

Uma análise de planos de investigação desenvolvidos por estudantes do Ensino Médio: o caso da flutuação em uma câmara de gás.

An analysis of inquiry plans developed by high school students: the case of fluctuation in a gas chamber.

Rosa Maria Ambrózio

Colégio Estadual/ SEDU
rosa.fisica@gmail.com

Geide Rosa Coelho

UFES
geidecoelho@gmail.com

Resumo

O presente artigo apresenta um fragmento de uma pesquisa sobre uma intervenção educacional com enfoque no ensino por investigação, tomando como base as temáticas Termodinâmica. Essa investigação é apresentada como sendo de caráter narrativo e tem como objetivo analisar a qualidade de planos de investigação construídos por estudantes do ensino médio para solucionar situações problemas envolvendo conceitos termodinâmicos. A pesquisa foi conduzida em seis turmas da segunda série do ensino médio em uma escola pública estadual do Espírito Santo, no total de 180 alunos participantes das atividades que integraram a pesquisa. Com relação à qualidade dos planos construídos pelos estudantes destacamos que a estrutura seguiu, majoritariamente, a estrutura fornecida no material instrucional. Este fato parece revelar o quanto os estudantes estão acostumados a serem melhor avaliados quanto mais suas atividades se aproximarem dos comandos estabelecidos pelos professores.

Palavras chave: Ensino de Física, Ensino de Termodinâmica, Ensino por investigação.

Abstract

This article presents a fragment of a research about an educational intervention focused on inquiry education, based on the thermodynamics topics. This study is presented as a narrative character and aims to analyze the quality of inquiry plans built by high school students to solve problems involving situations thermodynamic concepts. The research was conducted in six classes of the second year of high school in a public school of the Espírito Santo, totaling 180 students participating in activities that were part of the research. Regarding the quality of the planes built by students, we point out that the structure followed, mainly, the structure provided in the instructional material. This fact seems to reveal how much the students are used to being better evaluated as them activities come closer the controls established by the teachers.

Key words: Teaching Physics, Thermodynamics of teaching, Inquiry education.

Introdução

A qualidade do ensino ofertado em todos os segmentos de educação é tema de discussão tanto no meio acadêmico quanto nos espaços responsáveis pela gestão da educação, no entanto as novas ações implementadas não têm se mostrado efetivas, uma vez que os resultados das ferramentas utilizadas para avaliar a aprendizagem dos alunos parecem revelar a pouca eficiência dos procedimentos usuais de ensino (IDEB, 2012).

Levando em consideração o discurso consensual dos professores, Borges (2002) apresenta algumas das causas atribuídas pelos docentes a esse baixo rendimento, tais como: falta de formação continuada dos professores, falta de recursos didáticos nas escolas, aulas quase que exclusivamente expositivas que levam à aprendizagem mecânica. No que diz respeito ao ensino de ciências, entre os professores parece existir a crença que a utilização de experimentos ou simulações computacionais pode resolver os problemas que envolvem o ensino dessa área do conhecimento. Em concordância com Borges (2002, p.294): “Os professores de ciências, tanto no ensino fundamental como no ensino médio, em geral acreditam que a melhoria do ensino passa pela introdução de aulas práticas no currículo”.

Introduzir a prática experimental ao cotidiano escolar sem associá-la à atividades que envolvam os estudantes em situações problematizadoras abrindo espaço para reflexões, discussões, argumentações como é comum às técnicas do laboratório tradicional, pode desenvolver habilidades referentes ao tratamento e interpretações de dados empíricos, permite lidar com equipamentos/instrumentos que não teriam oportunidade em outro ambiente, mas dificilmente contribui para desenvolver o espírito crítico e reflexivo dos estudantes, uma vez que estes realizam as atividades seguindo comandos no roteiro fornecido.

Consideramos que uma mediação de qualidade, como é proposta no ensino investigativo, tira o estudante da posição passiva das aulas exclusivamente expositivas e coloca-o na posição central do processo de aprendizagem, na qual ele terá que refletir, discutir, explicar fatos sobre as hipóteses envolvidas na solução de um problema, que pode ou não estar associado a um experimento e/ou simulação computacional. Por se tratar de atividades em grupo, os estudantes convivem com os embates e benefícios do encontro de diferentes experiências progressas sobre um assunto, podendo ser conflitantes ou complementares, sendo confrontados com o conhecimento escolar, chegando assim, com a mediação dos professores, ao objetivo dessa proposta de ensino, que trata justamente de uma negociação de novos significados para um conhecimento que os estudantes já possuem. Apresentado o contexto, nesse estudo temos o objetivo de analisar a qualidade de planos de investigação construídos por estudantes do ensino médio para solucionar situações problemas envolvendo conceitos termodinâmicos.

Metodologia

Essa investigação é apresentada como sendo de caráter narrativo, pois traz a possibilidade de formação pela reflexão, uma vez que, a organização das suas impressões sobre os episódios ocorridos ao longo da pesquisa pode levar a uma nova compreensão crítica de suas práticas (CUNHA, 1997). Destacamos que a investigação foi desenvolvida no próprio campo de atuação da professora pesquisadora que foi uma Escola Estadual do Estado do Espírito Santo. Dentre os procedimentos de coleta de dados destacamos diário de campo reflexivo da

professora (com as narrativas dos processos educacionais desenvolvidos ao longo da intervenção) e as atividades desenvolvidas pelos estudantes, especificamente os planos de investigação produzidos pelos mesmos.

A pesquisa foi conduzida em seis turmas da segunda série do ensino médio do ano de 2012, pertencentes ao turno vespertino. As atividades foram realizadas durante as aulas de Física em uma escola pública estadual. A seleção das turmas participantes da pesquisa não foi aleatória, uma vez que todas as classes escolhidas têm aulas de física ministradas por mim e, por isso, assumo o papel de professora e pesquisadora nesse trabalho. Em cada turma, o número de estudantes variava entre 25 e 35 alunos, totalizando 180 alunos participantes das atividades que integraram a pesquisa. Em cada turma os alunos foram divididos em cinco grupos, mantidos em todas as etapas da pesquisa realizando coletivamente as tarefas.

A unidade de Termodinâmica foi utilizada com o intuito de introduzir a prática de trabalhar numa perspectiva investigativa. Dessa forma, o principal objetivo dessa etapa do trabalho educacional, foi produzir primeiramente uma mudança atitudinal nos estudantes e na minha prática como professora. A escolha do tema Termodinâmica implicou na preferência por trabalhar com um Applet Java (http://phet.colorado.edu/pt_BR/simulations/category/physics) ao invés de um experimento físico, pois essa temática aborda fenômenos microscópicos que não seriam visualizados em sua riqueza de detalhes caso fosse apresentada através de um experimento. A utilização do applet trouxe a demanda da construção de um tutorial para que os estudantes tivessem suporte na compreensão da função de cada ícone apresentado no simulador.

A aula inicial foi reservada para a leitura e discussão do texto ‘A grande história de mistério’ fragmento do livro A evolução da Física (EINSTEIN; INFELD, 1976). A discussão do texto foi conduzida por uma apresentação de slides nos quais havia questionamentos que buscavam estreitar ainda mais a relação entre o trabalho de um detetive e de um cientista. Apontamos nesse trabalho a importância de se pensar intervenções que valorizem a leitura como elemento essencial no processo de mediação das aulas de ciências, isso porque "a leitura de textos didáticos de ciências na escola passa a ser o encontro entre professores, alunos, autores e cientistas, sujeitos da produção do conhecimento e dos discursos científico e escolar" (FREGUGLIA, 2014, p.58).

Na segunda aula os alunos receberam o material instrucional para iniciarem as atividades na perspectiva do laboratório aberto, definido por Azevedo (2004) como situações em que os estudantes devem responder uma questão, como nas outras atividades investigativas, contudo nesse caso utilizando um experimento/simulador computacional para a solução do problema. Nesse material havia uma apostila com o tutorial do Applet Java e uma folha avulsa com as questões (envolvendo as situações problemas) que foram estruturantes para a construção dos planos de investigação. Aos alunos foi solicitada a elaboração de esquemas nos quais apresentariam um desenho de estratégias para solucionar o problema proposto. Nessa estrutura textual também deveriam estar presentes os objetivos da investigação, bem como as conclusões alcançadas após confrontarem as hipóteses iniciais com as observações empíricas. Chamamos esse arranjo de informações, que mobilizaram de formas distintas cada grupo de estudantes, de *plano de investigação*.

Nessa atividade os alunos elaboraram dois planos, pois se tratavam de dois casos distintos, embora ambas as situações requeressem o mesmo objetivo: fazer um balão flutuar. Ao final de cada problema havia um pequeno texto chamando atenção dos estudantes para a necessidade do registro das hipóteses após a discussão do problema pelo grupo antes que a simulação fosse iniciada. O material instrucional dessa unidade foi pensado e elaborado visando dar o máximo apoio aos estudantes que estariam pela primeira vez em contato com

uma atividade investigativa. Os alunos puderam contar com uma estrutura pré-estabelecida para que eles tivessem toda orientação para montar seus planos de investigação, sabendo quais eram os requisitos necessários para compor uma atividade dessa natureza.

Os planos produzidos pelos estudantes foram analisados nas dimensões conceitual e procedimental, uma vez que os alunos deveriam apresentar em seus trabalhos as explicações para a causa da flutuação e quais as sequências de ações que levariam o balão à flutuação dentro da câmara. E para avaliar a dimensão atitudinal foi produzido um diário de campo, no qual as falas e/ou atitudes mais relevantes observadas eram registradas.

As unidades de ensino que compõem esse trabalho foram propostas e executadas de forma que ao longo de todo o seu desenvolvimento os alunos fossem avaliados, de diferentes formas. Os planos de investigação elaborados pelos estudantes evidenciam sua aprendizagem nas dimensões conceitual. A forma utilizada para a estruturação nos permite verificar a lógica da sequência e estratégia estabelecida em cada grupo para solução do problema proposto. A dimensão atitudinal também é contemplada nessa modalidade de avaliação, uma vez que deverá haver um posicionamento crítico e reflexivo por parte dos estudantes, uma atitude colaborativa entre os membros do grupo. Para a elaboração de suas conclusões deverão fazer uma revisão/reflexão dos resultados em função das hipóteses iniciais e as evidências empíricas encontradas, atitude que é fundamental para o desenvolvimento da autonomia dos estudantes (BORGES, 2002).

A intervenção também foi marcada pela escrita de um diário de campo, feito por mim ao longo das aulas. Com base nas informações contidas nesse material pude acessar as atitudes, emoções e expressões apresentadas pelos estudantes durante a execução das tarefas. Dessa forma esse trabalho pretende avaliar diferentes formas de conhecimento envolvidas no processo de aprendizagem dos estudantes ao longo da realização de uma unidade de ensino.

Análise dos Planos de Investigação

Os planos foram analisados em primeira instância a partir de alguns critérios que foram elaborados para avaliar a qualidade do material produzido pelos estudantes, utilizando como referência a categorização apresentada por Rodrigues e Borges (2008). Esses critérios dividiram os planos em três categorias listadas abaixo:

- **Plano incipiente** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, mas não definem claramente os objetivos da atividade, além disso, atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa.
- **Plano satisfatório** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem parcialmente aos requisitos propostos pela tarefa.
- **Plano Bom** - apresenta um plano com linguagem coerente à escrita de um trabalho escolar, definem claramente os objetivos da atividade e atendem aos requisitos propostos na atividade.

Os objetivos apresentados pelos estudantes também foram analisados segundo alguns critérios de classificação para a regularidade encontrada nos objetivos apresentados pelos estudantes que participaram dessa atividade. A partir desses critérios elaboramos uma categorização baseada no modelo apresentado por Rodrigues; Borges (2008).

- **Cognitivo e Avaliativo** - Relacionado ao pensar como cientista, que diante de uma situação nova utiliza seu conhecimento prévio para investigar as possíveis soluções.

- **Prático e motivacional** - Refere-se ao pensar pouco elaborado seguindo os comandos mais evidentes em uma situação até então desconhecida.
- **Em branco** - Os estudantes não escreveram os objetivos no plano de investigação.

Posteriormente os planos foram analisados considerando os aspectos da dimensão conceitual para resolução das tarefas, ou seja, se a resposta elaborada pelos alunos estava de acordo com os conceitos físicos aceitos na comunidade acadêmica. Para essa classificação foram criados três tipos de resposta:

- **Resposta correta** – os estudantes utilizam conceitos corretos do ponto de vista científico escolar, mesmo que escrito de forma coloquial.
- **Resposta parcialmente correta** – *está é a situação* em que a resposta dos estudantes está incompleta, ou em partes incorreta do ponto de vista científico escolar.
- **Resposta incorreta** – nesta situação as respostas dos estudantes estavam completamente equivocadas do ponto de vista científico escolar.

Utilizando os dois tipos de caracterização de resposta foi possível avaliar a qualidade dos planos, a quantidade de grupos de alunos que se aproximaram da resposta correta e também a qualidade de suas respostas apresentando resoluções para os problemas que se aproximam dos conceitos corretos do ponto de vista científico escolar.

Apresentação e análise dos Resultados

Os planos foram avaliados inicialmente segundo critérios que aferiram a qualidade dos mesmos, e segundo essa análise atribuímos uma classificação para cada grupo. Houve também a atribuição de uma nota para cada classificação, na qual os planos incipientes receberam nota 1, os planos satisfatórios receberam nota 2 e os planos bons receberam nota 3. A tabela abaixo apresenta a distribuição das notas dos grupos separados por turma.

No campo referente ao grupo 5 da turma 2v3 aparece um ‘x’ no lugar de uma nota, pois tal grupo não existiu nessa turma. Devido à quantidade inferior de alunos matriculados nessa turma houve a necessidade de reduzir um grupo para manter uma quantidade similar às outras turmas de integrantes por grupo.

Turmas	2V2					2V3					2V4				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	1	3	2	2	1	3	2	3	1	x	2	2	1	2	2
Turmas	2V5					2V6					2V7				
Grupos	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5	G1	G2	G3	G4	G5
Categoria	2	3	1	3	2	3	2	1	1	2	2	2	3	2	2

TABELA 1 - Qualidade dos planos da unidade de termodinâmica

Analisando os dados exibidos na tabela podemos perceber que, de acordo com a categorização via qualidade dos planos, as turmas apresentaram um resultado razoável em seu desempenho apresentando a maioria das classificações em satisfatório. Entre os 29 grupos participantes, apenas 7 apresentaram desempenho classificado como incipiente, enquanto 15

apresentaram desempenho classificado como satisfatório e 7 apresentaram um bom desempenho. Os grupos que tiveram seus planos classificados como bons eram composto quase que exclusivamente por alunos que tinham um bom desempenho na disciplina de Física. Esses alunos engajavam-se com facilidade em qualquer atividade proposta determinados a fazer o melhor possível e não foi diferente com a elaboração dos planos de investigação, mesmo se tratando de uma tarefa que fora apresentada recentemente a eles.

Por outro lado também tivemos os grupos cujos planos foram avaliados como incipientes formados por alunos que apresentavam pouco interesse pelas aulas tradicionais e a mudança de perspectiva de ensino, ao menos na primeira atividade, não os mobilizou para um maior engajamento.

Após ler e debater sobre o problema, os alunos deveriam escrever qual o objetivo da investigação. Rodrigues; Borges (2008) apresentam uma categorização para os tipos de objetivos apresentados pelos estudantes ao realizarem atividades investigativas que foi utilizada como referência para realizarmos a análise dos planos elaborados pelos estudantes. Verificamos que 53,45% dos grupos identificaram, como objetivo, a necessidade de haver diferença entre as densidades dos balões e da câmara. Houve também aqueles que apenas repetiram a pergunta do problema como resposta, 36,20% dos grupos, dizendo que o objetivo da investigação era simplesmente fazer com que os balões flutuassem. Alguns grupos não identificaram qual era o objetivo da atividade, mesmo se tratando da primeira solicitação contida no material instrucional. Com base no modelo de categorização apresentada por Rodrigues; Borges (2008) criamos uma classificação para a regularidade encontrada nos objetivos apresentados pelos estudantes que participaram dessa atividade. A tabela 2 apresenta as categorias e suas respectivas descrições.

Categoria	Percentual de Alunos	Descrição
Cognitivo e Avaliativo	53,45%	Relacionado ao pensar como cientista, que diante de uma situação nova utiliza seu conhecimento prévio para investigar as possíveis soluções.
Prático e motivacional	36,20%	Refere-se ao pensar pouco elaborado seguindo os comandos mais evidentes em uma situação até então desconhecida.
Em branco	10,35%	Os estudantes não escreveram os objetivos no plano de investigação.

TABELA 2 – Categorização dos objetivos

Analisando a qualidade dos planos utilizamos um critério que avaliava se os estudantes apresentavam a solução do problema utilizando conhecimentos científicos e se a resposta para o problema estava correta. A turma 2V6 foi a que apresentou maiores dificuldades na identificação dos objetivos, na elaboração dos planos de investigação e na realização da simulação. Entre os motivos desse baixo rendimento temos o problema do horário das aulas, estes alunos tinham sempre a primeira e a última aula do turno. Nas primeiras aulas costumavam faltar alguns estudantes e na última aula a maioria já estava cansada. Analisando o relato do diário de campo, podemos perceber questões em relação a essa turma, como muita insegurança na escrita dos planos, um grupo inteiro não demonstrou interesse pela atividade, por mais que eu tenha tentando incentivá-los. A maioria dos alunos tinham baixo desempenho na disciplina de Física e o fato de estarem lidando com uma atividade mais complexa parece tê-los desmotivado ainda mais. Entretanto, houve um fato positivo nessa turma, atividade

conseguiu engajar alguns estudantes da turma a ponto de alguns deles não quererem faltar à aula para não perder o desfecho da atividade.

A turma 2V7 foi a que demonstrou maior solidariedade, pois todos os grupos eram mistos, ou seja, haviam alunos com grande desempenho e baixo desempenho na disciplina, no entanto não aconteceu o que geralmente ocorria durante outras atividades em grupo, em que os que “sabiam mais” se encarregavam de fazer a tarefa e os demais ficam a margem do processo. Dessa vez os que demonstravam mais habilidade se preocupavam em esclarecer dúvidas dos que ainda estavam com alguma dificuldade. Em conformidade com Borges (2002), os alunos com maior desempenho em Física se mostram mais habilidosos para realizar a atividade. A estrutura dos planos dos estudantes seguiu majoritariamente, a estrutura fornecida no material instrucional. Este fato parece revelar o quanto os estudantes estão acostumados a serem melhor avaliados quanto mais suas atividades se aproximarem dos comandos estabelecidos pelos professores.

Os estudantes deveriam responder a duas questões nessa primeira atividade, uma referente à flutuação de um balão de ar quente e outra referente a um balão de gás hélio. Foram consideradas respostas corretas aquelas em que os estudantes apresentaram argumentos que evidenciaram o entendimento da necessidade de haver diferença entre a densidade do balão e a densidade do gás presente na câmara para atingir o objetivo da tarefa: a flutuação. Alguns grupos não deixaram claro em seus planos como seria possível obter essa diferença entre as densidades, indicando que tais grupos podem não ter domínio sobre o conceito científico escolar de densidade. Nestes casos as resoluções foram consideradas parcialmente corretas, pois apesar de saberem que deveria haver diferença entre as densidades, não apareceram evidências que os mesmos sabiam o que era densidade. Já as resoluções classificadas como incorretas apresentavam argumentos completamente equivocados do ponto de vista científico escolar.

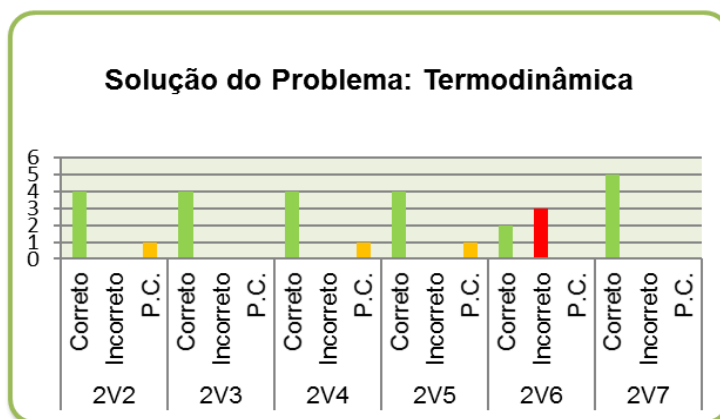


Gráfico 1 - SOLUÇÃO DAS QUESTÕES DA UNIDADE DE TERMODINÂMICA

O fato de alguns grupos terem apresentado respostas consideradas incorretas sob o ponto de vista científico não garante que estes conceitos não tenham sido agregados ao perfil conceitual dos aprendizes. É provável que estes estudantes ainda não tenham tomado consciência do seu perfil conceitual, o que pode ter os levado a apresentar a resposta que estava de acordo com os conceitos aos quais estão mais habituados.

As conclusões dos planos foram escritas logo após a realização das simulações. Os alunos apenas apresentaram os valores de pressão, volume e temperatura no instante em que ocorreu a flutuação e as quantidades mínimas de moléculas dentro da câmara e dos balões. É provável que o fato das conclusões dos estudantes não apresentarem uma revisão detalhada das hipóteses seja explicado pela falta de instrução oferecida por mim. Houve uma grande

concentração de atenção durante a escrita das hipóteses de investigação, mas não acompanhei com o mesmo empenho a elaboração das conclusões. A mediação do professor é fundamental no processo de construção de novos conhecimentos. Fatos como este revelam como uma falta do professor pode influenciar na qualidade do processo de aprendizagem.

Considerações Finais

O processo de análise abrangendo essa primeira etapa da pesquisa possibilitou a visualização dos êxitos e insucessos ocorridos ao longo da execução dessa fase. O trabalho colaborativo, possibilitado pela distribuição dos estudantes em pequenos grupos, realmente fomentou as discussões e debates entre os seus componentes. Os grupos que apresentaram um resultado mediano nas três atividades que compuseram essa pesquisa apresentavam uma distribuição heterogênea quanto ao desempenho dos integrantes na disciplina de Física. Nos grupos cujos integrantes eram todos alunos com bom desempenho o resultado foi bom para todas as atividades. Para Borges (2002) os alunos com melhor desempenho na disciplina de Física são os que resolvem problemas de natureza investigativa com maior habilidade, uma vez que os domínios conceitual, procedimental e atitudinal solicitados nessas atividades estão mais consolidados nas competências e habilidades desses estudantes. Outro fator positivo reside na reação dos alunos diante da aceitação do erro durante a elaboração das soluções para os problemas. Na realização dessa atividade a função do professor é justamente auxiliar nos momentos de dúvidas ao longo de todo o processo. Vale ressaltar que em atividades com caráter investigativo o professor tem a função de estimular e orientar seus estudantes, não os abandonando e sim os orientando.

Referências

- AZEVEDO M.C.P.S.; **Ensino por Investigação: Problematizando as atividades em sala de aula.** In: Carvalho, A.M.P. (org.), *Ensino de Ciências: Unindo a Pesquisa e a Prática*, p. São Paulo: Thomson, 2004.
- BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias.** Brasília: MEC/SEMTEC, 2002.
- BORGES, A. T.; **Novos rumos para o laboratório escolar de ciências.** Caderno Brasileiro. Ensino de Física. v. 19, n.3: p.291-313, dez., 2002.
- BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A.; **Aprendendo a planejar investigações.** In: ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, IX, 2004, Jaboticatubas. Atas.Minas Gerais: SBF, 2004.
- CUNHA, M. I.; **Conta-me Agora! As narrativas como alternativas pedagógicas na pesquisa e no ensino.** "Revista da Faculdade de Educação, vol 23 n. 1-2, São Paulo Jan/Dez 1997.
- FREGUGLIA, J.; **Sentidos da Leitura Mediados pela Experiência do Estágio Supervisionado de Estudantes da Licenciatura em Ciências Biológicas.** 2014.200 p. Tese, Programa de Pós-Graduação em Educação: Conhecimento e Inclusão Social, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2014.
- GIL, A. C.; **Como elaborar projetos de pesquisa.** 10. ed. São Paulo: Atlas, 2010.
- INFELD, L.; EINSTEIN, A.; **A ascensão do conceito mecânico.** In: Einstein, A.; Infeld, L A *Evolução da Física.* Rio de Janeiro: Zahar Editores, p. 13-39, 1976.