald considerou esse aspecto como ponto de partida dos ataques à energética, como se essa generalidade fosse um defeito.¹⁸⁰

Essa crítica, mesmo não expressa, se deve ao fato dessa característica da energia ter um caráter não material, mas metafísico. Essa definição de energia dada por Ostwald é a mesma da noção de substância encontrada na metafísica. Ostwald não fez referência ao conceito filosófico de substância, mesmo que o utilizasse, porque pretendia extrair esse conceito da experiência sensorial, ou seja, construir a pirâmide do conhecimento de baixo para cima, em oposição à estrutura axiomático-dedutiva da filosofia ou metafísica.

Por essa razão, a posição de Ostwald parece paradoxal, pois mesmo não seguindo a doutrina positivista, identifica-se com ela; e, mesmo não querendo partir de conceitos metafísicos, os adota. Dessa forma, a energética aparenta ser uma doutrina metafísica aos positivistas, e uma doutrina positivista aos metafísicos. Ele se identificava com positivistas e metafísicos e, da mesma forma, foi criticado por ambos.

Portanto, as propostas de Ostwald encontraram um ambiente inóspito tanto no campo filosófico como no científico. Se olharmos em uma perspectiva mais distante, veremos que, por trás desses, fatores havia um processo de secularização em toda a Europa. Há indícios de como o Protestantismo, forte na Alemanha, também estaria na base desse processo de secularização.¹⁸¹ Essa seria a razão de fundo para o fato de o energicismo de Ostwald ter sido fortemente combatido em sua época e praticamente desconsiderado no século

¹⁸⁰ Ostwald, *L'Évolution*, 327.

¹⁸¹ Chadwick, *The Secularization of the European Mind in the Nineteenth Century*, 137.

XX. Como Ostwald afirma, “a energética, de fato, mesmo com a força que já tenha contribuído ao saber humano, ainda é uma ciência do futuro. Mas tudo faz prever que sua hora chegará.”¹⁸²

¹⁸²Ostwald, *L'Énergie*, 236.

Bibliografia

- Abraham, Bénédicte. *Au Commencement Était l'Action: Les Idées de Force et d'Énergie en Allemagne au Tour de 1800*. Presses Universitaires Du Septentrion, 2016.
- Alfonso-Goldfarb, Ana Maria. "Centenário Simão Mathias: Documentos, Métodos e Identidade Da História Da Ciência." *Circumscribere: International Journal for the History of Science* 4 (2008): 5-9.
- _____. "Como se Daria a Construção de Áreas Interface do Saber?". *Revista Kairós* 6, nº 1 (jun. 2003): 55-66.
- _____; Márcia Helena M. Ferraz & Maria H. Beltran. "A Historiografia Contemporânea e as Ciências Da Matéria: Uma Longa Rota Cheia de Peralços" In: *Miguel Bombarda e as Singularidades de Uma Época: 1851-1910*. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2006. Acessado em 3 de janeiro de 2020. <<https://digitalis.uc.pt/handle/10316.2/32393>>
- Araújo, Francisco Marcelo Vieira de, Ambrosio Martins da Cunha, Francisco André Andrade de Aguiar & Karlo David Alves Sabóia. *Wilhelm Ostwald, Marie Curie e Glenn Seaborg*. Ceará: Libertatem, 2017.
- Araújo, Saulo de Freitas. "Uma Visão Panorâmica da Psicologia Científica de Wilhelm Wundt". *Scientiae Studia* 7, nº 2 (2009): 209-220.
- Beltran, M. H. R. "O Tetraedro de Van? t Hoff: Algumas Considerações Sobre o Papel dos Modelos na História da Química e no Ensino". In: *IX Enpec - Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, Águas de Lindóia, 2013.
- Bevilacqua, Fabio. "Energy: Learning From the Past". *Science & Education* 23, nº 6 (2014): 1231-1243.
- Bhattacharyya, Pallavi. "Wilhelm Ostwald – The Scientist". *Resonance: Journal of Science Education* 17, nº 5 (2012): 428-433.
- Binder. "Wilhelm Ostwald's Energetik: Verbindung zwischen Naturwissenschaft und Gesellschaftswissenschaft zu Beginn des 20. Jahrhunderts?" Magisterarbeit im Fach Geschichte an der Universität Stuttgart. Matrikel-Nr.

1610389. Acessado em janeiro de 2020. <<http://www.entologie.de/>> disponível em <http://magister.historia-data.com/>
- Blackmore, John T. "The Rise and Fall of Three Fashionable Expectations." *Indian Journal of History of Science* 17, nº 2 (1982): 279-288.
- Bunge, Mario. "Energy: Between Physics and Metaphysics". *Science & Education* 9, nº 5 (2000): 459-463.
- Cahan, David. *Helmholtz: A Life in Science*. Chicago: University of Chicago Press, 2018.
- Chadwick, *The Secularization of the European Mind in the Nineteenth Century*. Cambridge University Press, 1990.
- Comte, Auguste. *Curso de Filosofia Positiva*. São Paulo: Nova Cultural, 1978.
- Coopersmith. *Energy, the Subtle Concept*. Oxford University Press; 1 edition, 2015.
- Debus, Allen G. *O Homem e a Natureza no Renascimento*. Porto: Porto Editora, 2002.
- Deltete, Robert. "Planck, Ostwald, and the Second Law of Thermodynamics". *HOPOS: The Journal of the International Society for the History of Philosophy of Science* 2, nº1 (Mar. 2012): 121-46.
- _____. "Georg Helm's Chemical Energetics". *HYLE – International Journal for Philosophy of Chemistry* 18, nº1 (2012): 23-44.
- _____. "Wilhelm Ostwald's Energetics 2: Energetic Theory and Applications, Part I". *Foundations of Chemistry* 9, nº3 (2007): 265-316.
- _____. "Helm and Boltzmann: Energetics at the Lübeck Naturforscherversammlung". *Synthese* 119, nº1/2 (1999): 45-68.
- _____. "The Energetics Controversy in Late Nineteenth-Century Germany: Helm, Ostwald and Their Critics". Dissertação de Mestrado, Yale University, 1983.
- _____. "Helm's History of Energetics: A Reading Guide" In: Helm, Georg. *The Historical Development of Energetics*. Springer-Science+Business Media, B.V. 2000.
- Elias, Liana Rosa. "A Apropriação do Pensamento Epistemológico de Ernst Mach por Freud e Skinner." Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Ceará, 2012.

- EOHT - *Encyclopedia of Human Thermodynamics, Human Chemistry, and Human Physics*. "Wilhelm Ostwald". Acessado em 18 de maio de 2020. <http://www.eoht.info/page/Wilhelm%20Ostwald>.
- EOHT - *Encyclopedia of Human Thermodynamics, Human Chemistry, and Human Physics*. "Energetics Debate". Acessado em 18 de maio de 2020. <http://www.eoht.info/page/Energetics%20debate>.
- Fino, Carlos Nogueira. "Matética e Inovação Pedagógica: Centro e Periferia". Acessado em 7 de julho de 2020. http://www3.uma.pt/carlosfino/publicacoes/Matetica_e_inovacao_pedagogica.pdf
- Fisette, D. "Fenomenologia e Fenomenismo em Husserl e Mach". *Scientiæ zudia* 7, nº 4 (2009): 535-76.
- Fraile, Guillermo. *Historia de la Filosofía I: Grécia y Roma*. 7ª ed. Madrid: Biblioteca de autores cristianos, 1967.
- Gardner, Michael R. "Realism and Instrumentalism in 19th-Century Atomism" *Philosophy of Science* 46, nº1 (1979): 1-34.
- Görs, Britta. "Atomist or Anti-Atomist? The Relationship Between the German Chemical Community and Ostwald". In: Görs, Britta; Nikolaos Psarros & Paul Ziche. *Wilhelm Ostwald at the Crossroads between Chemistry, Philosophy and Media Culture*. Leipziger : Universitätsverlag, 2005.
- Gueroult, Martial. *Leibniz: Dynamique Et Metaphysique*. Paris: Aubier, 1967.
- Hakfoort, C. "Science Deified: Wilhelm Ostwald's Energeticist World-View and the History of Scientism". *Annals of Science* 49, nº6 (1992): 525-44.
- Hapke, Thomas. "Wilhelm Ostwald, the "Brücke" (Bridge), and connections to other bibliographic activities at the beginning of the twentieth century." Proceedings of the 1998 Conference on the History and Heritage of Science Information Systems. Melford: American Society for Information Science and the Chemical Heritage Foundation, 1999.
- _____. Kombinatorik als Element wissenschaftlichen Arbeitens bei Wilhelm Ostwald, 2. Palestra da conferencia organizada pela Akademie der Wissenschaften em Leipzig e o Institut für Philosophie der Universität Leipzig em Novembro 2008 / ed. Pirmin Stekeler-Weithofer. Leipzig: Hirzel, 2011. (Abhandlungen der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Philologisch-historische Klasse, Band 82, Heft 1, 2011), S. 212-248.

- _____. "Wilhelm Ostwald's Combinatorics as a Link between Information and Form". *Library Trends* 61, nº 2 (2012): 286-303.
- Harman. *Energy, Force and Matter: The Conceptual Development of Nineteenth-Century Physics*. Cambridge: Cambridge University Press, 1982.
- Helm, Georg. *The Historical Development of Energetics*. Springer-Science+Business Media, B.V. 2000.
- Holt, Niles R. "A Note on Wilhelm Ostwald's Energism". *Isis* 61, nº 3 (1970): 386-89.
- _____. "Wilhelm Ostwald's 'The Bridge'". *The British Journal for the History of Science* 10, nº2 (1977): 146-50.
<https://www.cambridge.org/core/journals/british-journal-for-the-history-of-science/article/wilhelm-ostwalds-the-bridge/F9599C888DD74D01ADA6CD122B6AC933>
- Jammer, M. *Conceitos de Força: Estudo Sobre os Fundamentos da Dinâmica*. Rio de Janeiro: Contraponto / Editora PUC-Rio, 2011.
- Keppe, N. R. *A Teologia da Física*. São Paulo: Proton, 2017.
- Krips, H. "Atomism, Poincaré and Planck". *Studies in History and Philosophy of Science Part A* 17, nº1 (1986): 43-63.
- Lange, Friedrich Albert. *The History of Materialism and a Critique of Its Current Significance*. Trad. Mike Davis. Kindle Edition. Publisher not Identified, 2017.
- Leegwater, Arie. "The Development of Wilhelm Ostwald's Chemical Energetics". *Centauros* 29, nº4 (Dez. 2018): 314-37.
- Lenin, V. I. *Materialism and Empirio-Criticism: Critical Comments on a Reactionary Philosophy*. Peking: Foreign Languages Press, 1972.
- Lopes, José Leite. "A Imagem Física Do Mundo: De Parmênides a Einstein". *Estudos Avançados* 5, nº 12 (1991): 91-121.
- Mach, Ernst. *História e Raízes do Princípio de Conservação de Energia*. Rio de Janeiro: Ed UERJ, 2014.
- Macmillan Encyclopedia of Energy*. Encyclopedia.com. "Mayer, Julius Robert (1814-1878)" Acessado em 18 de abril de 2019.

- <<https://www.encyclopedia.com/environment/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/mayer-julius-robert-1814-1878>
- Nascimento, Carlos Arthur Ribeiro Do. *De Tomás De Aquino a Galileu*. Campinas: Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Unicamp, 1995.
- Neuber, Matthias. "Uneasy Allies: Ostwald, Helm, Mach and their Philosophies of Science" In: Görs, Britta; Nikolaos Psarros & Paul Ziche. *Wilhelm Ostwald at the Crossroads between Chemistry, Philosophy and Media Culture*. Leipziger : Universitätsverlag, 2005.
- Nys, D. "L'Energétique et la Théorie Scolastique (Suite et fin)". *Revue Néoscholastique de Philosophie* 19 (1912) : 5-41.
- _____. "L'Énergétique et la Théorie Scolastique". *Revue Néoscholastique de Philosophie* 18 (1911): 341-365.
- Olesko, Kathryn Mary. "The Emergence of Theoretical Physics in Germany: Franz Neumann & the Königsberg School of Physics, 1830-1890." Tese de Doutorado, Universidade de Cornell, 1981.
- Ostwald, W. *Wilhelm Ostwald The Autobiography*. Jack, Robert Smail & Fritz Scholz, eds. Springer International Publishing, 2018.
- _____. *Natural Philosophy*. Kindle Edition. New York: Henry Holt and Company, 2012.
- _____. *Die Pyramide der Wissenschaften: eine Einführung in wissenschaftliches denken und arbeiten*. Stuttgart und Berlin: J.G. Cotta'sche Buchhandlung Nachfolger, 1929.
- _____. "The System of the Sciences" In: *The Book of the Opening of the Rice Institute*. Vol. 3. Houston, TX: Rice Institute, 1912.
- _____. *Die Forderung des Tages*. Leipzig. Akademische Verlagsgesellschaft. b. H. 1910. Nachdruck verboten. – Alle Rechte vorbehalten, by Theod Thomas, Leipzig. Leipzig: Druck von Hallberg & Büchting, 1911.
- _____. *Die Mühle des Lebens: Physikalisch-chemische Grundlagen der Lebensvorgänge*. Leipzig: Theodor Thomas Verlag, 1911.
- _____. *L'Énergie*. Trad. E. Philippi. Paris: Félix Alcan Éditeur, 1910.
- _____. *L'Évolution d'une Science, la Chimie*. Paris : Ernest Flammarion, Éditeur, 1909.

- _____. "Emancipation From Scientific Materialism". *Science Progress* 4, nº 24 (1896): 419-36.
- _____ & Marcell Dufour. *L'Évolution d' une Science: la Chimie*. Paris: Ernest Flammarion, 1914.
- _____ & Kröner, A. *Die Philosophie der Werte*. Leipzig, Verlag: 1913.
- _____ & Thomas Seltzer. *Natural Philosophy*. Trad. Thomas Seltzer. With the Author's Special Revision for the American Edition. London; Rakway: N.J., 1911.
- _____ & M. Dorolle. *Esquisse d'une Philosophie Des Sciences*. Paris: Alcan, 1911.
- _____ & E. Philippi. *L'Énergie*. Paris: Félix Alcan, 1910.
- Planck, Max. "Gegen die neuere Energetik". *Annalen der Physik*. 293, n.1. (1896): 72-78.
- Parkinson, Frank. "Towards a Science of Energetics". Frank Parkinson's website (Neoscience), 11. Acessado em 8 de dezembro de 2018. <<https://www.frankparkinson.co.uk/pdf/neoscience/science-energetics.pdf>>.
- Partenheimer, David. "Henry Adams's Scientific History and German Scientists". *English Language Notes* 27, nº 3 (1990): 44-52.
- Pereira, Letícia dos Santos. "Elementos Para uma Nova Biografia de Wilhelm Ostwald". Tese de Doutorado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, 2019.
- _____. "Considerações Sobre o Energeticismo e a Catálise na Obra de Wilhelm Ostwald". Dissertação de Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências, Universidade Federal da Bahia, 2015.
- _____ & José Luís P. B. Silva. "Uma História do Antiatomismo: Possibilidades para o Ensino de Química." *Quím. nova esc.* 40, nº 1 (fev. 2018): 19-24.
- _____. "As Leis da Energética de Wilhelm Ostwald". *ENEQ XVIII* (jul. 2016): 1. Acessado em 12 de novembro de 2019. <<http://www.eneq2016.ufsc.br/anais/resumos/R0499-1.pdf>>
- Popper, Karl R. *Realism and the Aim of Science*. London; New York: Routledge, 1994.

- Poustilnik. *Aleksandr Bogdanov's Tektology: A Science of Construction*.
<https://bogdanovlibrary.files.wordpress.com/2016/08/bogdanovs-tektology-a-science-of-construction.pdf>
- Reale, Giovanni. *Aristóteles Metafísica – Ensaio Introdutório*, texto grego com tradução e comentário de Giovanni Reale. 3 vols. São Paulo: Loyola, 2011.
- _____ & D. Antiseri. *Historia del Pensamiento Filosófico y Científico: del Romanticismo Hasta Hoy*. Vol. III. Barcelona: Herder, 2016.
- Smith, Crosbie. “The Science of Energy: A Cultural History of Energy Physics”
In *Victorian Britain*. London: Athlone Press, 1998.
- Sommerey, C. M. “Review of: “‘Substanzmonismus’ und/oder ‘Energetik’. Der Briefwechsel von Ernst Haeckel and Wilhelm Ostwald (1910-1918)”. *Ambix* 75, nº1 (2010): 114-115.
- Tran The, J., P. Magistretti & F. Anserment. “The Epistemological Foundations of Freud’s Energetic Model”. *Frontiers in Psychology* 9 (2018).
- Van der Laan, Steven. “The Vortex Theory of Atoms: Pinnacle of Classical Physics”. Dissertação de Mestrado em História e Filosofia da Ciência, Universidade de Utrecht, 2012.
- Waisse, Silvia I. *D&D: Duplo Dilema: Du Bois-Reymond e Driesch, ou a Vitalidade do Vitalismo*. São Paulo: EDUC, 2009.
- Ziche. “Monism and the Unity of Science” In: Görs, Britta; Nikolaos Psarros & Paul Ziche. *Wilhelm Ostwald at the Crossroads Between Chemistry, Philosophy and Media Culture*. Leipziger: Universitätsverlag, 2005.