
EXEMPLIFICAÇÃO DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ESTRUTURAÇÃO INTEGRADA DO PENSAMENTO
FÍSICO E MATEMÁTICO: DA PROBLEMATIZAÇÃO À CONTEXTUALIZAÇÃO

EXAMPLES OF DIDACTIC SEQUENCE FOR INTEGRATED STRUCTURING OF PHYSICAL AND
MATHEMATICAL THOUGHT: FROM PROBLEMATIZATION TO CONTEXTUALIZATION

Nelson Leite Cardoso¹

Departamento de Ciências Naturais, Centro de Ciências Sociais e Educação, Universidade do Estado do Pará
66113-010, Belém, PA, Brasil

Recebido em 24/11/2013. Revisado em 08/01/2014. Aceito em 15/02/2014.

Resumo

Propõe-se uma sequência didática composta por situações e cenários da Física baseada no princípio de que o desenvolvimento da habilidade estruturante do pensamento e do saber matemático possibilitará igualmente a estruturação do pensamento físico. Desenvolve-se essa habilidade a partir da identificação e interpretação dos significados dos elementos que compõem uma situação ou cenário físico, destacando a funcionalidade do formalismo matemático presente e suas relações de causalidade e comportamento físico. Mostra-se que o desenvolvimento de problematização, modelização e contextualização promove a integração do conhecimento técnico da Matemática com a construção do pensamento físico presente em cada situação-problema. O desenvolvimento de todo esse processo é motivado pela provocação de questões reflexivas que contribuem para a construção gradativa dos significados dos elementos que irão compor o princípio físico que se quer estudar.

Palavras-chave: Sequência didática. Modelização. Aprendizagem Significativa. Ensino de Física.

Abstract

It is proposed a didactic sequence composed of situations and scenarios of physics based on the principle that the development of the structural ability of thinking and mathematical knowledge will also allow the structuring of physical thinking. This ability is developed by identifying and interpreting the meaning of the elements of a situation or physical setting, highlighting the functionality of this mathematical formalism and its causal relationships and physical behavior. It is shown that the development of questioning, modeling and contextualization promotes the integration of technical knowledge of Mathematics to the construction of physical thinking present in every problem situation. The development of this whole process is driven by the provocation of reflective questions that contribute to the gradual construction of the meaning of the elements that will compose the physical principle that is being studied.

Keywords: Didactic sequence. Modeling. Significant learning. Physics teaching.

¹ E-mail: nelsonlc@uepa.br

1 Introdução

É possível promover aprendizagem, ou ainda melhor, pôr em prática um processo educativo a partir da proposição de problemas? Os problemas disponíveis nos livros didáticos servem apenas para aplicar, sedimentar ou até aprofundar os conhecimentos *já* adquiridos no estudo dos conteúdos presentes nas Unidades que antecipam os problemas?

Sem dúvida, tanto os exercícios quanto os problemas propostos presentes em geral no final de cada unidade de ensino têm, em princípio, a função citada acima: *aplicar, sedimentar ou aprofundar conhecimentos*, mas a intenção aqui é de ressaltar a importância da utilização de problematização como alternativa motivadora e **provocativa** para dar início ao processo de aquisição consciente de conhecimento. O destaque relativo à **provocação** é proposital, pois trata-se de *instigar* o aluno para o aprender de forma não passiva, de desafiá-lo a pôr em teste suas concepções prévias, de despertar potencialidades e desenvolver habilidades, como da observação, análise, raciocínio e elaboração do pensamento de forma criativa e estruturada. Perrenoud destaca que um dos desafios do professor é justamente organizar e dirigir situações de aprendizagem. Para isso, reconhecer as representações dos alunos, os obstáculos à aprendizagem, a elaboração de sequências didáticas e o conhecimento dos conteúdos a ser ensinados são atribuições fundamentais. Para o autor, as situações de aprendizagem deverão ser significativas, problematizadoras e contextualizadas (PERRENOUD, 2000 apud RICARDO, 2010, p. 41).

Sabe-se que a construção de significados remete a uma sequência de (re)elaborações, interações com conhecimentos prévios e, principalmente, de reconhecimento dos “*papéis*” ou “*funções*” de cada elemento ou parte da situação problematizada. Partindo desse princípio, discutem-se algumas possibilidades de como o professor pode provocar a reflexão e análise por parte do aluno no momento da resolução de um problema, visando a estruturação do pensamento físico a partir da **interpretação funcional** das ferramentas matemáticas. Vale destacar que, apesar do uso do termo “*ferramentas*” ao referir-se ao conteúdo matemático, se quer enfatizar que a interpretação remete à compreensão dos significados da linguagem matemática, ou seja, da construção ou utilização consciente do formalismo matemático.

Pietrocola (2010), ao discutir a resolução de problemas e a utilização do saber estruturante como

forma de promoção da aprendizagem significativa, apresenta duas formas de aprendizagem de conteúdo físico a partir da exploração do formalismo matemático. Estas duas formas estão ligadas a domínio de saberes definidos como *habilidade técnica* e *habilidade estruturante*. Esta última está relacionada ao “*uso organizacional da matemática em domínios externos a ela*” (PIETROCOLA, 2010, p. 91, grifo do autor), como, por exemplo, em situações ou cenários da Física. A habilidade técnica diz respeito à capacidade de usar o formalismo matemático adequadamente em situações estritamente matemáticas. Contudo, o domínio da habilidade técnica não garante que o aluno seja também capaz de utilização do saber estruturante, isto é, o aluno até pode saber como resolver situações próprias da Matemática que exigem processos mecânicos e abstratos, mas não sabe interpretar este conteúdo a partir de uma situação concreta (como uma situação física) ou aplicar este conhecimento nesta situação. Isto denuncia que o domínio da habilidade técnica é caracterizado (provavelmente) como uma aprendizagem mecânica ou sem significado, ou ainda, sem atributo de validade. Neste caso, então, se justifica a concepção de que o uso de situações-problemas (concretas ou de contextualização), tais como as situações ou cenários da Física, deve contribuir para o desenvolvimento da habilidade estruturante do pensamento (e, portanto, do saber) matemático, o que, por sua vez, possibilitará igualmente a estruturação do pensamento físico.

Se a matemática é a linguagem que permite ao cientista estruturar seu pensamento para apreender o mundo, o ensino da ciência deve propiciar meios para que os estudantes adquiram esta habilidade. Não parece que um mero domínio operacional dos conteúdos matemáticos seja capaz de permitir a incorporação de tal habilidade. Nessa direção de muito pouco ou de quase nada, interessa a vivência isolada do aluno no contexto próprio da Matemática, sem um esforço específico de introduzi-lo na “*arte*” da estruturação do pensamento através da Matemática. (PIETROCOLA, 2002, p. 105-106).

Assim, o devido encaminhamento de situações problematizadoras vem facilitar a promoção da aprendizagem significativa dos conceitos centrais, tanto da Matemática quanto da Física.

Propõe-se, então, uma sequência didática possível de ser aplicada em um curso da série inicial do Ensino Médio, com um conjunto de três situações, as quais são exploradas através de

provocações e reflexões que poderiam ser encaminhadas pelo professor ao longo do desenvolvimento de toda a atividade. Tais provocações têm a função de identificar e discutir os significados ou papéis de cada elemento, resultado ou procedimento adotado.

2 Desenvolvimento da sequência didática

A problematização proposta na sequência didática é constituída de 3 (três) situações provocativas, todas relacionadas ao tema “comportamento elástico de uma mola”. Cada situação proposta mostra-se como uma oportunidade de construir novas hierarquias **conceituais** que facilitarão a construção da estrutura matemática, iniciando com a identificação de cada dado, sua função e/ou significado e relações pertinentes, justificadas pelas referências ou argumentação matemática, até atingir o nível da aplicação e construção de significado do princípio físico presente na situação final (última situação proposta). A ideia é que, à medida em que cada situação passe a ser solucionada, seja desenvolvido um conjunto de argumentos que servirão como referenciais prévios para a situação seguinte.

Todas as situações utilizadas foram propositadamente retiradas ou adaptadas de fontes disponíveis a um professor (livros ou revistas de ensino), pois constam de um problema, um desafio e uma atividade experimental. O que se quer destacar é a dinâmica que o professor pode desenvolver no sentido de fazer valer os princípios e ideias já defendidas antes. A primeira situação visa inferir sobre uma suposta relação entre os dados apresentados pela figura. O objetivo é prever – como hipótese – a existência de uma regularidade entre as variações de deformações e a diferença entre os pesos (ou massas) dos corpos apresentados.

Na segunda situação – baseada na técnica de problema – já se avalia a capacidade de aplicação do princípio matemático considerado na situação anterior, como forma de encaminhamento de solução. Embora a reduzida quantidade de dados seja um fator limitante para a confirmação do princípio matemático estabelecido, a estrutura do pensamento matemático é suficiente para a aplicação nesta situação e estimar uma resposta para a mesma. Contudo, seu limite de validade não fica definido, necessitando de um número maior de amostragem (dados e verificações).

Finalmente, a terceira situação (uma atividade experimental) é composta de uma sequência de

provocações, informações de referências (premissas) que auxiliam na idealização do contexto físico. Os procedimentos experimentais são intercalados por reflexões, a fim de compor um conjunto de argumentos e conhecimentos de razoável detalhamento para permitir estabelecer uma lógica matemática coerente e confirmar a validade da estrutura matemática estabelecida desde a primeira situação. O diferencial nesta situação é que as informações fornecidas, relacionadas às propriedades e características físicas que compõem o cenário, podem ser integradas à estrutura matemática desenvolvida, permitindo a construção do pensamento físico a partir do significado matemático.

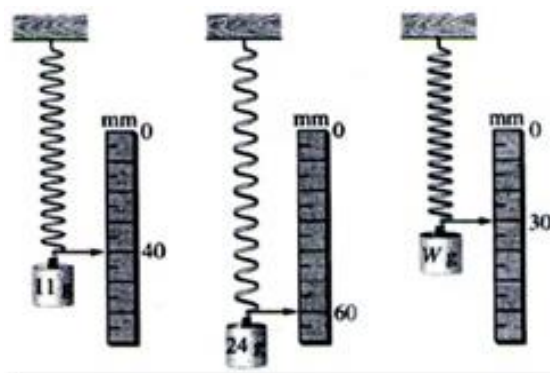
A exploração da sequência didática é feita com base em 10 (dez) perguntas que visam o desenvolvimento de habilidades para identificação da estrutura matemática presente na situação, pois conforme já foi citado antes, tal identificação é condição fundamental para a estruturação do pensamento físico. A sequência das questões é apresentada logo após a apresentação das situações.

2.1 Sequência didática para estudo do comportamento elástico de uma mola

❖ **SITUAÇÃO 1²**: A Figura 1 mostra três massas suspensas em uma mola: uma massa de 11 g, uma massa de 24 g e uma massa desconhecida de W gramas.

- O que indicará o ponteiro na escala se não houver massa na mola?
- Ache W .

Figura 1 – Cenário da situação 1.



Fonte: ANTON, 2000. p. 74.

² Adaptado de: (ANTON, 2007. Cap. 1).

❖ **SITUAÇÃO 2³**: Considere os seguintes materiais: uma régua milimetrada; uma mola; um corpo (A) de massa conhecida ($m_A = 50\text{ g}$) e um corpo (B) de massa desconhecida (m_B). Calcule o **peso** do corpo B.

❖ **SITUAÇÃO 3**:
Atividade experimental **“Comportamento elástico de molas helicoidais e a Lei de Hooke”**

Provocações Iniciais:

- I. Como traduzir matematicamente o regime (comportamento) elástico de uma mola que passa a ser deformada por massas conhecidas?
- II. Qual(quais) princípio(s) físico(s) dá(dão) suporte teórico ou explica(m) o comportamento da mola durante o processo de deformação e restauração?

Premissas Iniciais:

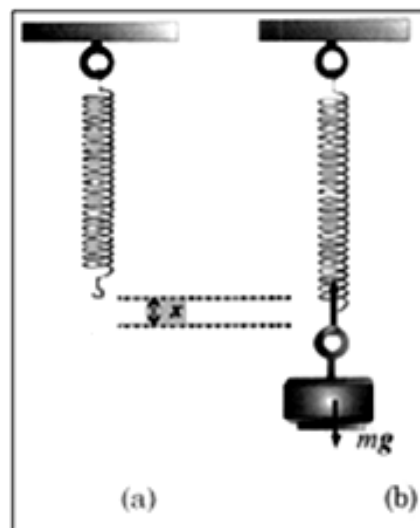
- Sempre que um objeto fica submetido a uma força de compressão ou de tração, ele sofre uma deformação. Quando esta força cessa sua ação e o corpo retorna à sua forma inicial (restauração das medidas iniciais do corpo), dizemos que o corpo se comporta de forma elástica, ou seja, que sofreu uma deformação elástica.
- Tal comportamento não ocorre de forma indefinida, isto é, nem toda deformação terá a restauração das condições iniciais garantida. Isso implica que a capacidade do corpo de restaurar sua forma inicial possui limite, que depende da intensidade da força deformadora e das características do corpo. Após este limite, costuma-se dizer que o corpo inicia o regime plástico, onde a deformação tende a se tornar, gradativamente, permanente.

Desenvolvimento:

- Promover deformações sucessivas em uma mola, a partir da acoplagem de massas conhecidas. Inicie verificando o comprimento inicial da mola enquanto está suspensa por um suporte e livre de qualquer esforço ou peso (ação de força externa). Pode-se utilizar a extremidade livre da mola como marco de referência para a leitura do comprimento da mola antes e após as deformações.
- Pendure uma massa aferida na extremidade livre e verifique o “novo” comprimento da mola, que surge devido à deformação sofrida pela mola. Calcule essa deformação (ver Figura 2).

- Acrescente ao sistema mais uma massa conhecida. Proceda como anteriormente para calcular a nova deformação.
- Repita o processo anterior até a acoplagem de (no máximo) 04 (quatro) massas aferidas.
- Construa uma tabela para registrar os dados obtidos relativos aos pesos totais recebidos pela mola e as respectivas deformações sofridas pela mesma.

Figura 2 – Cenário da situação 3.



Fonte: CAMPOS, 2007. p. 35

Questões para reflexão:

1. Considerando a sequência numérica de valores para os pesos e a sequência numérica para as deformações, avalie as possíveis relações matemáticas entre os elementos dessas sequências numéricas e os seus elementos correspondentes nos pares ordenados. Sugestão: para uma avaliação qualitativa razoável, considere a aproximação e/ou arredondamentos dos resultados obtidos a partir das relações e comparações entre os valores das sequências numéricas.
2. Identifique e represente vetorialmente as forças que atuam no corpo pendurado pela mola quando o sistema (massa – mola) está em equilíbrio. Com relação a isso, após a mola receber um determinado peso e no momento em que atinge o repouso, como expressar matematicamente o estado de equilíbrio alcançado pela mola?

Novos procedimentos:

- Troque a mola usada por outra e repita todo o processo anterior.

³ Adaptado de: (HOFMAN; GRANDI, 1986, p. 107-108).

- Realize comparações entre as observações e os resultados obtidos para as duas molas.

Questão para reflexão:

3. Que significado você atribuiria ao valor obtido pela razão entre cada valor de força (peso) aplicada à mola e a respectiva deformação sofrida pela mola?
- Com base nos dados obtidos pelas tabelas, construa o gráfico para cada mola que relacione a Força Peso (força deformadora) versus a deformação da mola. Compare os gráficos obtidos.

Questão para reflexão:

4. Qual o significado físico para o valor da inclinação de cada um dos gráficos?

Questões para pesquisa e aprofundamento:

5. Compare os resultados obtidos nas questões 3 e 4. Discuta que relações estes resultados podem ter com as características físicas ou propriedades das molas.
6. A Lei de Hooke é o princípio físico que traduz o comportamento elástico de uma mola e é representada pela expressão $F = -K \cdot x$, onde F representa a força elástica da mola e x a respectiva deformação desta mola. Identifique o significado físico da constante K . Como você justificaria, **fisicamente**, a presença do sinal negativo na expressão?
7. Cite ou descreva situações reais que podem ser explicadas pelo princípio físico estudado (ainda que se considerem aproximações). Pesquise.

2.2 Questionamentos para encaminhamento das situações propostas:

Apresenta-se a seguir um conjunto de 10 (dez) questões para o professor promover a organização e estruturação do pensamento físico-matemático presente nas situações provocadas. Analisa-se cada questão e são ressaltadas as expectativas de respostas, destacando os resultados esperados da integração das situações propostas.

Estas questões são, antes de tudo, norteadoras da ação do professor. Através destas o professor pode direcionar o seu plano de ação para o envolvimento gradativo dos alunos no desafio da construção do conhecimento e seus respectivos significados. A inserção das questões pode ser feita de forma gradativa, a fim de provocar reflexões e manter o aluno engajado no processo de forma ativa e consciente. Em alguns momentos, porém, como

no caso da Situação 3, muitas destas questões já estão “embutidas” no desenvolvimento da própria atividade.

Questão 1: Identifique os dados apresentados no problema. Quais os significados destes dados?

Na primeira situação os dados fornecidos restringem-se aos valores de massa e localização da extremidade da mola em um marco da régua. Na segunda situação, a qual é baseada na técnica de problema, as informações são limitadas. O único dado numérico fornecido é a massa de um dos corpos. Contudo, além da indicação dos materiais (corpo de massa desconhecida, mola e régua) sem maiores detalhamentos, solicita-se o cálculo de uma grandeza física: o peso do corpo de massa desconhecida. O cálculo de tal grandeza física subtende o domínio prévio de sua definição matemática simplificada ($p = m \cdot g$), de forma que o resultado final fica dependente da descoberta da massa desconhecida. Já na terceira situação, dá-se um salto qualitativo em termos de informações e tratamento experimental. Embora os componentes da atividade sejam os mesmos (massas aferidas, mola e régua), várias informações são acrescentadas no item “Premissas iniciais”: força de compressão ou tração, deformação elástica e deformação plástica, além do alerta para a existência de um limite de validade para cada tipo de comportamento da mola; valores e unidade de força (2N), equilíbrio, força peso. Após a realização dos procedimentos básicos da atividade (até questão 4 da atividade), é acrescentado o item “Questão para pesquisa e aprofundamento”, onde novos termos são apresentados, tais como: Lei de Hooke e a expressão $F = -k \cdot x$. Muito embora a definição destes termos possa ser obtida por pesquisa bibliográfica (ou outros meios), a intenção maior é que seus significados possam ser facilitados a partir da estruturação do pensamento matemático desenvolvido ao longo de todas as etapas das situações anteriores.

Questão 2: Dentre os dados identificados, quais se comportam como variáveis e quais se comportam como constantes?

A identificação destes elementos é de grande importância para a interpretação da situação. Na medida em que as condições e procedimentos propostos nas situações remetem à variação de valores para a massa e deformação da mola, espera-se que estas grandezas sejam identificadas como as variáveis do problema. Vale ressaltar que

esta identificação remete à presença de subsunsores (conceitos prévios estáveis na estrutura cognitiva do aluno) necessários para tal. Contudo, tem-se que atentar para um “detalhe” fundamental: os conceitos de variável e constante podem ser explorados pela interpretação puramente matemática ou pela interpretação do “papel” de cada grandeza ou dado atribuído em cada situação. As interpretações não são necessariamente as mesmas. No primeiro caso, da interpretação matemática, a identificação do conceito de variável ou constante pode estar presente no aluno através, por exemplo, do conceito abstrato de função, onde comumente são apresentados os signos x, y, z, \dots para representar variáveis dependentes e independentes e os signos a, b, c, \dots como constantes de valores numéricos imutáveis ou como coeficientes de variáveis de ordem zero. No segundo caso, porém, o conceito de variável em situações físicas está relacionado ao comportamento de grandezas físicas, cujo comportamento está dependente do valor, atributo ou variação de outra grandeza. Já as constantes têm significados complexos, pois, em geral, não se trata apenas de valores numéricos imutáveis, mas sim de fatores resultantes de um conjunto de características ou condições da situação física em si. Por exemplo, a constante da Gravitação Universal ou a constante eletrostática, que embora possam ser explicitadas por meio de suas expressões⁴

$$G = \frac{F \cdot d^2}{M \cdot m} \quad \text{e} \quad k = \frac{F \cdot r^2}{q_1 q_2},$$

não assumem o significado de “simples” fatores de proporcionalidade entre as entidades presentes nas razões, mas sim o valor resultante de um conjunto de propriedades e condições do sistema (por exemplo, propriedades do meio onde se encontram os corpos do sistema). Dependendo da situação física que se quer explorar no cenário, uma grandeza também pode se comportar como constante. Por exemplo, a massa de um corpo pode ser considerada como uma constante quando em uma experiência de dinâmica avaliam-se as relações entre intensidades de forças aplicadas sobre um determinado corpo e as respectivas acelerações obtidas por este corpo (regime clássico). O resultado destas relações (razões matemáticas) são valores

⁴ Optou-se, aqui, por não utilizar o formalismo vetorial por uma questão de destacar a relação de dependência escalar (intensidade).

que somente se alteram quando a experiência é repetida com outro corpo (massa diferente).

No caso das situações propostas, o significado da constante que está presente é construído gradativamente, pois até o desenvolvimento das duas primeiras situações o valor obtido para a relação (razão) entre as grandezas presentes assume a condição – por hipótese – de fator de proporcionalidade entre estas grandezas. Institui-se, então, uma relação de dependência matemática entre elas. Somente na resolução da terceira situação poderá ser percebida a necessidade de consideração de aproximação dos valores obtidos para a razão entre as grandezas (massas aferidas e as respectivas deformações da mola), de forma a poder considerá-la (a razão) como uma constante, sob as condições desta aproximação. Nos procedimentos posteriores é que poderá ser percebido que o valor desta razão está relacionado à mola ou até a algumas características da mola, caso haja a verificação com mais de uma mola (distintas entre si).

Questão 3: Dentre estes dados é possível identificar conceitos físicos? Caso positivo, cite qual(ais) o(s) conceito(s) físico(s) presente(s) na questão. Está presente algum princípio físico (teórico) conhecido por você?

A resposta a esta questão serve como sondagem prévia do domínio conceitual de conceitos ou teorias da Física pelos alunos. De outra forma, a ausência ou incoerência de resposta pode denunciar a necessidade do desenvolvimento de organizadores prévios a fim de reestruturar o domínio cognitivo do aluno. Se considerarmos que os alunos ainda não possuem o domínio do conteúdo específico da Física conhecido como “Lei de Hooke”, espera-se que seja possível a identificação dos conceitos prévios já citados na análise das questões anteriores.

Questão 4: Em cada situação-problema proposta, quais as relações de dependência entre as grandezas/variáveis? Identifique as regularidades (“coisas” que mudam ou variam de forma regular ou repetitiva).

Aqui se situa o “cerne” da busca da solução, mais especificamente o primeiro “passo” da estruturação do pensamento matemático, que posteriormente permitirá a construção do pensamento físico. Neste momento o aluno descreve o que entendeu do problema ou situação problema: os resultados das questões anteriores passam a ser avaliados em conjunto, buscando

identificar alguma relação de dependência (seja matemática ou conceitualmente falando) a fim de poder prever alguma regularidade presente.

A construção de um Mapa Conceitual do quadro apresentado é uma excelente forma de estabelecer as relações de significados entre os elementos constituintes da questão, envolvendo não só os conceitos, mas também as grandezas e suas funções no cenário.

Na análise das questões 1 e 2 já foram adiantadas as possíveis relações de dependência. Mas ressalta-se ainda que nas duas primeiras situações a relação matemática é proposta pelo aluno como hipótese (ainda que fundamentada pelo domínio pessoal de conteúdo). Porém, é na terceira situação que tal relação passa a ser verificada. A utilização de vários corpos de massas aferidas e a repetição do processo com molas diferentes permitirá a reflexão sobre a possível existência de uma regularidade matemática na dependência de atribuição de certas condições (ver análise da questão 9).

Questão 5: Cite hipóteses para a solução da situação.

As hipóteses atribuídas pelos alunos são importantes informações que servem como sondagem prévia da estrutura cognitiva do aluno e, portanto, do domínio técnico do conteúdo relacionado à questão. Já foi antecipada nas análises anteriores a relação entre as hipóteses e a estruturação do pensamento matemático. Acrescenta-se que desde a primeira situação, o estabelecimento de uma hipótese é condição necessária para o encaminhamento de uma solução, pois a partir dela é que será estabelecido o plano de resolução. Tal hipótese passa a ser cada vez mais testada ao longo do desenvolvimento das demais situações (ver a análise das questões 6 e 7). Para o aluno, o estabelecimento de uma hipótese representa a qualidade e profundidade da análise prévia feita pelo mesmo. De certa forma, ela antecipa a visão de modelo físico, de estrutura matemática prévia e, portanto, de modelo conceitual que o aluno tem acerca da situação. Neste caso, é de fundamental importância a presença de provocações e reflexões por parte do professor para que o próprio aluno possa avaliar a coerência (ou até a consistência) de sua hipótese.

No caso, por exemplo, de uma hipótese inconsistente, o resultado obtido pela própria análise, ou pelo tratamento dos dados durante a resolução da questão modelo (situação 1 e/ou 2) ou, ainda, através do tratamento dos dados ao longo da

experimentação servirá como momento de desestabilização cognitiva do aluno. Dessa forma, uma vez que o aluno perceba que sua hipótese não é validada, é criada uma insatisfação em relação ao mérito da hipótese e surge a necessidade de reformulação da mesma. Dá-se início, então, ao estágio de mudança conceitual.

Questão 6: Elabore um “plano” para o encaminhamento da resolução do problema.

A execução de um “plano” de resolução depende diretamente da habilidade técnica e habilidade estruturante do indivíduo. A habilidade técnica está relacionada com o domínio conceitual prévio necessário. Isso implica, inclusive, na qualidade deste domínio conceitual, ou seja, que seus conceitos prévios sejam significativos para ele (aluno). A habilidade estruturante está relacionada com a experiência acumulada em resolução de problemas ou simples exercícios, pois o habilita para a interpretação de situações problematizadoras e concretas. O fato é que, neste caso, o diferencial está na capacidade do aluno perceber coerência na identificação das regularidades e aplicação dos significados conceituais já construídos. Habilidades de raciocínio dedutivo/indutivo e análise são pré-requisitos que podem demonstrar a diferença entre especialistas e novatos no processo de resolução de problemas. Mas isso não quer dizer que novatos não sejam capazes de encaminhar soluções. A diferença está na forma de desenvolvimento de resolução da situação.

É durante a elaboração e execução do plano de resolução do problema que os processos de realização da Aprendizagem Significativa podem ser estabelecidos. De fato, Costa e Moreira (2001, p.274) defendem que:

Nossa hipótese de trabalho sugere a necessidade de o aluno representar internamente cada situação problemática que lhe é proposta, no sentido de resgatar seus conhecimentos que lhe permitam elaborar um caminho para a interpretação, reavaliação e desenvolvimento da mesma. Cremos que a presença de um modelo mental na tarefa de resolução de problemas é condição necessária para buscar a aprendizagem significativa.

Conforme já citado antes, a elaboração e execução de um plano de resolução do problema pode caracterizar o início de um estágio de mudança conceitual. Ao longo desse estágio relações conceituais passam a ser questionadas, (re)construídas; ideias e conceitos passam a ser propostos ou (re)avaliados e podem sofrer

modificações, ajustes ou ser simplesmente descartados. À medida em que novas ideias ou impressões passam a ser constituídas de algum significado, decorrente de relações conceituais com a estrutura conceitual prévia do aluno, diz-se que hierarquias conceituais estão sendo estabelecidas. Segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa de Ausubel, esses processos de reestruturação cognitiva podem ocorrer por diferenciações progressivas e reconciliações integrativas.

Vale ressaltar que a elaboração de um plano de resolução está intimamente relacionada com a construção de um modelo da situação, isto é, uma modelização da situação proposta.

Questão 7: Como avaliar a fidedignidade ou consistência do resultado?

Presumir que haja uma relação direta entre as intensidades de massa (ou peso) e a correspondente deformação da mola é um argumento que permite a resolução das duas primeiras situações, mas só se estabelece de forma coerente, isto é, só se define como uma estrutura matemática, na medida em que, na terceira situação, avalia-se o mérito dos resultados e se estabelece as condições de contorno ou de validade das respostas. Isso quer dizer que a verificação cautelosa dos procedimentos para coleta dos dados, a repetição das medidas e verificação das condições para que as medidas sejam as melhores possíveis, devem repercutir na aproximação cada vez maior dos valores encontrados para a razão entre a força deformadora e as deformações da mola, levando a presumir, portanto, que se as fontes de erros pudessem ser perfeitamente controladas os resultados deveriam ser idênticos.

Outro aspecto fundamental é notar que a estrutura matemática definida para a resolução das duas primeiras situações se apresenta válida para a aplicação em cada mola utilizada na terceira situação, ou seja, o princípio matemático é válido, apenas diferenciando-se pela intensidade dos valores dos resultados medidos.

Questão 8: Quais as condições para que o sistema que compõe a situação-problema possa existir ou funcionar com regularidade?

A identificação das condições de validade da situação proposta nem sempre é possível apenas com a resolução de problemas fechados ou puramente matemáticos (algébricos, como no caso da situação 1). A proposição de situações que demandam análise e raciocínio, que desafiam o aluno a utilizar seus subsunçores a fim de elaborar

uma solução alternativa para uma provocação feita (caso da proposição das situações 2 e 3) contribui de forma significativa para a tomada de consciência da existência dos limites de validade (condições de fronteira) para o comportamento matemático em situação real, isto é, em situação física.

Questão 9: Quais as possíveis fontes de erros?

A identificação das fontes de erros significa a tomada de consciência dos limites de validade da estrutura matemática desenvolvida. Como foi citado na análise da Questão 4, a identificação das condições que permitem considerar a relação entre as variáveis como uma regularidade digna de estabelecer um princípio matemático (ou estrutura matemática) é possível na medida em que se procede a uma avaliação dos resultados obtidos, isto é, de sua coerência e validade. Isto fica explícito na Situação 3, quando da composição de tabelamento dos dados e análise dos resultados. A busca para justificar as possíveis causas da diferença entre os valores das comparações entre as grandezas e, portanto, do uso de aproximações é uma condição pautada na aceitação de existência de erros ou desvios dos valores obtidos. Dessa forma, a consideração de que os valores das razões obtidas – embora apresentem alguma diferença – deveriam ser idênticos, está pautada na aceitação da existência de uma estrutura matemática regular, e, portanto, é necessária a consideração de causas para os desvios ou incertezas nas medidas, tais como: erros procedimentais, erros de medição, cálculos incorretos, problemas no material, etc.

Questão 10: Relate/cite alguma situação física (prática, real ou concreta) que possa (mesmo com aproximações) ser representada ou simulada pelo modelo ou contexto explorado na questão.

Após o desenvolvimento de todas as etapas anteriores, é recomendável pôr em prática a validade de todo esse processo. Tal validação, porém, não é tão simples, pois as situações tratadas se referem a modelos e, por sua vez, modelos teóricos nem sempre correspondem ao objeto real. Os modelos vistos nas situações anteriores são representações de situações reais e destituídas de uma série de aspectos ou propriedades que são descartadas no ato de sua análise e construção das estruturas de pensamento tanto matemático quanto físico. Vimos isso quando tratamos das limitações e condições de cada situação proposta para a aceitação e utilização do formalismo matemático ou da validade de algum princípio físico. Dessa forma, um modelo passa a ser aceito quando permite

descrever aspectos relevantes de uma situação real ou interpretar o comportamento de um objeto real, considerando alguns parâmetros e condições de existência. Na medida em que as estruturas matemáticas passam a ampliar o tratamento de parâmetros e dados, o modelo se torna mais complexo e cresce seu poder explicativo do contexto real e, portanto, aumenta a qualidade da estruturação do pensamento físico.

Porém, o aspecto metodológico relevante que se quer destacar na proposição desta questão 10 é de promover a culminância de todo um processo de construção e reflexão desenvolvido ao longo das questões anteriores, processo esse que se inicia com a problematização caracterizada pelas provocações de cada situação. Na verdade, a problematização inicial ideal deveria partir de uma situação-problema, ou seja, de um problema concreto ou real, a partir do qual seriam selecionados os aspectos possíveis de serem tratados matematicamente. Este processo de estruturação matemática reflete basicamente a modelização da situação-problema.

3 Conclusão

Nesta sequência didática três situações foram propostas com níveis de extensão e aprofundamento diferentes, ao longo das quais as estruturas matemáticas elaboradas no início passam a ser formalizadas gradativamente. Da mesma forma, a estruturação do pensamento físico “toma corpo” quando se integram os princípios físicos à interpretação das grandezas físicas presentes nos cenários apresentados, traduzindo seus

comportamentos de forma coerente com a estrutura matemática. Todo este conjunto de procedimentos vem assegurar o uso construtivo de uma razoável gama de informações a fim de não apenas pôr em prática regras ou técnicas de resolução de problemas, mas de promover aprendizagem significativa a partir de elaborações e reestruturações do pensamento e, portanto, da estrutura cognitiva do indivíduo.

Finalmente, entende-se que procurar interpretar uma situação real a partir do aprendizado construído ao longo de uma sequência didática é pôr em prática não só conhecimentos adquiridos, mas também habilidades que são desenvolvidas e que facilitarão a identificação, descrição, análise e interpretação da situação-problema. Em princípio, o aluno estará mais bem capacitado para proceder ao reconhecimento de características de situações concretas. Como defende Ricardo (2010, p. 29-51), a contextualização se dá no momento em que se retorna ao contexto de realidade que motivou a proposição da situação-problema, mas agora com um “novo olhar”, com capacidade ampliada de compreensão e de ação no processo de (re)construção de conhecimento. A contextualização sucede a problematização e a teorização ou modelização. No caso do contexto utilizado nas situações propostas nesta sequência didática, são diversos os casos nos quais alguma problematização pode ser criada: balanças de mola, amortecedores, recursos alternativos para práticas esportivas, etc. Para cada caso, um universo de condições de utilização e aplicação dos princípios físicos e das estruturas matemáticas podem ser elencados.

Referências

- ANTON, H. **Cálculo, um novo horizonte**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2000. v. 1.
- CAMPOS, A. A. G.; ALVES, E. S.; SPEZIALI, N. L. **Física experimental básica na universidade**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.
- CARVALHO, A. M. P. de C. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção ideias em ação).
- COSTA, S. S. C. da. MOREIRA, M. A. A resolução de problemas como um tipo especial de Aprendizagem Significativa. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. v. 18, n. 3; p. 263-277. 2001.
- HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física**. 6. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 2002. v. 1.
- HOFMAN, M. R.; GRANDI, B. C. S. Medindo Massas. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**. Florianópolis, Santa Catarina. v. 3, n. 2. ago, 1986.
- RICARDO, E. C. Problematização e contextualização no ensino de Física. In: CARVALHO, A. M. P. de. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção ideias em ação). p. 29-51.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Sears e Zemanski - Física 1**. 12. ed. Pearson / Addison Wesley, 2008.
- PIETROCOLA, M. A Matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, Santa Catarina, v. 19, n.1, p. 93-114, 2002.
- _____. A Matemática como linguagem estruturante do pensamento físico. In: CARVALHO, A. M. P. de C. et al. **Ensino de Física**. São Paulo: Cengage Learning, 2010. (Coleção ideias em ação). cap. 4, p. 79-97.