

Ciência e cotidiano: A Física do chuveiro elétrico

H. Maceti; C. L. Levada; I. J. Lautenschleguer

Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências - ISE, Centro Universitário Hermínio Ometto - UNIARARAS,

13607-339, Araras-SP, Brasil

huemerson@uniararas.br

(Recebido em 26 de novembro de 2007; aceito em 19 de dezembro de 2007)

O planejamento do trabalho escolar, em quaisquer disciplinas, deve apresentar as competências específicas e as maneiras como elas se articulam com os diferentes conteúdos a fim de estruturar o conhecimento e os objetivos formativos, apontando algumas sugestões de estratégias para o trabalho cotidiano. Em vista disso, o presente artigo tem por propósito apresentar um enfoque ao ensino de Física, baseado na compreensão dos fatos físicos pelos estudantes, que se obtém pela análise e discussão de conceitos e de situações práticas e reais.

Palavras-chave: ensino de física, cotidiano.

The planning of school work, in all disciplines, shall provide the specific skills and the ways how they are interrelated with the different contents in order to structure the knowledge and training goals, pointing some suggestions for strategies for daily work. As a result, this article is to present an approach regard to the teaching of Physics, based on the physical understanding of the facts by students, which is obtained by the analysis and discussion of concepts and practices and real situations.

Keywords: education, physical, daily.

1. INTRODUÇÃO

O planejamento do trabalho escolar, em quaisquer disciplinas, deve apresentar as competências específicas e as maneiras como elas se articulam com os diferentes conteúdos a fim de estruturar o conhecimento e os objetivos formativos, apontando algumas sugestões de estratégias para o trabalho cotidiano.

Uma proposta inicial foi apresentada nos Parâmetros Curriculares para o Ensino Médio (PCNEM), (MEC/SEMTEC, 1998), sendo posteriormente complementada pela publicação dos PCNs+ (MEC/SEMTEC, 2002)¹ onde encontramos exemplos de procedimentos, estratégias e alternativas de ensino que se apresentam, também, como desafios na educação em Ciências, particularmente aos professores de Física, Química e Biologia, cada vez mais convidados para ações comuns Angiotti (1993).

Na literatura constata-se vários estudos a respeito deste tema, entre os quais destacamos Kawamura e Hosoume (2003) e Ricardo (2003) nos artigos da revista “Física na Escola”, apresentando discussões de conceitos presentes nos PCNEM e, também apontando as necessidades de se rever os conteúdos a ensinar, bem como as concepções e práticas educacionais correntes.

Angiotti (1991) em sua tese de doutorado intitulada “Fragmentos e Totalidades no ensino de Ciências” discorre muito bem sobre o enfoque holístico do conhecimento que recupera as dimensões para a compreensão do mundo na sua integralidade, com intuito de “*aprender sobre a realidade, na realidade e da realidade*”. Trata-se, essencialmente, do reconhecimento de que tudo está em permanente transformação e que tudo se liga, de modo que todos estão participando do processo. Abre espaço para a inclusão de saberes extra-escolares.

Em vista disso, o presente artigo tem por propósito apresentar um enfoque ao ensino de Física, baseado na compreensão dos fatos físicos pelos estudantes, que se obtém pela análise e discussão de conceitos e de situações práticas e reais.

¹ Especificamente em relação a Física as orientações estão em www.sbfisica.org.br

2. O COTIDIANO NO ENSINO DAS CIÊNCIAS DA NATUREZA

Fatos físicos podem e devem ser mostrados e relacionados antes da apresentação de modelos abstratos e teorias. Ao entrar na escola, o estudante já possui os conhecimentos básicos inerentes à física presentes no dia-a-dia.

Os conceitos unificadores poderão atingir a categoria de “transdisciplinares” uma vez que as investigações atuais priorizam as problemáticas complexas que demandam fortemente a contribuição de vários especialistas, cada um estimulado a compreender a visão do outro, aprendendo também nas diferenças e não somente no convívio com seus pares (Angiotti -1993). Dessa forma, o professor deverá começar sua explanação com algo que seja familiar ao aluno.

Acreditamos que instrumentos, objetos e situações reais devam servir como fontes de estudos nos primeiros estágios do processo de ensino. Por exemplo, é muito mais fácil entender para que serve uma hélice, e por qual razão tem a forma que tem, simplesmente olhando um ventilador. Imagine a tarefa de se entender uma hélice examinando isoladamente uma de suas palhetas sem nunca ter visto um ventilador antes, ou estudando apenas as equações matemáticas que regem sua geometria, sem nunca tê-la visto. Por outro lado, existem conceitos científicos que se caracterizam por serem unificadores como, por exemplo, o conceito de energia, que permitem alternativas para mudança de enfoque.

Nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio a energia é apresentada como um conceito que envolve a Química, a Física, a Biologia, a Economia, a Matemática:

“O princípio físico da conservação da energia, essencial na interpretação de fenômenos naturais e tecnológicos, pode ser verificado em processos de natureza biológica, como a fermentação, ou em processos químicos, como a combustão, contando em qualquer caso com o instrumental matemático para seu equacionamento e para sua quantificação. Incontáveis processos, como os de evaporação e condensação, dissolução, emissão e recepção de radiação térmica e luminosa, por exemplo, são objetos de sistematização na Biologia, na Física e na Química. Sua participação essencial nos ciclos da água e na fotossíntese os situa como partícipes de processos naturais. Por outro lado, esses processos são essenciais para a compreensão da apropriação humana dos ciclos materiais e energéticos, como o uso da hidreletricidade e da biomassa. Portanto, evidenciam-se também seus sentidos tecnológicos, associados à economia e à organização social. (PCN, 2000, p. 8-9)”.

E como isso se reflete no ensino de Física?

Um primeiro aspecto importante consiste na própria necessidade de explicitar e discutir objetivos, não que antes eles não estivessem presentes mas, apenas, não eram tão discutidos.

Ensinar Física significava tornar compreensível aos alunos uma série de conhecimentos, ainda que de forma resumida, que seriam mais tarde retomados de forma mais completa na continuação de seus estudos. O conjunto desses conhecimentos estava pré-determinado nos livros didáticos e no coletivo das pessoas, de uma forma tão completa que parecia não haver espaço para outras escolhas: cinemática, dinâmica, estática, eletrostática etc. Essa era a Física. No entanto, fixar objetivos implica definir estratégias para alcançá-los e selecionar conteúdos.

Os PCN+ se aliam aos PCN procurando dar um novo sentido ao ensino da Física, destacando que se trata de *“construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade”*. É, portanto, de se perguntar não somente sobre *“que conteúdos de Física devemos ensinar”*, mas principalmente *“para que(m) ensinar Física”*.

Um dos referenciais teóricos que norteiam essa discussão (da competência) é Philippe Perrenoud, já com vários livros traduzidos para o português. Para o autor, a noção de competências pode ser entendida *como “uma capacidade de agir eficazmente em um determinado tipo de situação apoiada em conhecimentos, mas sem se limitar a eles”*. Para Perrenoud, as competências seriam as mobilizações de recursos cognitivos, entre eles o conhecimento, a fim de responder a uma situação-problema em tempo real. [criam-se condições para seu desenvolvimento]. As habilidades, que estariam mais ao alcance da escola, não deveriam ser compreendidas como um simples saber-fazer procedimental (know-how), mas talvez um *saber o que fazer*, ou ainda *saber e fazer*, articulando assim competências e

habilidades, pois essas são indissociáveis. Essa transposição implica em uma mudança de forma e conteúdo e uma passagem de um domínio a outro. O autor alerta que não é garantido que a mera transposição da Física dos físicos seja seguro para fazer os adolescentes adquirirem noções de Física, especialmente os que não se destinam à formação científica.

Uma análise do Cotidiano: A Física envolvida em um chuveiro elétrico

Em nosso cotidiano, nos deparamos com um problema central que é a necessidade e o consumo da Energia em nossa vida. Em um primeiro momento, podemos considerar o aquecimento da água em uma certa casa, em particular, via uso do chuveiro elétrico.

- Por que o chuveiro consegue aquecer a água?
- O aquecimento da água pelo chuveiro depende da quantidade de água?
- O aquecimento da água pelo chuveiro depende do chuveiro?
- Quais as transformações de energia ocorridas no chuveiro?
- Qual é o custo desta energia? De onde vem essa energia?

Chuveiro elétrico é o equipamento utilizado para transformar energia elétrica em térmica, no aquecimento da água, o que ocorre devido à passagem do fluxo de elétrons no resistor. Nessa passagem pela “resistência elétrica”, estes são freados, resultando assim na liberação de calor, pelo efeito Joule.

A potência elétrica do chuveiro, dada pelas especificações do aparelho (W), relaciona a quantidade de calor fornecida pelo aparelho com o tempo de funcionamento do mesmo, através de:

$$P_d = \frac{\Delta Q}{\Delta t} \quad (1)$$

onde: P_d é a potência dissipada no resistor, ΔQ é o calor absorvido pelo sistema água + calorímetro (cápsula do chuveiro) e Δt é o tempo de observação.

A variação da temperatura (ΔT) tem relação direta com ΔQ de acordo com:

$$\Delta Q = mc\Delta T \quad (2)$$

sendo: m a massa do corpo que troca calor (água) e c o calor específico deste corpo. Também há a capacidade térmica (C) do sistema em questão, ou seja:

$$C = mc = \frac{\Delta Q}{\Delta T} \quad (3)$$

Sabe-se ainda que a potência dissipada no resistor é determinada pelas equações:

$$P_d = Vi \quad (4)$$

$$P_d = Ri^2 \quad (5)$$

$$P_d = \frac{V^2}{R} \quad (6)$$

onde: R é a resistência do fio resistivo em questão, V é a diferença de potencial no resistor e i é a corrente elétrica do circuito. A relação de V , R e i para qualquer resistor é dada pela lei de Ohm:

$$V = Ri \quad (7)$$

Quanto à dependência da resistência do fio resistivo em relação à sua dimensão e ao material que o constitui, sabe-se que:

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (8)$$

sendo: ρ a resistividade deste fio, L o seu comprimento e A a área da sua seção transversal (admitindo-se o fio de formato cilíndrico).

O exemplo numérico e concreto apresentado consiste de um chuveiro de 4400 W de potência, ligado a uma rede elétrica com tensão de 220V utilizado por uma hora.

Dos dados apresentados obtém-se a corrente elétrica pelo quociente entre a potência e a tensão, isto é, 4400/220, fornecendo o valor de 20 A. Isto posto, é possível dimensionar o diâmetro do fio a ser utilizado.

Vamos supor, por hipótese, uma residência com 6 pessoas que utilizam o chuveiro por 10 minutos cada uma, por dia, com consumo de energia na faixa mínima. Assim durante o evento banho é gasto um tempo equivalente a uma hora. Pode ser estimada a quantidade de carga que flui pelo equipamento por dia, pela definição de corrente elétrica como sendo a razão entre a quantidade de carga que flui pelos condutores (Δq) e o intervalo de tempo necessário para a ocorrência (Δt). Considerando-se que serão seis banhos seguidos, teremos um total de 3600 segundos e, então, a partir da definição de corrente elétrica a carga poderá ser calculada pela multiplicação de 20 A pelo tempo de 3600 s, perfazendo 72.000 C.

Como esta carga é um múltiplo da carga elementar, $1,6 \cdot 10^{-19}$ (quantização da carga elétrica), é possível determinar o número de elétrons que flui pelo circuito através da divisão da quantidade de Coulomb pela carga elementar ($n = \Delta q / 1,6 \cdot 10^{-19}$) o que resulta em $4,5 \cdot 10^{23}$ elétrons! Neste ponto é possível fazer uma discussão do conceito de mol o que nos remete a conteúdos da Química.

Considerando-se que um mol de elétrons possui $6,02 \cdot 10^{23}$ elétrons, significa que a quantidade de elétrons que circula por dia através do chuveiro é da ordem de 2/3 de mol. Durante o mês isto chega a 20 mols de elétrons. Em se tratando da energia ($\epsilon = P \cdot \Delta t$), obtida pelo produto da potência e do tempo, é avaliada em $4400 \text{ W} \times 3600 \text{ s}$, resultando em, aproximadamente, 16.000 kJ (cerca de 4.000 kcal). Por outro lado, sabendo-se que o chuveiro, de potencia nominal 4,4 kW, funciona uma hora por dia, em termos de quilowatt hora (kWh) isto produz 4,4kWh, o que durante o mês perfaz 132 kWh do consumo energético familiar. Suponhamos que, dentro do plano de metas, o custo do kWh é de R\$ 0,35985 o que implica em aproximadamente R\$ 47,00. Sobre este valor ainda incide 25% de ICMS, aliás, neste ponto é possível fazer uma abordagem a respeito deste imposto e, também, aproveitar para mencionar fatos de economia associados com energia. Outra coisa que poderia ser mencionada é sobre o plano de metas estabelecido em 2001, como uma medida concreta para conter o apagão.

Considerando-se que a água encontra-se inicialmente a 20°C e que se deseja tomar um banho a 40°C, qual a quantidade de energia que deve ser cedida para cada litro de água? Levando em consideração que o calor específico da água é 4200 J/kg, que a densidade da água é de 1 kg/L e que a variação de temperatura deve ser de 20°C, vem que a energia será $\epsilon = 1 \cdot 4200 \cdot 20 = 84000$ Joules. Vamos supor que o tempo para realizar tal operação seja da ordem de 25 segundos. Neste caso a potência dissipada pelo resistor deve ser $84000/25 = 3360$ Watts, enquanto que a corrente será $3360/220 = 15,3$ A, para o que será exigido uma resistência elétrica igual a $220/15,3 = 14,4 \Omega$.

Considerando a resistência elétrica de $14,4 \Omega$, a corrente de 15,3 A e uma tabela comercial é possível determinar a bitola do fio do qual será confeccionada a resistência. Neste momento o aluno deverá ser instruído a pesquisar sobre a diferença entre os termos diâmetro do fio e sua bitola, que são coisas diferentes.

Para dimensionar o comprimento do material para confeccionar o resistor será utilizada a equação (8).

Os resistores do chuveiro elétrico, cujo objetivo é produzir calor, em geral, são confeccionados de uma liga Níquel-Cromo, cuja característica é possuir uma alta resistividade elétrica (ρ), com o propósito de garantir o aquecimento.

No sistema internacional (SI), a unidade de resistividade elétrica é $\Omega \cdot \text{m}$ e a área da seção transversal do fio condutor é expressa em m^2 . Contudo, na prática, é mais eficiente referir-se à área da seção transversal do condutor em milímetros quadrados (mm^2) e, desta maneira a resistividade de um dado material poderá ser tabelada em $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$. Para as ligas de Níquel-Cromo, a resistividade no SI varia de 1,1 a $1,5 \cdot 10^{-6} \Omega \cdot \text{m}$, o que corresponde a valores entre 1,1 e $1,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$.

Consideremos o uso de fio de níquel-cromo com seção da ordem de $0,15 \text{ mm}^2$ com a resistividade na faixa acima mencionada. Neste caso o comprimento do fio vale

$$L = \frac{RA}{\rho} \quad (9)$$

Para resistividade igual a $1,1 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ fornece um valor igual a $14,4 \cdot 0,15/1,1 = 1,96$ metros enquanto que para $1,5 \Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ fornece um comprimento de 1,44 metros.

Em seguida, o professor poderá fazer um questionamento a respeito da resistência elétrica do chuveiro e indicar os três pontos de ligação mostrando que a resistência se divide em duas partes: uma parte maior que corresponde a posição “verão”, e outra menor correspondendo a posição “inverno”. Reforçar também que, quanto menor for o comprimento do resistor maior será a potência e conseqüentemente mais quente estará a água, o que é entendido por muitos alunos como a situação inversa (maior resistência equivale a maior aquecimento). A título de curiosidade o professor poderá mostrar um chuveiro desmontado indicando as posições dos resistores e também explicar porque o chuveiro não funciona quando a pressão da água for muito pequena.

Por outro lado, a resistividade depende da temperatura (T) apresentando uma variação dada por

$$\rho = \rho_0 [1 + \alpha(T - T_0)] \quad (10)$$

onde ρ representa a resistividade do material à temperatura T, ρ_0 representa a resistividade do material à temperatura inicial T_0 e α o coeficiente de dilatação do material.

A liga de Níquel-Cromo é escolhida para finalidades de aquecimento porque, entre outras coisas, sua resistividade ρ praticamente não varia com a temperatura T.

Para uma análise mais completa do aquecimento d'água utilizam-se as definições de vazão, dada por

$$\Phi = V_{ol} / \Delta t \quad (11)$$

onde Φ representa a vazão; V o volume de água e Δt o intervalo de tempo, e de densidade, dada por

$$d = m / V_{ol} \quad (12)$$

onde d representa a densidade, m representa a massa e V_{ol} representa o volume.

Relacionando as equações (1), (2) e (6), temos:

$$\frac{V^2}{R} = \frac{mc\Delta T}{\Delta t} \quad (13)$$

Utilizando a equação (13), podemos substituir a massa por $m = d.V$, resultando em

$$\frac{V^2}{R} = \frac{dV_{ol}c\Delta T}{\Delta t} \quad (14)$$

Como a vazão Φ é dada pela equação (11), podemos transformar a equação (14) em

$$\frac{V^2}{R} = d\Phi c\Delta T \quad (15)$$

de onde podemos isolar a variação da temperatura ΔT , obtendo

$$\Delta T = \frac{V^2}{Rdc\Phi} \quad (16)$$

Analisando a equação (17), podemos mostrar ao aluno que a variação da temperatura (ΔT) depende da voltagem do chuveiro (V), da densidade (d) da água e do calor específico (c) da água, que são constantes, e das grandezas variáveis Resistência (R) e Vazão (Φ). Para aumentarmos a variação da temperatura na água devemos diminuir sua resistência elétrica (mudar da posição verão para a posição inverno) e/ou diminuir a vazão de água. Com menos água para se esquentar (menor vazão), o aquecimento se torna maior. Uma análise semelhante poderia ser realizada no cálculo de uma usina hidrelétrica (potência, em função da vazão), além da questão de cidadania, sobre a economia de água.

É natural que surjam perguntas do tipo, para que serve? Quando foi desenvolvido ou inventado? Será que seu inventor sabia seu "conteúdo físico?"

Num contexto destes e com esta atitude, a "História da Ciência" não será uma enumeração de feitos, mas estará ancorada na economia, na cultura e na política das sociedades que produziram ciência. Um tópico que poderia ser abordado diz respeito à figura de Ohm e Joule, dois cientistas que estão intimamente ligados com a transformação de energia elétrica em térmica.

3. CONCLUSÃO

O conjunto das idéias aqui resumidas (detalhadas nos PCNs+) é apenas um ponto de partida para uma nova forma de encarar a presença da Física na escola média. Será somente através de práticas concretas, tentativas, erros e sucessos, experiências compartilhadas e muita discussão que, de fato, começarão a ser produzidas novas alternativas ao ensino atual.

É necessário que seja dada uma atenção toda especial para a articulação entre as competências, habilidades, conhecimentos e estratégias a serem propostos e desenvolvidos. Essa, com certeza, é uma articulação que demanda atenção e discussão, para que gradualmente possam ser identificados os fatores que integrem esses vários aspectos, concretizando novas práticas de sala de aula. Discussão, reflexão, troca de experiências e vivências são as tarefas de sempre, mas prioritárias no momento. E embora a questão educacional tenha sempre se revelado como altamente complexa, a garantia de sucesso para a empreitada é nunca perder de vista o objetivo último da cidadania desejada, uma cidadania consciente, atuante e solidária, mostrando aos alunos não apenas o conhecimento gerado durante toda a civilização mas, acima de tudo, sua utilização de forma ética e responsável.

-
1. ANGOTTI, J.A.P. – Fragmentos e Totalidades no ensino de Ciências. *Tese de Doutorado FEUSP* – 1991
 2. ANGOTTI, J. A. P. - Conceitos Unificadores e Ensino de Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*. v. 15 N^os (1 a 4), 1993, p. 191-198.
 3. BRASIL. Secretaria de Educação do Ensino Fundamental. - Parâmetros Curriculares Nacionais, 1997.
 4. BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. - Parâmetros Curriculares Nacionais: Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, 2000.
 5. BASTOS, F.P. - Pesquisa – Ação Educacional e Formação de professores de Física – *V Encontro de Pesquisadores em Ensino de Física* – Águas de Lindóia, SP, 2 a 5 de Set de 1996 SBF p. 323-329
 6. KAWAMURA, M. R. D. e HOSOUME Y. - Física na Escola v.4, n.2, p. 22-27 (2003)
 7. MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. - PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. (MEC SEMTEC, Brasília, 2002). 144 p.
 8. MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. - PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. (MEC SEMTEC, Brasília, 2002b), p.59.
 9. RICARDO E.C e ZYLBERSZTAJN, A. - Caderno Brasileiro de Ensino de Física 19, 351-370 (2002).
 10. RICARDO, E.C. - Física Escola v.4, n.1, p.8 -11 (2003).