

# **O EXPERIMENTO DA RADIAÇÃO DO FRIO DO CONDE RUMFORD (1753-1815)**

ELIADE AMANDA ALVES\*

FUMIKAZU SAITO\*\*

## **INTRODUÇÃO**

Este trabalho faz parte de pesquisa de mestrado que tem por objetivo compreender parte da formulação da teoria do calor pelo filósofo natural Benjamin Thompson, Conde Rumford (1753-1814). Segundo Stephen Goldfarb (1977:26), Thompson ficou conhecido como o mais importante defensor da teoria ondulatória do calor. Seu experimento mais conhecido seria aquele em que as partes metálicas de um canhão eram friccionadas gerando aumento de temperatura em uma porção de água. Para conde Rumford este calor gerado parecia ser infinito, diferentemente da concepção dos adeptos da teoria do calórico.

Por não aceitar integralmente a teoria do calórico, Rumford realizou outros experimentos por meio dos quais buscou estudar o calor, investigando o seu comportamento. Desse modo, este trabalho busca apresentar um desses experimentos, conhecido como “experimento da radiação do frio”, que teve grande importância nos estudos sobre o calor.

## **TEORIA DO CALÓRICO**

Na época em que vivia Rumford, a teoria que explicava o calor era conhecida como teoria do calórico. Segundo esta teoria, o calor era um fluido imponderável, presente em toda a matéria, capaz de penetrar qualquer substância. A matéria então era compreendida como um aglomerado de partículas que se atraíam mutuamente e se repeliam devido a presença do calórico. Assim, diversos fenômenos físicos eram explicados por meio da interação resultante da entre essas partículas e o fluido do calor (BROWN, 1950: 367).

Podemos dizer que fenômenos, como a expansão térmica, por exemplo, obtinham explicação plausível dentro dessa teoria. De fato, compreendia-se que a presença do calórico num corpo aumentava a distância entre suas partículas, o que era

---

\* PUC-SP. Mestranda em História da Ciência- CAPES.

\*\* PUC-SP. Doutor em História da Ciência.

perceptível devido ao aumento de seu volume (BROWN, 1950: 367).

Podemos dizer que, naquela época, a teoria do calórico era bem sucedida, visto que, além de servir de base para outras ideias da física, como o modelo atômico de Dalton, também solucionava questões teóricas e práticas relacionadas ao estudo do calor. Entretanto, nem todos os homens de ciência daquela época compartilhavam dessa teoria, notadamente Rumford. Diferentemente de outros estudiosos da natureza, tal como o francês Marc-Auguste Pictet (1752-1825), Rumford concebia o calor como resultado do movimento.

Os diversos estudos sobre os trabalhos de Rumford, entre os quais do mais importante biógrafo de Rumford, Sanborn Brown, costumeiramente focam suas pesquisas quase que exclusivamente em sua teoria do calor e, mais especialmente, no famoso experimento do canhão. Isso, provavelmente, se deve ao fato de que Rumford ganhara certa reputação como filósofo natural na década de 1840, com o advento da teoria cinética dos gases, elaborada por James Prescott Joule (1818-1889) (GOLDFARB, 1977: 26).

O experimento do canhão consistia em friccionar partes metálicas de canhões de modo a aquecer certa quantidade de água com o calor produzido pela fricção. Como já mencionamos anteriormente, naquela época, estudiosos da natureza assumiam a ideia de calor como um fluido imponderável, presente em toda a matéria. Este fluido, portanto, se conformaria ao volume do corpo em que estivesse contido. Além disso, pelo fato de todo corpo ser finito em suas dimensões, o calórico não poderia ser infinito. Ao realizar o experimento do canhão, Rumford observou que o calor produzido pelo atrito entre partes metálicas parecia não ser finito, pois era possível elevar a temperatura de certa quantidade de água até seu ponto de ebulição por horas (THOMPSON, 1798: 81-82). A partir desses resultados Rumford concluiu que o calor não poderia ser um fluido, pois se assim fosse, a realização desse experimento teria sido impossível. Em outros termos, de acordo com a teoria do calórico, o calórico deveria ocupar aquele volume limitado ao corpo que ocupava de modo que, logo depois de algumas horas, não deveria mais ser possível a produção de calor e o consequente aumento de temperatura, visto que o calórico era limitado.

Ao notar a possibilidade de que o calor, portanto, pudesse não ser um fluido, Rumford passou a levantar algumas hipóteses. Uma delas afirmava que o calor deveria ser o movimento do éter estimulado pela vibração das partículas dos corpos (GOLDFARB, 1977: 29).

Rumford encontrou inúmeras dificuldades para fazer com que essa ideia fosse aceita. Apesar de ter procurado fundamentá-la experimentalmente, ele não obteve sucesso em sua empreitada. Isso porque a teoria do calor como matéria explicava de forma coerente diversos fenômenos físicos como a dilatação térmica e a mudança de estado da matéria. Além disso, alguns defensores da teoria do calórico, tais como J. B. Emmett, explicavam o experimento do canhão baseando-se na ideia de que a concentração do fluido calórico em metais era imensamente maior do que em outros materiais de modo que quando as suas partes metálicas entravam em contato umas com as outras a emissão de calórico era diminuída. Ou seja, a compressão do metal sobre o calórico evitava a emissão do fluido (BROWN, 1950: 371).

Desse modo, tendo isso em vista, ou seja, que apenas o experimento do canhão e suas conjecturas não seriam suficientes, Rumford procurou realizar outros experimentos, entre os quais “O experimento da radiação do frio”.

### **EXPERIMENTO DA RADIAÇÃO DO FRIO**

Esse experimento tinha como propósito principal investigar a natureza do calor através da análise da aparente radiação do frio. Pois, segundo Rumford, tanto o calor, como o frio, tinham naturezas semelhantes, mas opostos um ao outro (CHANG, 2002: 135)

Esse experimento consistiu em submeter uma fonte fria, neve ou gelo, à presença de dois espelhos côncavos de modo a observar o caminho percorrido pelos aparentes feixes de radiação frios emitidos pela fonte.

Convém observar que esse experimento não era original. Ele tinha sido realizado pela primeira vez por Marc-August Pictet (1752-1825) e publicado em seu trabalho *An Essay on Fire* de 1790.

Pictet era um filósofo natural francês e amigo de Rumford. Ele era um grande defensor da teoria do calórico, como a maioria dos franceses de sua época, e desenvolveu experimentos que buscavam mostrar o caráter radiante do calor material.

Após ler o trabalho de Pictet, Rumford decidiu realizar o mesmo experimento a fim de investigar a radiação do frio. O seu entusiasmo a respeito desse experimento era tão grande que ele veio a realizar uma série de experimentos que investigavam a natureza da radiação frigorífica.

Os resultados finais obtidos por Rumford por meio desse experimento foram publicados em 1804 na *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* em

um artigo intitulado “An Inquiry Concerning the Nature of Heat, and the Mode of its Communication” (THOMPSON, 1804). Nesse trabalho, Rumford descreve seu experimento de forma detalhada, discutindo e expondo seu posicionamento quanto à teoria que explicava a propagação do frio e de seu comportamento semelhantemente à luz.

Rumford, assim como muitos estudiosos da natureza, conhecia as propriedades físicas dos espelhos esféricos quando esses eram submetidos a fontes luminosas. Ele sabia que ao incidirem feixes de luz em espelhos esféricos, estes percorreriam caminhos determinados por sua posição em relação à superfície do mesmo.

Assim, os raios oriundos das fontes posicionadas no foco de um dos espelhos, ao incidirem na superfície espelhada, refletiam raios paralelos que, ao encontrar o segundo espelho esférico, refletiam-se nele convergindo para o foco desse segundo espelho.

Para realizar o experimento, Rumford utilizou espelhos esféricos côncavos, feitos de metal polido, com distância focal de 45,7cm. Os espelhos foram posicionados a uma distância de 3m entre si em uma grande sala (THOMPSON, 1804).

Inspirado por Pictet, Rumford realizou o experimento inserindo fontes quentes e frias nos focos dos espelhos. Assim, com os dois espelhos posicionados, um de frente ao outro, Rumford posicionou a fonte quente no foco de um dos espelhos e, um termômetro, no foco do segundo. Com essa disposição ele notou imediatamente que a temperatura do termômetro sofria um acréscimo.

Podemos dizer que a ideia proposta por Rumford assumia que o calor se propagava de modo semelhante à luz. Na interpretação de Rumford, a fonte quente presente no foco do espelho emitia uma radiação calórica em todas as direções. Parte dessa radiação incidia no espelho, e seguindo as propriedades ópticas relacionadas a esses tipos de espelhos, era refletida paralela ao eixo. Esses feixes de radiação, por sua vez, direcionavam-se até o segundo espelho incidindo-se em direção ao foco, onde estava localizado o termômetro, elevando, assim, a temperatura indicada pelo mesmo. Assim, a explicação do fenômeno era simples: o feixe de radiação oriundo da fonte quente chegaria até o termômetro passando pelos dois espelhos seguindo as leis da óptica geométrica.

Cabe observar que esse experimento, em que o calor era radiado pelos espelhos esféricos, já era conhecido desde a época dos gregos (EVANS, 1985: 738). Entretanto, a grande novidade dele estava na ideia de introduzir em um dos focos dos espelhos uma fonte fria, tal como o fizera Pictet em seu experimento.

Tomando muito cuidado e avaliando todas as possíveis propriedades dos espelhos, Rumford realizou o mesmo experimento de seu amigo francês. Após montado o aparato, Rumford introduziu uma fonte fria num dos focos de um dos espelhos, e notou a diminuição da temperatura indicada pelo termômetro.

Na interpretação de Rumford, os feixes frigoríficos emitidos pela fonte teriam saído do foco de um dos espelhos e incidido em outro espelho. Ao incidir no segundo espelho, esses feixes se reuniram no foco do segundo espelho, onde ainda se encontrava o termômetro, que sofrendo ação dos feixes frios, indicariam a diminuição da temperatura.

Nesse experimento, a temperatura do termômetro diminuía de forma a agradar muito a Rumford. Logo ele concluía que o calor e o frio teriam naturezas semelhantes e qualquer descoberta feita na investigação da natureza de um poderia ser estendida ao outro. Desse modo, baseando-se nesses resultados, Rumford buscou reforçar suas ideias, ou seja, que o calor (com isso também o frio) teria propriedades imateriais de propagação, semelhantes à luz, já que submetido às mesmas condições, se comportava da mesma maneira (CHANG, 2002: 144).

Rumford declarou, assim, sua insatisfação com as tentativas de explicação do fenômeno que surgiram na época baseadas “na suposição de que o calórico tem uma existência real ou material e que o calor radiante é essa substância, emitido e enviado em linhas retas, em todas as direções, das superfícies de água quente corpos.” (THOMPSON, 1804: 171)

Mas Rumford observa em seu texto que a realização desse único experimento ainda não era capaz de comprovar suas ideias de forma absoluta. Desse modo, ele deu início a uma série de muitos outros experimentos que tinham como o propósito investigar a natureza do frio. De acordo com Rumford:

*“Como o ponto em discussão parece ser de grande importância para a ciência do calor, me esforçarei para examiná-lo com toda a atenção possível, e submeter a hipótese em questão ao teste, e observar se ela estará de acordo com os resultados de alguns dos experimentos anteriores (...).”* (RUMFORD, 1804:171).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estamos acostumados a pensar que o experimento tem papel decisivo no empreendimento científico. De fato, ele tem. Porém, como mostra a investigação de Rumford, o experimento da aparente radiação do frio em espelhos esféricos côncavos, não comprovava e decidia de vez se a teoria do calórico era ou não verdadeira. Isso é notório quando Rumford observa que é necessário acrescentar a sua pesquisa novas hipóteses que posteriormente viriam a orientá-lo na elaboração de sua próxima empreitada experimental. Ou seja, um só experimento não foi suficiente para que Rumford conseguisse ter suas ideias aceitas. Podemos dizer que as ideias formuladas por Rumford confrontavam diretamente a teoria vigente, o calórico. Porém, seria ainda necessário um extenso trabalho, que foi realizado por ele e outros diversos experimentadores, que considerasse outras inúmeras hipóteses e experimentos para que a ideia de calor como resultado do movimento fosse aceita.

Assim, analisar o trabalho de Rumford enriquece nossa compreensão dos diversos papéis de um experimento no processo da elaboração de uma teoria e de como, nesse processo, no caso dos estudos de calor de Rumford, ambos não possuíam papéis bem definidos. Enquanto para os defensores do calórico, a explicação para o fenômeno observado já estava pronta e o experimento em questão só a vinha fortalecer sua teoria, para Rumford o mesmo experimento tinha a função de gerar razões para se questionar essa mesma teoria.

## BIBLIOGRAFIA

- BROWN, Sanborn C. The Caloric Theory of the Heat. **American Journal of Physics**, v. 18, n. 7, p. 367-373, 1950.
- BRUSH, Stephen G. The wave theory of heat: a forgotten stage in transition from the caloric theory to thermodynamics. **The British Journal for the History of Science**, London, v. 5, n. 23, p.145-167, 1970.
- CHANG, Hasok. Rumford and Reflection of the Radiant Cold: Historical Reflections and Metaphysical Reflexes. **Physics in Perspective**, v. 4, p. 127-169, 2002.
- EVANS, James. Pictet's experiment: The apparent radiation and reflection of cold. **Am. J. Phys**, v. 53, n. 17, p. 737-753, 1985.
- GILLISPIE, C. C., org. **Dictionary of Scientific Biography**. New York: Charles Scribner's and son, 1981.

GOLDFARB, Stephen J. Rumford's Theory of Heat: A Reassessment. **British Journal of History of Science**, London, v. 10, n. 13, p. 25-36, 1977.

PICTET, Marc-Auguste. **An Essay on Fire**. Trad. W. Belcombe. London: E. Jeffery, 1791.

THOMPSON, Benjamin. An Inquiry concerning the Weight ascribed to Heat. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, p. 179-194, 1798.

\_\_\_\_\_. An Inquiry Concerning the Nature of Heat, and the Mode of its Communication. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London**, London, p.77- 182, 1804.