

Uma análise de como a Termodinâmica vem sendo abordada nas publicações recentes de periódicos e eventos nacionais de Ensino de Física

An analysis of how thermodynamics has been discussed in recent publications of national journals and conferences of Physics Teaching

Josemar Alves

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
josemarfis@gmail.com

Dioni Paulo Pastorio

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
dionipastorio@hotmail.com

Ricardo Andreas Sauerwein

Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
r.a.sauer@gmail.com

Resumo

Neste trabalho buscamos analisar as propostas e abordagens de tópicos de Termodinâmica ou Física Térmica em artigos selecionados nos últimos seis anos das edições de dois periódicos de Ensino de Física de circulação nacional e trabalhos apresentados nas edições relativas aos últimos oito anos de dois eventos nacionais de Ensino de Física, os periódicos e eventos serão detalhados nas seções a seguir. Procuramos investigar quais foram as principais estratégias e recursos didáticos utilizados nos trabalhos analisados, assim como, os principais tópicos de Termodinâmica ou Física Térmica explorados nessas publicações. Para análise dos dados levantados utilizamos a Análise Textual Discursiva (ATD), da qual emergiram as cinco seguintes categorias: proposta/relato de atividades para o Nível Médio, proposta/relato de atividade para o Nível Superior, História de Filosofia da Ciência, discussão teórica-conceitual e outra/indefinida, as quais serão caracterizadas ao longo do corrente trabalho.

Palavras chave: Revisão Bibliográfica, Termodinâmica e Física Térmica, Ensino de Física, Material Didático, TIC, Sala de Aula.

Abstract

In this paper we analyze the proposals and approaches topics of Thermodynamics and Thermal Physics in selected articles in the last six years of the publications of two nationally circulated journals of Physics Teaching and papers presented in the last eight years in two national conferences of Physics Teaching, journals and conferences will be detailed in the following sections. We investigated what were the main strategies and teaching resources

used in the paper analyzed, as well as the main topics of Thermodynamics and Thermal Physics exploited in these publications. For analysis of the data we use Discursive Textual Analysis (DTA), which yielded the following five categories: activities proposal/report for the High School class, activity proposal/report for undergraduates class, History and Philosophy of Science, theoretical-discussion and other/indefinite, which will be further characterized over the current article.

Key words: Literature Review, Thermodynamics and Thermal Physics, Physics Teaching, Teaching Materials, ICT, Classroom.

Introdução

Neste trabalho apresentamos o resultado parcial de uma investigação de mestrado que vem sendo conduzida no âmbito do grupo de pesquisa Métodos e Processos de Ensino e Aprendizagem de Ciências (mpEAC) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM). O trabalho de pesquisa desenvolvido nesse grupo prevê a elaboração, implementação e avaliação de propostas didáticas originais, ou seja, um dos objetivos da pesquisa é a elaboração de material didático novo.

A presente pesquisa de mestrado está voltada para o Ensino de Física, mais especificamente a Física Térmica ou Termodinâmica. Além disso, estamos interessados na produção de material didático (na revisão bibliográfica incluiremos relatos de atividades) que estejam direcionados para as práticas de sala de aula, contemplando o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC), em especial os Objetos de Aprendizagens.

Neste contexto, surgiu a necessidade de realizarmos uma revisão de literatura das publicações recentes, relativas ao Ensino de Física, com o objetivo de termos uma melhor compreensão do que vem sendo produzido, em especial a respeito da Termodinâmica e da Física Térmica que é o tema do trabalho em desenvolvimento. Ou seja, a finalidade da presente revisão bibliográfica foi, por meio de uma visão em profundidade da amostra selecionada, localizar o corrente projeto de pesquisa no contexto das publicações nacionais, no sentido de levantar subsídios que auxiliem na elaboração da proposta didática, assim como, na refinação da delimitação do problema de pesquisa.

Materiais de métodos

Dessa forma, com a finalidade de direcionarmos o trabalho de revisão, elaboramos cinco questões guias, as quais são:

- Relativa às publicações nacionais de pesquisa em Ensino de Física revisadas, qual é a percentagem de trabalhos publicados que abordam tópicos de Termodinâmica ou de Física Térmica?
- Quais são as principais abordagens didático-metodológicas empregadas nos trabalhos selecionados?
- Qual é a percentagem dessas publicações que descrevem, analisam ou propõem atividades didáticas?
- Quais são os tópicos/conceitos de Termodinâmica ou Física Térmicos mais abordados nessas publicações?

- Nos trabalhos selecionados, quais são as principais formas que a informática foi empregada para o Ensino de Termodinâmica ou Física Térmica?

A seguir caracterizamos os periódicos e eventos revisados, assim como, o procedimento utilizado na seleção dos artigos que foram analisados. Revisamos dois periódicos de Ensino de Física de circulação nacional, o Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF) e, dois eventos nacionais de Ensino de Física, o Encontro Nacional de Ensino de Física (EPEF) e o Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF).

Periódicos

Como já mencionado, analisamos o CBEF que é uma publicação quadrimestral mantida pela Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), voltada principalmente para cursos de formação de professores de Física. Analisamos ainda, a RBEF que é uma publicação trimestral de acesso livre, da Sociedade Brasileira de Física (SBF), que tem como objetivo melhorar o Ensino de Física em todos os níveis de escolarização. Essa revista busca divulgar a Física e as Ciências afins como uma maneira de contribuir para alfabetização científica. Nela são publicados artigos sobre aspectos experimentais e teóricos da Física, materiais e métodos instrucionais, desenvolvimento de currículo, pesquisa em Ensino, História e Filosofia da Física entre outros temas relevantes para os profissionais envolvidos com o Ensino e Pesquisa em Física. Para esses dois periódicos, fizemos a análise dos artigos publicados no intervalo de tempo que se estende de 2006 a 2012.

Eventos

Além dos periódicos, revisamos dois eventos nacionais de Ensino de Física, ambos mantidos pela SBF. O primeiro deles foi o EPEF que ocorre de dois em dois anos (até 2012 ocorreu em anos de terminação par). Este evento busca promover, por meio de conferências e apresentações de cartazes, a discussão das diferentes linhas de pesquisa da área, assim como divulgar os seus avanços, identificar e discutir as dificuldades pertinentes. Para o EPEF foram revisadas as atas das quatro últimas edições, correspondentes aos anos de 2004, 2006, 2008 e 2010 (na realização da revisão a ata correspondente ao ano de 2012 ainda não havia sido disponibilizada).

O SNEF, que também ocorre de dois em dois anos, porém em anos de terminação ímpar, é um dos maiores eventos voltados para o Ensino de Física, nele participam professores e estudantes dos diversos níveis de ensino. Neste evento são debatidas questões relacionadas ao processo de Ensino-Aprendizagem da Física, além de serem apresentados e discutidos os resultados de investigações pertinentes a essa área. Do SNEF foram analisadas as atas correspondentes às edições de 2005, 2007, 2009 e 2011.

Seleção dos trabalhos e resultados

Para selecionar os trabalhos pertinentes, percorremos as atas dos eventos, assim como, os volumes e números dos periódicos mencionados anteriormente, fazendo a leitura dos títulos palavras-chave e resumos, em caso de dúvida liamos parcial ou integralmente o artigo em questão. Nesta primeira leitura buscávamos por termos chaves que remetessem a Física Térmica ou a Termodinâmica, como por exemplo, temperatura, calor, gás ideal, dilatação térmica, escalas termométricas entre outros. Nessa fase, percorremos um total de 2723 trabalhos, dos quais apenas 104 identificamos e selecionamos como voltados para a Física Térmica ou Termodinâmica.

Abaixo segue a tabela 1 que sistematiza os resultados encontrados na primeira fase de revisão, nela dispomos o total de trabalhos percorridos (Total Geral), os selecionados (Total Termodinâmica/ Física Térmica) e suas respectivas percentagens. Essa tabela apresenta a soma total das publicações por eventos e periódicos sem explicitar os períodos de tempo correspondentes (tabelas mais detalhadas foram omitidas por questão de espaço).

Periódico/Evento	Total Geral	Total Termodinâmica / Física Térmica	%
RBEF	459	33	7,2
CBEF	168	6	3,6
EPEF	506	5	1,0
SNEF	1590	60	3,8
Total	2723	104	3,8

Tabela 1: Síntese dos dados levantados na primeira fase de revisão

Da tabela acima, podemos notar que a percentagem total de trabalhos relativos a Física Térmica ou Termodinâmica está situado por volta de 3,8%. O CBEF e o SNEF possuem percentagens bem próximas desse valor médio. Já a RBEF apresenta 7,2% de trabalhos voltados a esse tema, isto ocorreu porque nesse periódico foram publicados dois números especiais, um em homenagem a William Thomson (Lorde Kelvin: 1824-1907) e o outro a Ludwig Boltzmann (1844-1906), que foram dois importantes estudiosos da Termodinâmica e da Mecânica Estatística. A menor percentagem é 1,0%, relativa aos trabalhos do EPEF, acreditamos que isso ocorreu, principalmente, devido às características desse evento, descritas anteriormente.

Categorização dos trabalhos selecionados

Na segunda parte da presente revisão fizemos a leitura integral de todos os artigos selecionados e com base na ATD, descrita por Moraes (2003) e Moraes e Galiazzi (2006), elaboramos as cinco categorias abaixo relacionadas:

- **Proposta/relato de atividades para o Nível Médio:** Corresponde a trabalhos nos quais são propostas ou relatadas atividades didáticas voltadas para o Nível Médio;
- **Proposta/relato de atividades para o Nível Superior:** Corresponde a trabalhos nos quais são propostas ou relatadas atividades didáticas voltadas para o Nível Superior;
- **História e Filosofia da Ciência:** Corresponde a trabalhos que discutem aspectos históricos ou filosóficos da Termodinâmica ou Física Térmica, como por exemplo, trabalhos que exploram e descrevem as várias formulações e concepções do conceito de calor ao longo da história;
- **Discussão teórico-conceitual:** Corresponde a trabalhos que discutem o significado ou definição de um ou mais conceitos relativos a Física Térmica ou a Termodinâmica, como por exemplo, a discussão com respeito aos conceitos de temperatura ou calor;
- **Outra/indefinida:** Corresponde a trabalhos que não se enquadram em nenhuma das categorias anteriores ou que não conseguimos identificar adequadamente a qual categoria o trabalho pertencia.

Os resultados encontrados por periódico e eventos estão sintetizados na tabela 2, apresenta abaixo:

Categorias	RBEF	CBEF	EPEF	SNEF	Total
Proposta/relato de atividades para o Nível Médio	0	4	1	37	42
Proposta/relato de atividades para o Nível Superior	0	0	1	10	11
História e Filosofia da Ciência	11	1	2	3	17
Discussão teórica - conceitual	10	1	0	0	11
Outra/Indefinida	13	0	1	12	26
Total	34	6	5	62	107

Tabela 2: Número de trabalhos por eventos/periódicos e categorias identificadas

É importante destacar que alguns trabalhos foram enquadrados em mais de uma categoria, como por exemplo, um trabalho o qual faz uma discussão teórica-conceitual a respeito de calor, mas usa para isso elementos da História da Ciência ou trechos de textos originais de cientistas. Dessa forma, um trabalho como este foi enquadrado tanto na categoria História e Filosofia da Ciência como na categoria discussão teórico-conceitual.

Podemos perceber desta tabela que a categoria que mais agregou trabalhos foi proposta/relato de atividades para o Nível Médio seguida pela categoria outra/indefinida. Em terceiro lugar temos a categoria História e Filosofia da Ciência e em quarta colocação estão empatadas as categorias proposta/relato de atividades para o Nível superior e discussão teórico-conceitual. Dos resultados esquematizados na Tabela 2 é possível notar que para o período analisado parece haver maior preocupação em propor atividades voltadas para o Nível Médio do que ao Nível Superior.

Além disso, podemos perceber que entre os periódicos o que mais concentrou propostas ou relatos de atividades foi o CBEF. Quanto aos eventos analisados, o que mais trouxe trabalhos dessa natureza foi o SNEF. Isto provavelmente ocorreu devido as características e objetivos dessa revista, assim como desse evento, por exemplo, o SNEF traz mais trabalhos desse gênero possivelmente porque é mais voltado as práticas de sala de aula do que o EPEF (os eventos e periódicos analisados forma caracterizados no início dessa seção).

Subcategorias

Com a finalidade de melhor analisarmos os artigos que apresentam uma maior relação com a nossa proposta, isto é, estar voltada para a sala de aula (ou até mesmo ao laboratório didático) nos detemos a analisar apenas os trabalhos relativos as duas primeiras categorias da Tabela 2. Dessa análise mais aprofundada e pontual, sistematizamos a Tabela 3, onde, buscamos identificar quais foram as estratégias/recursos didáticos empregados nos trabalhos analisados. Os resultados obtidos são apresentados abaixo.

Estratégia/Recurso Didático	RBEF	CBEF	EPEF	SNEF	Total
Experimentos	0	3	0	17	20
TIC	0	0	2	11	13
Experimentos + TIC	0	1	0	7	8
Outra/Indefinida	0	0	0	12	12
Total	0	4	2	47	53

Tabela 3: Análise das propostas/relato de atividades quanto ao Estratégia/Recurso Didático usados

Nesta parte da revisão, elaboramos 4 subcategorias subjacentes às duas primeiras categorias apresentadas na Tabela 2. As subcategorias são:

- Experimentos: Enquadra propostas ou relatos de atividades experimentais;

- TIC: Enquadra propostas ou relatos de atividades que utilizam como recursos didáticos unicamente as TIC, como por exemplos softwares, vídeos, Objetos de Aprendizagem entre outros;
- Experimentos + TIC: Enquadra propostas ou relatos de atividades que aliam o uso de experimentos com as TIC. Por exemplo, atividades experimentais nas quais são empregados sistemas de aquisição automática de dados;
- Outra/indefinida: Enquadra propostas ou relatos de atividades que não se encaixam em nenhuma das outras subcategorias, como por exemplo, o uso de textos paradidáticos, ou trabalhos que não deixam claro qual recurso ou estratégia didática foi empregado.

Da tabela 3 podemos perceber que a maioria das propostas ou relatos de atividades utilizaram atividades experimentais (apenas experimentos). Em segundo lugar, temos a subcategoria outra/indefinida seguida pela TIC e, por fim, o menor número de trabalhos está localizado na subcategoria experimentos+TIC.

Por meio da análise das subcategorias TIC e experimento+TIC, elaboramos a tabela 4, na qual identificamos as formas propostas para o uso da informática ou outros recursos tecnológicos na abordagem em sala de aula de tópicos de Termodinâmica ou Física Térmica.

Modo de Uso	Número de Trabalhos
Modelagem computacional	7
Simulação computacional	1
Aquisição automática de dados	7
Vídeos	3
Multimídia/Hiperídia	3
Total	21

Tabela 4: O uso da informática e outros recursos tecnológicos na abordagem de tópicos de Termodinâmica

É importante observar que um dos trabalhos analisados propõe a gravação em vídeos de experimentos para a posterior análise e coleta de dados, sendo assim, este trabalho entra na subcategoria experimento+TIC, representada na tabela 3. Juntamente a este, estão nessa mesma subcategoria os trabalhos que propõem a aquisição automática de dados, por meio do uso de sensores e softwares, o que totalizam os oito trabalhos contidos nessa subcategoria. Os treze trabalhos restantes pertencem a subcategoria TIC.

Por fim, buscamos identificar os conceitos físicos relativos a Física Térmica ou Termodinâmica presentes nos trabalhos identificados nas duas primeiras categorias da tabela 2. Os resultados obtidos estão representados na tabela 5.

Conceitos/Assuntos	RBEF	CBEF	EPEF	SNEF	Total
Temperatura	0	0	0	8	8
Escalas Termométricas	0	1	0	2	3
Calor	0	0	1	11	12
Calor Específico	0	1	0	5	6
Transição de Fase	0	0	0	3	3
2ª lei da Termodinâmica ¹	0	1	0	3	4
Estudo dos Gases	0	0	1	3	4
Máquinas Térmicas	0	0	0	3	3

Tabela 5: Análise das propostas/releto de atividades quanto aos Conceitos/Assuntos abordados

¹ Apenas um dos trabalhos analisados tem como tópico central o conceito da irreversibilidade

Da tabela anterior, podemos notar que calor, temperatura e dilatação térmica são os assuntos que mais abordados nos trabalhos voltados para a sala de aula. Já, escalas termométricas, transição de fase e máquinas térmicas foram os menos abordados. Cabe ainda destacar que, apesar de termos identificado um total de cinquenta e três trabalhos, nessas duas categorias encontramos um total de cinquenta e nove assuntos/conceitos, essa discrepância ocorreu, pois alguns trabalhos contemplavam mais de um assuntos/conceitos.

Conclusões

Tendo em vista as cinco questões colocadas inicialmente, concluímos que a percentagem de trabalhos relativos a Física Térmica ou Termodinâmica, publicados nos periódicos e eventos revisados no período de tempo considerado, está situado por volta de 3,8%. Ao lado disso, verificamos que a principal abordagem didático-metodológica empregada nesses trabalhos foram atividades experimentais, sendo seguida pela utilização exclusiva de recursos digitais, como por exemplo, modelagens computacionais ou produção de vídeos. Na terceira colocação está a combinação de recursos relativos às TIC e atividades experimentais. Dos resultados é possível notar que ainda há um privilégio relativo do uso de atividades experimentais para abordar tópicos de Termodinâmica.

Dos 107 trabalhos revisados, 53 correspondem a soma dos trabalhos incluídos nas duas primeiras categorias, proposta/relato de atividades para o Nível Médio e proposta/relato de atividades para o Nível Superior, ou seja, trabalhos diretamente voltados para a sala de aula, correspondendo portanto, uma percentagem de 49,5% do total de trabalhos revisados.

Quanto aos tópicos de Termodinâmica ou Física Térmica que são mais abordados nessas publicações, destacamos que o conceito de calor é o que mais aparece. Acreditamos que uma possível razão disso, seja o fato de haver certa discordância quanto a sua definição², o que gera muitas discussões. Já temperatura vem em segundo lugar e acreditamos que isso se deva ao fato dos estudantes, geralmente, apresentarem uma certa confusão entre os conceitos de calor, temperatura e energia³, o que incentivaria a elaboração de propostas alternativas para a superação dessa dificuldade. Outro fator que merece destaque é que, entre essas publicações, são poucos os trabalhos que se ocupam em abordar a segunda lei da Termodinâmica e a questão das máquinas térmicas e, que entre eles o conceito de irreversibilidade é pouco destacado.

No que diz respeito as principais formas propostas para o uso da informática nesses trabalhos, propostas diretamente voltados para a sala de aula, a modelagem computacional e o uso do computador para a coleta automática de dados são as formas mais empregadas, sendo seguidas pela utilização de multimídias e hipermídias e a produção ou utilização de vídeos, onde os vídeos não estão necessariamente associadas ao uso do computador.

Desses resultados, o que nos surpreendeu foi o número relativamente baixo de trabalhos que propõem a utilização da informática, em especial de simulações computacionais, para abordar em sala de aula essa área da Física. E isso nos parece ser um desperdício do potencial didático do computador, assim como da infraestrutura disponível nas escolas. Pois conforme dados

² Grosso modo, alguns defendem que calor é a energia em transito entre dois corpos com temperaturas diferentes e outros considerem calor como um processo de transferência de energia entre dois corpos que possuem uma diferença de temperatura.

³ Para maiores detalhes consultar Caldeira e Martins (1999) e Silva, Laburú e Nardi (2008).

extraídos do Censo Escolar (<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>) a percentagem de estudantes do Nível Médio com acesso a laboratórios de informática nas escolas, entre 2009 e 2011, subiu de 92,5% para 95,1% e o percentual de estudantes do Ensino Médio com acesso a Internet nas escolas, entre 2009 e 2011, cresceu de 92,5% para 95,6%.

Outra situação interessante, evidenciada pelos dados do Censo Escolar, é que para os anos de 2009 e 2010 a percentagem de estudantes do Ensino Médio com acesso ao laboratório de Ciências foram de 56,1% e 56,6% respectivamente (no resumo técnico do ano de 2011 não foi disponibilizado a essa informação), demonstrando assim, que o acesso ao computador e a Internet por alunos do Ensino Médio é mais generalizado do que o acesso ao laboratório de Ciências, o que nos reforça a convicção que o volume de trabalhos envolvendo o uso da informática para abordar a Termodinâmica em sala de aula é baixo e que existe um grande potencial para desenvolver atividades dessa natureza, isto é, não que os recursos computacionais devam substituir qualquer outra estratégia empregada no processo de Ensino-Aprendizado da Física, mas sim, que são ferramentas didáticas úteis que podem ser usadas de forma complementar.

Agradecimentos e apoios

Trabalho foi realizado com o apoio da CAPES.

Referências

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2009 - Resumo Técnico**. Brasília, 2009. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2010 - Resumo Técnico**. Brasília, 2010. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

BRASIL. Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira. **Censo Escolar 2011- Resumo Técnico**. Brasília, 2011. Disponível em: <<http://portal.inep.gov.br/resumos-tecnicos>>. Acesso em: 03 abr. 2011.

CALDEIRA, M. H.; MARTINS, D. R. Calor e Temperatura-Que noção têm os alunos universitários destes conceitos? **Gazeta de Física**, v. 13, fasc. 2, p. 85-94, 1990.

MORAES, R. Uma Tempestade de Luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. **Ciência & Educação**. v. 9, n. 2, p. 191-211, 2003.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. D. ANÁLISE TEXTUAL DISCURSIVA: PROCESSO DE RECONSTRUTIVO DE MÚLTIPLAS FACES. **Ciência & Educação**. v. 12, n. 1, p. 117-128, 2006.

SILVA; O. H. M.; LABURÚ, C. E.; NARDI, R. REFLEXÕES PARA SUBSIDIAR DISCUSSÕES SOBRE O CONCEITO DE CALOR NA SALA DE AULA. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**. v. 25, n. 3, p. 383-393, 2008.