

O estudo da Termodinâmica em sala de aula: uma perspectiva crítica a partir da História da Ciência

Maria Lucia de Camargo Linhares

Gilson Leandro Queluz

Resumo

A inserção de elementos da História da Ciência, nas aulas de termodinâmica do ensino médio, pode colaborar para uma visão mais crítica sobre o processo de construção do conhecimento científico? Para responder esta questão, foram realizadas ações que possibilitassem esse tipo de discussão em turmas do segundo ano do ensino médio. Dessa maneira, em um primeiro momento, houve a realização de um grupo de estudos junto a dois professores do ensino médio para analisar e discutir referenciais bibliográficos de autores como Anson Rabinbach e Thomas Kuhn, a fim de ajudar a compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, bem como os temas escolhidos sobre História da Ciência. Além disso, foram debatidas as diversas possibilidades de realizar atividades e aulas sobre estes temas. No segundo momento, foram criados materiais e elaboradas estratégias de aula para a aplicação de atividades envolvendo a História da Ciência em dois colégios, um estadual e outro privado. As informações coletadas foram registradas em um diário de campo que, juntamente com os trabalhos dos alunos, foram analisadas, proporcionando resultados favoráveis ao uso destes elementos. Assim, alguns resultados demonstraram que atividades isoladas podem contribuir para uma formação mais ampla, porém também evidencia que, idealmente, o uso da História da Ciência precisa ser um processo contínuo.

Palavras-chave: História da Ciência; Ensino de Física; Termodinâmica.

Abstract

The inclusion of elements of the history of science, in thermodynamics classes in high school, can contribute to a more critical view of the construction process of scientific knowledge? To answer this question, actions were conducted, at first, the creation of a study group, with two high school teachers, to allow the discussion of bibliographic references of authors like Anson Rabinbach e Thomas Kuhn, that would help to understand the relationship between science, technology and society, as well as the topics chosen on history of science. In addition, the group could discuss the various possibilities to perform activities and classes on these topics. In the second moment was possible to create materials and prepare lessons strategies for the implementation of activities involving the history of science in one public high school and one private high school. The most relevant information collected with these lessons were recorded in a field diary which together with the homework submitted by the students, were analyzed, providing results favorable to the use of elements of the history of science. So, if the results of our research shows that isolated activities can contribute to a broader teacher education, they also demonstrate that ideally the application of elements of the history of science in physics classes has to be a continuous process.

Keywords: History of Science; Physics Teaching; Thermodynamics.

INTRODUÇÃO

A ciência, muitas vezes, é apresentada como um conhecimento pronto e acabado; e, portanto, considerado verdadeiro. A sociedade incorpora e reproduz discursos como esse a partir do que é ensinado nas escolas sobre o conhecimento científico. A imagem social do cientista, neste contexto, também sofre uma mudança, pois passa a ser visto como alguém que, na sua produção

científica, é pouco influenciado por seus sentimentos, emoções, interesses e por sua cultura. Mas, na realidade, a ciência se trata de uma prática social, ou seja, um conhecimento feito por indivíduos que pertencem a uma cultura, que possuem interesses e que buscam parcerias para desenvolver mais conhecimento científico.

Desse modo, o sociólogo Pablo Kreimer, que realizou estudos com o objetivo de compreender o papel do conhecimento científico na sociedade, seus usos, dimensões sociais, parcerias internacionais e políticas e as instituições que o regulam, comenta que:

Hay que dejar de lado esa ciencia hecha y observar, investigar, analizar, interpretar la “ciencia mientras se hace”, porque es allí donde se pueden encontrar las raíces de lo que luego será presentado como verdad al resto de la sociedad.¹

Porém, esta tarefa não é fácil, uma vez que a sociedade possui concepções que estão muito mais relacionadas ao determinismo científico do que a uma construção social. Isso implica em uma ciência concebida com base na verdade, com um desenvolvimento linear, ininterrupto e acumulativo, “eliminando de sua história as discussões e as polêmicas, ocultando as reconstruções e as revoluções”².

Para tanto, é defendido o uso de uma imagem da ciência que, dialogando com os estudos CTS, possa favorecer uma mudança de perspectiva para professores e alunos, propiciando que o ensino de ciências e de tecnologia seja capaz de mostrar seus processos sociais e evolutivos, além de ser focado em situações vividas pelos estudantes em seus contextos cotidianos, deixando de evidenciar conteúdos distantes e fragmentados, baseados em conhecimentos científicos, supostamente neutros e autônomos.³

Autores como Charbel El-Hani colocam o professor como uma variável importante na constituição do pensamento científico do aluno.⁴ Ou seja, mostram que se o professor possui uma visão determinista da ciência, os alunos também a possuirão. Porém, como os professores também são parte da sociedade, é natural que partilhem das mesmas concepções que foram constituídas socialmente ao longo de muitas décadas. Nesse sentido, também pode ser difícil, para o docente, se desvincular de um conhecimento enraizado e compreender os processos de construção do conhecimento científico.

¹ Pablo Kreimer, *El Científico También es un Ser Humano* (Buenos Aires: Siglo Veintiuno Editores, 2009), 29.

² Paolo Rossi, *Las Arañas y las Hormigas: Una Apología de la Historia de la Ciencia* (Barcelona: Editorial Crítica, 1990), 156

³ Irlan Von Linsingen, “Perspectiva Educacional CTS: Aspectos de um Campo em Consolidação na América Latina,” *Revista Ciência & Ensino* 1, nº especial (2007): 1-19.

⁴ Charbel N. El-Hani, “Notas Sobre o Ensino de História e Filosofia da Ciência na Educação Científica de Nível Superior,” in *Estudo de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicações no Ensino*, org. Cibelle Celestino Silva, 3-21 (São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006).

Dessa maneira, é importante pensar em um ensino de Física, tanto na graduação quanto no ensino médio, capaz de discutir as questões referentes à sociologia interna da ciência, e os conceitos relacionados à neutralidade e autonomia⁵, e tecnologia, por acreditar que isso colabora com uma percepção mais humana do trabalho científico.

Portanto, haverá a possibilidade de trazer para os alunos uma formação com maior inserção social no sentido de torná-los aptos a participar dos processos de tomadas de decisão conscientes e negociadas em assuntos que envolvam ciência e tecnologia.⁶

Ao levar a História da Ciência para as aulas de Física, é possível discutir diferentes aspectos históricos e sociais ligados àquele conceito ou ao conteúdo, proporcionando um entendimento mais amplo e com mais significados. Um exemplo pode ser em relação ao desenvolvimento da termodinâmica que está diretamente relacionado com acontecimentos sociais, culturais, políticos e econômicos dos séculos XVIII e XIX.

Neste sentido, são importantes os estudos realizados sobre o desenvolvimento dos conhecimentos termodinâmicos por alguns historiadores da ciência e epistemólogos, como Thomas Kuhn, que fez investigações sobre os cientistas que estudavam a conservação da energia e percebeu que a maioria deles chegou a conclusões muito próximas sobre esse princípio. Chamou esse fenômeno de *Descoberta Simultânea*, porém essas descobertas eram, basicamente, a emergência rápida e desordenada de elementos experimentais e conceituais a partir dos quais a teoria iria se constituir. Dessa maneira, questiona:

Por que razão, nos anos 1830-50, tantos experimentos e conceitos exigidos para uma afirmação completa da conservação da energia se encontraram tão perto da superfície da consciência científica?⁷

Assim, procurou em obras dos pioneiros e dos seus contemporâneos alguns detalhes que respondessem a tal questão, chegando a três fatores principais: a descoberta dos processos de conversão, a partir da invenção da bateria por Volta, que proporcionou a muitos cientistas elaborarem em seus laboratórios os mais diversos tipos de conversões, com fenômenos químicos, elétricos, térmicos, magnéticos e até mesmo óticos; a preocupação com o funcionamento e aperfeiçoamento dos motores, principalmente em relação ao trabalho e a análise das máquinas em movimentos; a filosofia da natureza (*Naturphilosophie*), que colocava o organismo como a metáfora fundamental da sua

⁵ Kreimer, *El Científico*.

⁶ Von Linsingen, "Perspectiva Educacional CTS."

⁷ Thomas Kuhn, *A Tensão Essencial* (Lisboa: Edições 70, 1989), 107.

ciência universal, procurando constantemente um princípio unificador para todos os fenômenos naturais.

Isso não quer dizer que esses fatores expliquem as descobertas individuais ou coletivas da conservação da energia. Muitas descobertas e conceitos antigos foram essenciais para o trabalho de todos os pioneiros [...]. Mas os três fatores acima discutidos podem ainda fornecer a constelação fundamental, dada a questão pela qual começamos.⁸

Dessa forma, estudos mais aprofundados dessas influências são importantes para entender os aspectos sociais e culturais desse conceito. Além disso, é preciso saber quais os impactos que os estudos da termodinâmica tiveram na sociedade do século XIX. Para isso, Anson Rabinbach⁹ explica a metáfora do Motor Humano, originada do conceito de transformação da energia que trazia consigo a noção do corpo humano como uma máquina que transformava energia em trabalho mecânico. A partir dessa metáfora, e dos fundamentos do materialismo social, a natureza, a indústria e as atividades humanas foram unificadas em um único conceito denominado potencial de trabalho, que tentava, a partir de uma explicação científica, expandir as energias do trabalho realizado pelo homem.

A partir deste conceito, uma parcela da sociedade teve a ideia de que o corpo, assim como a máquina, poderia ter a sua fadiga¹⁰ superada, ou seja, seria possível eliminar a resistência dos homens ao trabalho, proporcionando um maior progresso para as indústrias. Assim, muitas utopias sociais e ideologias políticas, como o Fascismo, Taylorismo e Bolchevismo, foram aparecendo. Cada uma delas possuía como um dos seus fundamentos a concepção do corpo humano como um instrumento político e uma força produtiva, cujas energias, a partir de técnicas, poderiam ser integradas a sistemas organizacionais.

Por fim, o argumento central do estudo feito no livro de Rabinbach é o produtivismo moderno, que teve início no século XIX com a revolução conceitual, trazida pelas descobertas científicas principalmente no ramo da termodinâmica. No século XIX, existiam então duas preocupações: a

⁸ Ibid., 141.

⁹ Anson Rabinbach, *The Human Motor: Energy, Fatigue and The Origins of Modernity* (California: University of California Press, 1992).

¹⁰ A fadiga, de forma geral, é explicada como sendo o estado de desgaste que segue um período de esforço, mental ou físico, caracterizado por uma diminuição da capacidade de trabalhar e redução da eficiência para responder a um estímulo (Dálete D. C. de F. Mota, Diná A. L. M. Cruz, & Cibele A. M. Pimenta, "Fadiga: Uma Análise do Conceito," *Revista Acta Paulista de Enfermagem* 18, nº 3 (2005): 285-293). Porém, o que o autor Rabinbach mostra em seu livro, são as concepções oriundas da Revolução Industrial e resignificadas no final do século XIX e início do XX, onde o produtivismo era considerado base para o desenvolvimento social e econômico. Dessa forma, o autor discute a visão hegemônica do período, da fadiga humana como um mal que predispõe o trabalhador à diminuição da produtividade, atrapalhando o crescimento econômico da sociedade europeia.

produtividade do trabalho humano, com o conceito de transformação de energia, e as previsões apocalípticas sobre o fim do mundo, geradas a partir do conceito de entropia.

Ainda nesse contexto, são importantes os estudos realizados por Nóbrega¹¹, que mostram outros aspectos do desenvolvimento histórico da termodinâmica e verificam as influências causadas pelo contexto social e por outros pensadores nos estudos de alguns cientistas. Nóbrega exemplifica este processo com a análise da evolução do pensamento de William Thomson e as influências exercidas por ele nas pesquisas de outros cientistas, especialmente no trabalho de Clausius.

Portanto, o que se pretende com este trabalho é compreender de que forma o estudo das principais vertentes sociais e epistemológicas de pensamento, que dialogaram nos processos de construção dos conceitos termodinâmicos nos séculos XVIII e XIX, pode auxiliar o aluno do ensino médio na construção de uma visão mais crítica do processo de constituição do conhecimento científico.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Primeiro, com a realização de um grupo de estudos com alguns professores do segundo ano do ensino médio, cuja finalidade foi debater assuntos referentes à História da Ciência e ao ensino da termodinâmica. Nesta parte, foram analisados textos que trouxeram discussões sobre a Fadiga e a Entropia, além de debates sobre as possibilidades de realizar atividades sobre esses temas em sala de aula.

A segunda etapa diz respeito ao desenvolvimento das atividades pelos professores, propostas no grupo de estudos, com os alunos em sala de aula. Cada professor ministrou quatro aulas que envolviam os conceitos teóricos de termodinâmica e a história do seu desenvolvimento. Neste momento, um texto foi analisado pelos alunos para proporcionar discussões envolvendo a história da termodinâmica e as percepções sobre o corpo humano e o trabalho; ao término da atividade, propôs-se a entrega de uma resenha. Ao final dessa etapa, os alunos apresentaram, em grupos, sínteses das aulas e discussões que acompanharam, fazendo uma união da história da termodinâmica com os conceitos físicos. A partir dessas etapas, procurou-se entender as percepções dos estudantes e professores a respeito do conhecimento científico e de seu desenvolvimento histórico.

Para a coleta de dados, o principal instrumento foi o diário de campo, utilizado tanto no grupo de estudos como nas atividades realizadas em sala. Porém, outros materiais que contribuiram muito com a coleta foram os trabalhos entregues pelos alunos aos professores. Estes trabalhos evidenciaram algumas percepções dos alunos que não estiveram, necessariamente, em suas falas durante as discussões e apresentações em sala.

¹¹ Mayane L. Nóbrega, "Segunda Lei da Termodinâmica: Os Caminhos Percorridos por William Thomson," (dissertação de mestrado, Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana, 2009).

Os trabalhos dos alunos foram analisados buscando as principais ideias e conceitos levantados por eles. Além disso, durante as atividades, os professores puderam problematizar questões que mereciam um pouco mais de atenção, sendo necessário um breve questionamento ao final das atividades ou no momento destinado ao grupo de estudos.

Para análise de dados, optou-se por utilizar a análise de conteúdo¹², partindo dos procedimentos de organização e codificação. Ou seja, os dados foram inicialmente analisados de forma a sistematizar as ideias e os pensamentos presentes nas falas dos alunos e professores e, posteriormente, codificados, o que possibilitou elaborar uma descrição crítica das características dos conteúdos.

Na descrição dos dados obtidos, foram utilizados nomes fictícios para os dois professores participantes a fim de preservar suas imagens. Optou-se, também, por não utilizar o nome das escolas em que as atividades foram realizadas, tratando apenas da localidade e de suas características.

RESULTADO E DISCUSSÕES

O grupo de estudos foi realizado com dois professores de Física, que ainda cursando a graduação de licenciatura, já lecionavam no ensino médio. A professora Juliana estava no último período da graduação e lecionava como professora efetiva em um colégio particular. Já o professor Paulo estava no sexto período da graduação e lecionava, no regime PSS (Processo Seletivo Simplificado), em um colégio estadual na região de Curitiba. Os encontros aconteceram em quatro etapas e possuíram duração média de 40 minutos.

O grupo foi criado como um espaço de debate e de programação para as aulas que seriam realizadas. Foram estudados alguns textos fundamentais para as aulas sobre história da termodinâmica, como o capítulo quatro do livro *A Tensão Essencial*, de Thomas Kuhn, denominado “A conservação da energia como um exemplo de descoberta simultânea” e os capítulos retirados do livro *The Human Motor: Energy, Fatigue and the Origins of Modernity*, de Anson Rabinbach. Deste livro, foram utilizados, além da introdução, o capítulo dois (Transcendental Materialism: The Primacy of Arbeitskraft (Labor Power)) e o capítulo seis (Mental Fatigue, Neurasthenia, and Civilization). Estes textos trazem o contexto social, cultural, político e econômico do desenvolvimento da termodinâmica. Na última reunião do grupo de estudos, os professores, juntamente com os pesquisadores envolvidos no trabalho, criaram um texto denominado *O Potencial de Trabalho*, para que os alunos lessem, produzissem uma resenha e que provocasse discussões em sala de aula. Este texto foi um resumo simplificado sobre os capítulos estudados nas reuniões do grupo de estudos.

¹² Laurence Bardin, *Análise de Conteúdo* (Lisboa: Edições 70, 1977).

Após o fim das reuniões do grupo de estudos, foram iniciadas as aulas de cada um dos professores. As aulas da professora Juliana foram realizadas em uma turma do segundo ano do Ensino Médio, composta por oito meninas e sete meninos, em um colégio privado na cidade de Campina Grande do Sul, região metropolitana de Curitiba, com duração total de quatro horas-aula. As aulas do professor Paulo foram realizadas em duas turmas (A e B) do quarto ano do magistério, em um colégio estadual, na cidade de Curitiba. A turma A era composta por 16 meninas e a turma B por 12 meninas. Essas aulas tiveram duração de quatro horas-aula em cada turma.

As aulas da professora Juliana foram divididas em três partes. Na primeira, foi feita uma discussão a respeito do desenvolvimento da termodinâmica e das questões relacionadas à sociedade europeia dos séculos XVIII e XIX. Na segunda e terceira aulas, foram apresentados os conteúdos termodinâmicos, segundo a Física, com as equações e definições necessárias. Na quarta aula, foram realizadas apresentações pelos alunos sobre o texto *O Potencial de Trabalho* e sobre as aulas de termodinâmica ministradas pela professora. Nessas apresentações, que duraram em média dez minutos, os alunos, em grupos, procuravam mostrar uma conclusão geral sobre tudo o que foi visto sobre termodinâmica, nas aulas e nos trabalhos, relacionando a história da ciência com os conceitos físicos.

A última aula de cada professor também era o prazo limite para que os alunos entregassem a resenha sobre o texto *O Potencial de Trabalho*. Dos 15 alunos da professora Juliana, apenas quatro entregaram a resenha e outros seis entregaram um resumo (esquema) que continha os tópicos da apresentação que fizeram. Todas as resenhas possuíam características em comum em relação a sua construção, pois a professora orientou alguns alunos a fazer um resumo com uma conclusão crítica ao final.

Nas apresentações, os alunos foram capazes de sintetizar o que foi tratado durante as aulas e os principais tópicos do texto *O Potencial de Trabalho*. A maioria dos grupos conseguiu traçar um paralelo entre o desenvolvimento social e científico na Revolução Industrial bem como comparar a metáfora do corpo dos operários, como uma máquina térmica, com o conceito da conservação da energia, desenvolvido na primeira lei da termodinâmica. Da mesma maneira, conseguiram mostrar os problemas sociais que envolviam a fadiga e a explicação científica para esse mal, advindo da entropia.

Esses pontos são exemplificados na apresentação de um dos grupos que conseguiu relacionar os conceitos, mostrando que o corpo era visto como uma máquina capaz de transformar a energia em trabalho nas indústrias, da mesma forma como é visto na primeira lei da termodinâmica; porém, quando o corpo se cansa, perde sua energia através da fadiga, que estaria ligada à segunda lei da termodinâmica. O grupo finalizou com a apresentação das condições de trabalho dos operários, ligadas fortemente às relações econômicas e capitalistas existentes nos séculos XVIII e XIX. Além

disso, outro grupo comentou que a comparação do corpo humano como uma máquina foi estabelecida a partir das concepções do materialismo científico e, portanto, o corpo deveria trabalhar como qualquer outra máquina. Mas comentaram, também, que após os estudos da entropia e da fadiga o corpo passou a ser visto como algo imperfeito e incapaz de atingir a produtividade esperada. Sendo assim, é percebido que os alunos compreenderam, em sua maioria, o que foi proposto em sala e conseguiram fazer a ligação, sempre existente, entre a história e os desenvolvimentos científico, cultural e social.

De maneira geral, analisando as quatro resenhas, é possível perceber um distanciamento grande entre o que foi apresentado pelos alunos em sala de aula e o que foi escrito e desenvolvido nas resenhas. Os alunos tiveram dificuldades em sintetizar os tópicos do texto em parágrafos coesos; finalizaram com conclusões muito particulares sobre temas específicos e não apresentaram uma conclusão geral sobre os principais pontos expressos no texto. Além disso, nenhum aluno comentou que o desenvolvimento científico implicou diretamente na sociedade europeia do século XIX, argumento presente tanto no texto proposto quanto nas discussões feitas pela professora em sala de aula. Ninguém escreveu sobre as mudanças que aconteceram nos pensamentos políticos, econômicos e culturais a partir dos estudos sobre a conservação da energia. E, muito menos, sobre as previsões apocalípticas que amedrontavam a sociedade da época, trazidas com o enunciado da segunda lei da termodinâmica. Como é visto, no exemplo abaixo, na conclusão de um aluno:

Achei muito interessante o modo em que Julius Robert Mayer apresentou o modelo da conservação da energia. Dizendo que quando a energia é perdida em uma reação, ela é transformada em uma energia de outro tipo. Assim como na conservação de massa em um sistema completamente fechado a energia permanece a mesma, só que no caso da energia, o sistema também precisa ser isolado termicamente para evitar a perda em forma de calor. Tal princípio está intimamente ligado com a própria definição de energia [...]. Entretanto, os outros tópicos se demonstraram em muitas partes complexos e confusos demais, ao meu ver, dificultando a mim um concreto argumento.¹³

Porém, é interessante ver que o aluno traz comentários apenas sobre as contribuições que Júlio Mayer trouxe para o desenvolvimento da primeira lei da termodinâmica, sem se aprofundar muito sobre o significado de um médico contribuir para o desenvolvimento de uma lei da Física e sem comentar sobre os outros personagens que compunham o mesmo cenário. Existe, ainda, uma incoerência entre o que foi selecionado e apresentado na resenha e o que foi dito na conclusão geral,

¹³ Resenha, Aluno 2, Turma Única.

pois o tópico comentado na conclusão não estava presente na resenha e nem no texto base, que só traz o nome de Júlio Mayer e não o seu trabalho. Além disso, a resenha foi apresentada de forma muito clara e com os tópicos muito bem definidos, mas o aluno mostrou que não compreendeu aqueles tópicos que ele mesmo selecionou.

Já as aulas do professor Paulo foram divididas de forma diferente das aulas da professora Juliana. Ou seja, na primeira aula foi feita uma discussão a respeito do desenvolvimento da termodinâmica e das questões relacionadas à sociedade dos séculos XVIII e XIX. Na segunda aula foram apresentados os conteúdos de termodinâmica, segundo a Física, com as equações e definições necessárias. A terceira e quarta aulas foram destinadas às apresentações finais dos grupos formados pelas alunas. As apresentações deveriam sintetizar os seguintes tópicos propostos pelo professor: comentar o texto *O Potencial de Trabalho*; explicar os conceitos que foram mostrados nas aulas de termodinâmica; falar sobre a pesquisa, solicitada pelo professor, a respeito da Revolução Industrial e das máquinas térmicas; finalizar com a opinião do grupo sobre as aulas com o uso da História da Ciência. Desta forma, como as alunas tinham muitos tópicos para sintetizar, decidiram como uma estratégia de apresentação que cada uma das componentes do grupo se encarregaria de um dos tópicos. Essa decisão tornou as apresentações mais longas e bastante compartimentadas, ficando longe do objetivo principal. Nas turmas do professor Paulo, formadas por vinte e oito alunas, apenas duas entregaram a resenha. Essas resenhas seguiram o mesmo padrão estipulado na turma da professora Juliana, ou seja, fizeram um resumo do texto seguido por uma conclusão crítica.

Assim, a partir das apresentações pelos grupos e as poucas resenhas que foram entregues, é possível perceber que nestas turmas o objetivo geral das atividades foi parcialmente atingido. Nas apresentações, as alunas tinham que comentar sobre tantos tópicos que o trabalho acabou sendo compartimentado, ou seja, em vez de cada aluna ter a oportunidade de apresentar uma conclusão geral sobre as aulas e o texto, ficou mais fácil fazer a divisão de cada tópico entre as integrantes do grupo. Dessa maneira, não foi possível compreender com profundidade o que cada aluna tinha a dizer sobre o que foi feito nessas aulas de Física.

Foi possível verificar nas apresentações uma preocupação maior com os conceitos físicos do que com a história da ciência. Mas, as alunas explicaram, mesmo que rapidamente, o contexto histórico em que se inseriu a termodinâmica, trazendo como principais comentários as condições de trabalho dos operários e o modo capitalista de organização das fábricas. Isso ficou exemplificado na apresentação de um dos grupos em que as alunas começaram explicando os conceitos físicos, como a energia interna de um sistema, a primeira lei da termodinâmica, o calor e sua variação, o trabalho realizado no movimento de um êmbolo, as transformações gasosas e sobre o funcionamento de um calorímetro. Depois de todas essas explicações, dissertaram sobre o contexto em que a termodinâmica

surgiu, falando da Revolução Industrial, assinalando o processo de expansão dos moldes capitalistas tomando espaço no comando das fábricas e dos trabalhadores. Falaram sobre o socialismo de Marx e Engels como forma de apoio aos operários que tinham longas jornadas de trabalho e poucos direitos. E explicaram, por fim, que existia uma preocupação muito maior com o lucro obtido através do trabalho dos operários do que com as condições em que esses trabalhos eram realizados, fazendo uma comparação com o trabalho realizado hoje na China e o padrão capitalista existente.

A maioria dos grupos falou muito superficialmente dos tópicos tratados no texto *O Potencial de Trabalho*, não conseguiram relacionar as leis da termodinâmica com os conceitos principais presentes no texto. Foi o caso de um grupo que trouxe comentários gerais sobre os conceitos físicos, tratados nas aulas de termodinâmica, e complementou a apresentação com o contexto histórico em que a termodinâmica foi pensada, com a citação da Revolução Industrial e da criação das máquinas industriais. O grupo comentou, rapidamente, o texto *O Potencial de Trabalho*, explicaram sobre o trabalho segundo a perspectiva da Física e, posteriormente, sobre a perspectiva mostrada no texto. Explanaram que quando o corpo trabalha, usa a sua energia interna; quando o trabalho é realizado sem descanso, aparece a fadiga que, no século XIX, foi considerada um empecilho para a produtividade europeia. Por fim, fizeram uma comparação com o trabalho daquela época e o trabalho escravo e de exploração que existem hoje.

Este tratamento mais superficial das relações entre os conceitos e o contexto histórico, evidenciado ao longo das apresentações, pode ser melhor compreendido a partir da alegação repetida ao final de todas as apresentações sobre a dificuldade de compreensão do texto base proposto. Esta dificuldade se refletiu diretamente nas resenhas que foram entregues, pois as alunas fizeram comentários superficiais sobre cada tópico; algumas vezes, sem conseguir trazer os conceitos fundamentais.

Contudo, apesar das dificuldades, o que é percebido nas duas resenhas é que as alunas trouxeram discussões importantes para o processo e puderam demonstrar o que foi entendido sobre o texto e sobre as aulas. Na resenha da aluna 1, estavam presentes a maioria dos conceitos esperados, mesmo que sem muitas explicações, porém os comentários foram feitos de forma geral, faltou um aprofundamento sobre os principais tópicos do texto, como é mostrado abaixo:

Das teorias da termodinâmica e da economia política para os ideais de taylorismo e o fordismo do século XIX e do século XX, Rabinbach demonstra como a obsessão utópica com a energia e a fadiga em forma de pensamento social em todo o espectro ideológico.¹⁴

¹⁴ Resenha, Aluno 1, Turma B.

A aluna trouxe em seu comentário apenas uma visão geral do fundamento do texto, mostrando que a fadiga e a conservação da energia eram vistas de maneira utópica no século XIX, e que essa utopia se adentrava como uma ideologia no pensamento social. Com esse conceito, a aluna tentou abranger todo o âmago do texto proposto, demonstrando que a metáfora do corpo como uma máquina era advinda de uma obsessão social para a produtividade e progresso econômico. Além disso, comentou sobre os sistemas taylorista e fordista de administração e produção do trabalho, itens que não são comentados no texto disponibilizado, pois se trata de outra fase do trabalho industrial em que os trabalhadores exerciam apenas uma função, com a total divisão da produção em tarefas simples e repetitivas, para que assim não tivessem tempo perdido e o aumento da produtividade e do lucro fossem efetivados.

Já na resenha da aluna 2, houve uma preocupação em mostrar apenas os tópicos iniciais do texto, deixando de lado toda a discussão sobre a entropia, os cientistas e o processo de descoberta e sobre as implicações sociais do conhecimento científico. Desta forma, a aluna apresentou uma resenha limitada e os seus comentários finais careceram de significados sobre o que foi tratado no texto.

Ao realizar a leitura do texto podemos concluir que o trabalho humano era identificado como máquina, cada dia mais com estudos as pessoas queriam perfeição. Porém, isso é uma coisa que não se pode comparar, pois o homem tem cansaço e a máquina não tem limites. Com o passar dos anos houve uma grande melhora em relação ao trabalho em fábricas. Hoje é o homem que domina e a máquina faz o trabalho.¹⁵

No comentário, a aluna trouxe a percepção de que a máquina tem um potencial de trabalho muito maior do que o do homem e que não era certo fazer esta comparação desigual. Porém, manteve a perspectiva traçada pelo produtivismo e materialismo europeu do século XIX, que enxergava uma máquina ideal, sem entropia e sem limites para a produção. Esta visão está relacionada com a falsa ideia de que a máquina possui uma capacidade imensa, quase infinita, de produção, superando em todas as perspectivas o trabalho realizado pelo homem. Mas é importante salientar que as máquinas também possuem suas limitações, são úteis para a produção em massa e existem para aumentar o limite dessa produção. Mas, sempre existiu o trabalhador para fazer o controle, manutenção e descarte dessas máquinas.

¹⁵ Resenha, Aluno 2, Turma B.

As duas resenhas não possuíam nos comentários discussões do texto, a respeito da implicação do desenvolvimento científico na sociedade europeia do século XIX, das mudanças que aconteceram nos pensamentos políticos, econômicos e culturais a partir dos estudos sobre a conservação da energia. E, por fim, não foram abordadas as consequências sociais da segunda lei da termodinâmica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de História da Ciência em aulas de Física pode ser bastante instigante e reveladora, tanto para os alunos quanto para os professores, porém, é interessante que ela seja feita de forma planejada e consciente, mostrando não apenas os casos isolados do processo de desenvolvimento da ciência, mas principalmente o contexto geral dos fatores sociais, econômicos, políticos, entre outros, que possibilitam tal desenvolvimento. Assim, a formação de um grupo de estudos se mostrou importante no processo de desenvolvimento das aulas e das atividades, uma vez que se tornou um espaço para debater e estudar as principais variáveis presentes no contexto de formação do conhecimento termodinâmico.

Como em qualquer processo de pesquisa, existem alguns obstáculos que servem, muitas vezes, para nos mostrar que cada participante possui uma dinâmica de trabalho e de pensamento já definidas. Ou seja, apesar de termos delimitado assuntos, atividades e número de aulas nas reuniões do grupo de estudos, cada um dos professores trabalhou com suas turmas seguindo convicções e metodologias já pré-estabelecidas em suas práticas docentes. Isso evidencia que o grupo de estudos serve, na realidade, como um apoio ou uma forma de trazer mais elementos de pesquisa para a sala de aula.

É importante levar em consideração a experiência dos professores que, apesar de jovens, não são uma “página em branco”. Eles escolhem e reproduzem as suas vivências desde quando começaram seus estudos na escola até a abordagem que, por prática, acham melhor. Na universidade, são influenciados pelos exemplos, pelas metodologias e pela formação de seus professores. Além disso, suas práticas docentes são constituídas por meio de estágios, programas de incentivo à docência e por vivências nas classes em que lecionam. Cria-se, assim, uma espécie de repertório de como lecionar, que possibilita aos jovens professores julgarem quais métodos funcionam ou não em suas turmas.

Neste sentido, nas realizações das aulas, cada um dos professores escolheu trabalhar sob perspectivas diferentes. Enquanto a professora Juliana trabalhou em cima dos textos estudados e elaborados para a aula, o professor Paulo preferiu trazer outros elementos sobre o contexto da Revolução Industrial, evidenciando mais o modo e a organização do trabalho naquela época, o que

implicou em diferentes abordagens trazidas pelos alunos nas apresentações finais. Ou seja, os alunos do professor Paulo trouxeram mais elementos do contexto social do desenvolvimento da termodinâmica, porém não conseguiram unir esses elementos com o desenvolvimento das leis da termodinâmica. Por outro lado, os alunos da professora Juliana fizeram apresentações mais concisas e com menos elementos de pesquisa, mas conseguiram, em sua maioria, mostrar de que forma os aspectos políticos e econômicos influenciaram e foram influenciados pelos estudos científicos do século XIX.

Dessa maneira, é possível compreender que existe uma ligação direta na ênfase dada pelos professores aos conteúdos selecionados e os discursos que os alunos reproduzem. Assim, torna-se evidente o cuidado que se deve ter, por parte dos professores, durante a preparação das aulas com o uso de História da Ciência para que não evidenciem uma visão determinista da ciência, ou para que não deixem que a História da Ciência pareça apenas uma história mitificada e acabe por aflorar um senso comum sobre o desenvolvimento científico.

Com a apresentação realizada pelos alunos, é perceptível uma nova maneira de enxergar a ciência. Nos discursos apresentados, os alunos mostraram que o desenvolvimento científico é dependente de diversos fatores que, ao mesmo tempo que influenciam no processo de construção do conhecimento científico, também são influenciados por ele. Além disso, compreenderam que a ciência não é neutra e que o seu desenvolvimento não é linear. Dessa forma, as atividades e as aulas realizadas foram importantes para os alunos, pois contribuíram para uma visão mais crítica sobre o desenvolvimento científico.

Os professores declararam um nítido aumento das participações dos alunos nessas aulas com uso da História da Ciência, o que demonstra que o uso desses elementos torna as aulas mais atrativas, pois proporcionam mais debates e discussões, trazem mais dinamismo para a sala de aula e proporcionam uma visão mais crítica dos aspectos relacionados aos desenvolvimentos científico e tecnológico.

É importante compreender que esse trabalho foi realizado durante um período curto do calendário escolar, e que abarcou elementos de apenas um conteúdo da Física. No entanto, apesar dos limites desta experiência, já é perceptível que o uso da História da Ciência, nessas aulas, foi importante para o desenvolvimento dos alunos e dos professores. Dessa maneira, se a História da Ciência for utilizada de forma contínua para contextualizar o desenvolvimento científico e tecnológico e durante todo o período de formação dos alunos, como é objetivado nos documentos oficiais para o ensino, existe a possibilidade deles serem mais críticos e conscientes sobre os processos de formação e de estabelecimento do conhecimento científico e tecnológico.

Sendo assim, é preciso discutir de maneira sistemática, durante a formação de professores, a importância de trabalhar com elementos da história que tragam discussões sobre os contextos social, cultural, político e econômico dos desenvolvimentos científico e tecnológico nas aulas de Física. Esta opção didático-pedagógica possibilitaria que essas discussões fossem também futuramente realizadas nas salas de aulas do ensino médio, proporcionando, potencialmente, uma formação mais crítica aos alunos.

SOBRE OS AUTORES:

Maria Lucia de Camargo Linhares
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Gilson Leandro Queluz
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Artigo recebido em 26 de agosto de 2015
Aceito para publicação em 26 de novembro de 2016