

SCHEIN, Z.P. Estudo didático de um experimento centrado em atividades de produção e aplicação de um objeto técnico: a balança analítica. Porto Alegre: PUCRS, 2004. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática), Faculdade de Química, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2004.

SÉRÉ, M.G.; COELHO, S.M.; NUNES, A.D. O Papel da Experimentação no Ensino da Física. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.20, n.1, p.3042, 2003.

SOUSA, R. Raios, relâmpagos e trovões. Disponível em: <<http://www.ufpa.br/ccen/fisica/aplicada/classif.htm>> Acesso em: 30 set. 2005

WEILBARAIS, A. et al. L' Homme Cognitif. Paris: Presses Universitaires de France, 1993

A INTRODUÇÃO DO MÉTODO DIDÁTICO DA MODELAGEM GRÁFICA, CRIATIVA PARA A FORMAÇÃO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ESTUDANTES DO ENSINO FUNDAMENTAL

Yuri Expósito Nicot⁴⁰

Luis Roberto Jardinot Mustelier⁴¹

RESUMO: O artigo apresenta os resultados de uma investigação doutoral sobre a formação de conceitos nas séries inicial do ensino fundamental pelo método e procedimentos de desenho, que facilitam a assimilação criativa do conhecimento científico para os estudantes e sua transferência correspondendo na solução de tarefas diversas.

Palavras-chaves: Modelagem, criatividade, formação de conceitos, didática das ciências, aprendizagem criativa.

RESUMEN: El artículo presenta los resultados de una investigación doctoral sobre la formación de conceptos en estudiantes de las series iniciales de la enseñanza fundamental, a través del método de modelación, que facilita la creatividad en la asimilación de conocimientos científicos por los estudiantes y su correspondencia en la solución de diferentes tareas.

⁴⁰ Doutor em Ciências Pedagógicas, professor auxiliar do Departamento de Física Aplicada da Universidade do Oriente, Cuba. Professor convidado da Universidade do Estado do Amazonas (UEA), Escola Normal Superior (ENS), Brasil.

⁴¹ Doutor em Ciências Pedagógicas, especialista em Didática das Ciências Naturais, professor auxiliar do Departamento de Ciências Naturais da Universidade Pedagógica Frank País García, Cuba.

Palabras claves: modelación, creatividad, formación de conceptos, didáctica de las ciencias, aprendizaje creativo.

INTRODUCCIÓN

A necessidade de estimular a criatividade nas crianças, adolescentes e jovens foi expressa nas Ciências Pedagógicas, mediados a partir do século passado. No desenho do currículo em geral, a estimulação da criatividade foi introduzida desde princípios do século XX, sob a influência da Escola Nova, não obstante, apesar de aparecer no desenho e ser motivo de atenção dos mais importantes pedagogos através da história, a estimulação da criatividade floresceu na prática educativa cotidiana, preponderando geralmente o tradicionalismo no ensino.

A criatividade é uma das qualidades essenciais que distingue o ser humano do resto dos animais. A diferença de épocas anteriores, atualmente há consenso em que todo ser humano normal é potencialmente criativo. O fenômeno da criatividade, como todo o humano, é extremamente complexo, e sua análise deve partir, a nosso julgamento, da concepção do homem como ser biológico, psicológico e social. Seu estudo esteve centralizado, desde finais do século passado, pela Psicologia, de maneiras muito diferentes e com enfoques diferenciado: uns centrados no processo de criação; outros na pessoa criativa e suas qualidades; no produto criado; ou nas condições ambientais em que se desenvolve.

Ultimamente se expõe cada vez com mais força a necessidade de um enfoque holístico, ou seja do todo, totalizador, que integre todos os resultados parciais obtidos nas investigações anteriores, de modo que seja possível, não só descrever o fenômeno, mas também chegar mais à frente, a sua explicação e projeção. Os psicólogos tentaram definir a criatividade como um processo, uma qualidade, uma capacidade, uma potencialidade e até como um tipo de atividade, entre outras.

Pensamos que formar conceitos sobre a atividade, reduzem o fenômeno a um ou outro de seus diferentes componentes e manifestações, daí que nós expomos uma definição mais integradora, na qual se entende por criatividade: *o complexo fenômeno peculiar do ser humano, que se manifesta na atuação dos sujeitos, caracterizado pela originalidade e utilidade – ao menos*

para si -, pelo que descobre, produz ou expressa, e está determinado por fatores bióticos, psíquicos e sociais, que se integram durante o processo criador. Utilizamos o término atuação, pois segundo R. Bermúdez inclui tanto a atividade do sujeito com os objetos do meio, como sua comunicação com os outros sujeitos (BERMÚDEZ, 1996, p18.)

O conceito de Modelagem constitui uma categoria gnosiológica que caracteriza a uma das vias mais importantes do conhecimento. Como método de investigação consiste no estudo das propriedades de um determinado objeto, mediante o estudo das propriedades de outro mais cômodo, para solucionar os problemas de pesquisa; este outro objeto se encontra em conceito de Modelagem constitui uma categoria gnosiológica que caracteriza a uma das vias mais importantes do conhecimento. Como método de investigação consiste no estudo das propriedades de um determinado objeto, mediante o estudo das propriedades de outro mais cômodo, para solucionar os problemas de pesquisa; este outro objeto se encontra em determinada correspondência com o primeiro (INSTITUTO DE FILOSOFIA DA ACADEMIA DE CIÊNCIAS DA URSS, 1985, Tomo 1, P. 321).

Pode-se supor que a Modelagem é uma forma especial de mediação, no qual o modelo atua como representante ou substituto do objeto. Esta conclusão expõe o problema das condições que permitem realizar o processo de conhecimento de um determinado objeto por mediação de seu modelo. Neste caso é perfeitamente compreensível que o desenho, como qualquer outro procedimento cognitivo, não constitua um ato subjetivo puramente arbitrário, mas sim, é realizado a vontade do sujeito do conhecimento.

O término **modelo** provém do latim *modulus* que significa medida, ritmo, magnitude; e está relacionada com a palavra, também latina, *modus*: cópia, imagem. Esta última se aproxima mais ao que entendemos atualmente como modelo.

Podemos definir ao modelo como o sistema auxiliar intermédio que, ao corresponder-se com o propósito de conhecimento, pode ser substituído em determinadas etapas de uma pesquisa, para obter informação sobre o mesmo.

A Modelagem como método científico foi utilizada no início pela Física, mas logo foi estendida ao resto das disciplinas das Ciências Naturais e na técnica, até alcançar mais recentemente o

domínio das Ciências Sociais. Na Pedagogia este método teve seu impacto através da investigação científica e da prática docente. Chama a atenção à extraordinária diversidade de formas e tipos de modelagem, entretanto, todas têm uma unidade orgânica. Entre as diversas formas de modelagem que foram expostas na literatura se distinguem: a modelagem técnica, a experimental, a natural, a lógico-matemática, a cibernética, a sistêmica e a semiótica, entre outras.

O **processo de modelagem científica**, (PORTAL, 1990), começa a partir da colocação do problema pelo pesquisador. Com ajuda do pensamento se registram os resultados do estudo do objeto mediante o método da observação ou a experimentação, o qual revela a impossibilidade ou dificuldade para solucionar o problema exposto ao início da pesquisa, por meio do manejo direto ou a operação com o objeto, pelo qual se requer a ajuda de um modelo.

Desta forma, com a finalidade de solucionar estas dificuldades, no processo de conhecimento o investigador pode criar um modelo, o qual é o rasgo essencial do método de Modelagem. A busca do modelo (substituto do objeto original) é possível tanto a nível intuitivo como também sobre bases estritamente lógicas, neste caso se parte da possibilidade de utilizar neste papel um objeto análogo ao original em algum sentido determinado.

Durante a seleção ou criação do modelo, e da revelação de seu lugar na pesquisa, é preciso acima de tudo extrair do conjunto infinito de subsistemas e processos que conformam o sistema e os fenômenos que ocorrem no mesmo, aqueles que sejam factíveis de pesquisar.

Neste caso qualquer fenômeno ou sistema se examina como algo composto por uma série de elementos mais simples (análise); toma em consideração que para cada fenômeno existe geralmente um conjunto infinito de ditos processos. Durante a elaboração dos modelos não deve abranger-se toda essa diversidade de processos que compõem o fenômeno: é necessário extrair do mesmo aqueles processos que interessam ao investigador (abstração).

Uma importante etapa neste processo é o estabelecimento da analogia entre os diferentes fenômenos, o qual determina a eleição ou a criação do modelo. Depois disto o investigador passa a examinar um dos objetos como substituto do outro. Deste modo, durante a modelagem, no objeto original se destacam os elementos e as relações essenciais que devem ser estudados, e se

estabelece a analogia de algumas de suas propriedades e relações com respeito às propriedades e relações do modelo.

Na etapa seguinte o modelo sucede objeto de investigação. Neste caso todas as ações produzidas estão encaminhadas diretamente à obtenção de conhecimentos a respeito deste objeto, ao estabelecimento das leis de seu desenvolvimento, de suas propriedades e relações. A investigação do modelo constitui o estudo do objeto modelado através deste, de modo que os dados obtidos com ajuda do modelo, referem-se só diretamente ao original, ao qual caracterizam.

Uma vantagem muito importante da investigação do modelo é a possibilidade de dar diferente escala ao tempo e repetir muitos fenômenos que interessam ao investigador. Neste caso, os objetos que antes só eram observáveis, graças à modelagem sucedem objetos de experimentação. Entretanto, ao pesquisador, em última instância, não lhe interessa o modelo, a não ser as propriedades e relações do objeto original ao qual substituiu o mesmo. Por isso surge a necessidade de transladar os conhecimentos revelados com o modelo ao objeto original. Como base lógica desta operação estão os conceitos de correspondência e interpretação. Graças à existência de determinada correspondência de elementos e relações entre o modelo e o original, existe a possibilidade do traslado dos conhecimentos de um ao outro. O valor heurístico da modelagem fica de manifesto no fato de que como resultado da constatação de uma série de propriedades comuns entre o modelo e o original, o investigador adjudica ao original certa nova propriedade, descoberta durante a investigação do modelo.

Da mesma forma que a modelagem é um método para a obtenção de conhecimentos na ciência, esta também pode ser utilizada na docência com vista à formação de conceitos ou outros tipos de conhecimentos. Nas últimas décadas este processo, como parte da atividade docente, teve um grande auge com vista à formação do pensamento teórico sustentado nas concepções sobre a mediação e seu papel no desenvolvimento integral da personalidade do enfoque histórico cultural iniciado por Vigotski. Do mesmo modo, em outras concepções didáticas com pedestal de uma coluna construtivista também foi introduzida a utilização de modelos como instrumentos para ajudar aos estudantes a construir seus conhecimentos (ARCÁ, 1985, P. 162; CASTRO, 1992; GIORDÁN, 1995).

Com o auge da teoria da atividade, na Psicologia e Pedagogia apoiada no Materialismo Dialético, desenvolveu-se a concepção da atividade docente, sob os princípios do ensino criativo apoiado nos postulados do L. S. Vigotski. Esta concepção foi impulsionada por D. B. Elkonin, V. V. Davidov, A. K. Markova, J. Lompscher e outros, 1987, em cujo centro situam o problema da formação do pensamento teórico nos educandos, como parte do desenvolvimento integral da personalidade.

Nesta concepção da atividade docente, a modelagem tem um especial significado. Esta é considerada como uma das ações docentes, dirigida à solução da tarefa docente (DAVIDOV, V. V., 1988, p.181). Entretanto, apesar da grande importância que concedem a esta ação dentro da atividade docente, ditos autores não realizam a análise operacional da mesma.

Em Cuba, entre as décadas do 70-80 se levou a cabo uma série de investigações a respeito da formação de ações para a modelagem em meninos da serie fundamental. Em um destes trabalhos, (LÓPEZ, 1975) operacionalização de esta ação da seguinte forma:

- ⌘ Operação de substituição: a criança se expõe de forma consciente a substituição de objetos e qualidades por distintos tipos de substitutos;
- ⌘ Adequada correspondência que tem que estabelecer-se entre o substituto e o objeto ou qualidade substituída, de forma que o conjunto de substitutos guardem entre si a mesma relação que na realidade guardam os objetos substituídos (operação básica);
- ⌘ Utilização do modelo para a solução de uma tarefa exposta.

Nesta forma de operacionalização a modelagem se justifica, pois não só inclui a construção do modelo, mas, também sua utilização, o qual permite a ascensão do abstrato ao concreto; entretanto, óbvia o momento inicial de busca dos rasgos essenciais do objeto a modelar, o qual é decisivo quanto à determinação do conteúdo do futuro modelo que vai se construir. Esta omissão deve obedecer ao nível da modelagem e a idade dos meninos com que trabalham estes autores: Por sua parte Aleida Márquez expõe na estrutura da habilidade de modelagem, o seguinte sistema operacional (MÁRQUEZ, 1996): “Perceber; analisar; selecionar os elementos, relações e funções essenciais segundo o objetivo; representar em forma simplificada (mental, gráfica, simbólica) seus componentes, relações e/ou funções selecionadas” Esta operacionalização,

diferente da anterior, considera a busca dos rasgos essenciais, entretanto sua limitação radica em que não concebe a utilização do modelo como um componente da habilidade.

Na didática e na prática escolar *os modelos* são considerados geralmente como meios de ensino, incluídos dentro das representações dos objetos de estudo. Não obstante, os modelos não se identificam com qualquer representação gráfica, nem se limitam a esta. A representação gráfica pode incluir elementos não essenciais do objeto, enquanto que os modelos não; além disso, os modelos não sempre são gráficos, também podem ser de tipo materiais.

As concepções didáticas da Escola Nova, surgidas na primeira metade deste século, consideram importante o trabalho com modelos, embora sem esta denominação, incluindo-os entre os procedimentos dedutivos. Nesta época Diego González (González, 1943, pág. 73) incluiu entre estes procedimentos ao diagrama e ao esquema. Por *diagrama* compreende uma figura gráfica que serve para representar um fenômeno determinado ou objetivar ou demonstrar uma proposição. Dito autor expõe que este procedimento requer às vezes um esforço de imaginação e por isso não sempre pode empregar-se em graus inferiores, desconhecendo o incalculável potencial da imaginação infantil.

Por *esquema* compreende a representação gráfica de uma coisa imaterial ou de uma material, prescindindo de certos detalhes de forma, volume, etc., para atender a suas relações ou a seu funcionamento. Como pode apreciar-se, fundamentalmente com o esquema, estamos em presença do que atualmente se denomina por modelo.

As concepções psicológicas e pedagógicas, apoiadas no enfoque histórico-cultural baseado pelo Vigotski na década do 30, conferem uma grande importância aos modelos e à modelagem. Nos citados trabalhos, de V. V. Davíдов, estabelece-se o valor dos modelos como um elo internamente necessário para a assimilação dos conhecimentos teóricos e dos procedimentos generalizados de ação, assim como a distinção entre os modelos docentes dos modelos científicos.

Neste enfoque do processo docente-educativo se destacam os trabalhos do alemão L.M. Fridman, (FRIDMAN, 1987, p 83) a respeito da modelagem na atividade docente, sobre a base da solução de problemas matemáticos com argumento e das funções trigonométricas, com os quais chegou à

conclusão de que a incorporação em forma clara e manifesta da modelagem no conteúdo do ensino resulta efetiva para a organização do processo de ensino.

Compartilhamos com este autor, que só neste caso os alunos podem dominar a modelagem como método geral do conhecimento científico, e sobre esta base, é possível formar neles o pensamento científico-teórico, quer dizer, o pensamento através de modelos, a compreensão do mundo através destes. Mais adiante afirma que "com esta organização da atividade docente, onde a ação da modelagem é a base do conteúdo desta atividade, esta última cobra um caráter inquiridor estritamente teórico. Ao mesmo tempo, os alunos se introduzem em "o laboratório do pensamento" das ciências correspondentes; eles adquirem em certa medida a experiência de uma atividade verdadeiramente criadora, do pensamento criador".

No ensino das Ciências Naturais da serie fundamental, a ação de modelagem teórica foi introduzida como parte da metodologia para a formação de conceitos, em investigações didáticas dirigidas ao aperfeiçoamento do ensino de diferentes tipos de conhecimentos biológicos sobre a base da concepção da atividade docente antes mencionada. Os conceitos evolutivos foram objeto de investigação por M. Silvestre, 1985, os citológicos por Santos, E. M., 1990, os ecológicos por Mede, E. e esta última, junto ao Martín-Viaña, V. os conhecimentos referentes às novelo com flores e o corpo humano como organismos vivos.

Estas investigações possibilitaram a introdução no ensino fundamental de conhecimentos teóricos que antes eram estudados em graus superiores, o qual concede uma grande importância à utilização dos modelos para a assimilação produtiva dos rasgos essenciais do objeto ou fenômeno estudado, entretanto, sortes metodologias não concebem a formação da modelagem teórica a nível criativo.

Na prática escolar, a modelagem alcançou o nível reprodutivo, fazendo pelo geral o uso de modelos, os que se copiam e interiorizam por parte dos alunos sem consciência de tal condição, nem se utilizam como meios de operar com a realidade para obter a transferência dos conhecimentos assimilados em situações da vida.

Nossa proposta é a formação de generalizações através de um invariante de modelagem completa. Esta denominação obedece a que os alunos realizam todo o sistema de ações

comprometido na modelagem quando o consideramos como um método de investigação científica; quer dizer, que se enfrentam ao objeto, ou fenômeno concreto e mediante análise e abstração "descobrem para si" seus rasgos essenciais, os quais substituem por recursos gráficos, materiais, de maneira independente e criadora.

Os elementos empregados na substituição podem ser transferidos de situações e modelos conhecidos de sua experiência anterior ou ser totalmente novidadeiros para si, o qual aponta para diferentes graus de criatividade. Este tipo de modelagem implica também a aplicação do modelo (transferência) em situações típicas e novas, onde não disponha de todos os elementos necessários.

Com esta forma de modelagem se podem explorar muito mais as possibilidades educativas desta ação, que a forma de modelagem incompleta predominante na prática escolar atual, na qual os alunos reproduzem um modelo dado sem ter que realizar as ações iniciais de determinação dos rasgos essenciais e substituição para a construção do modelo.

A **modelagem completa** que propomos neste trabalho, permite estimular a produção de modelos originais e de utilidade, os quais constituem indicadores fundamentais da criatividade, e em sua realização, estimular também a expressão de certos recursos da personalidade que estão na base do comportamento criativo.

Tendo em conta que a modelagem não se reduz a simples construção de modelos, mas sim vai mais à frente: ao traslado dos conhecimentos sobre o mesmo ao original; consideramo-la nesta investigação como um tipo especial de atividade docente, e como tal, conformada por um sistema de componentes que foram classificados em indutores e executores, os quais contribuem à formação das bases do pensamento teórico nos estudantes.

A.- Componentes indutores:

- ⌘ **Necessidades:** Surgem no aluno em forma de situação problematizada, entendida como o estado psíquico que aparece ao enfrentar-se uma tarefa em que o resultado é contraditório e difícil de solucionar com os recursos cognitivos e instrumentais que até esse momento possui.

- ⌘ **Motivos:** Se o aluno compreender qual é essa contradição e o conhecimento científico de que carece, que lhe permitiria resolver a tarefa, então o mesmo se constitui em objeto da atividade de modelagem (a necessidade adquire seu caráter de objeto) e sucede motivo da mesma ao adquirir sua função motivadora.

Assim, a modelagem do objeto de estudo se converte em objetivo do processo docente, o qual está implícito na situação problematizada, da qual se infere como tarefa desta atividade.

B.- Componentes executores:

- ⌘ **Ações:** modelar o objeto de estudo, os alunos fazem seus modelos mediante um sistema de habilidades precisadas a partir da essência do método científico de modelagem. Estas ações são:

- 1. Precisar o objeto e seus rasgos essenciais.*
- 2. Construir diferentes variantes de modelos.*
- 3. Avaliar os modelos criados.*
- 4. Utilizar os modelos selecionados.*

Este sistema de ações ou habilidades generalizadas, constitui o invariante, ou modelo estrutural de modelagem criativa de generalizações científicas.

Cada uma destas habilidades generalizadas está integrada por um sistema de habilidades primárias que atuam em dependência das particularidades das generalizações biológicas que vão se estudar.

Este sistema de ações antes apresentado pode desenvolver a modelagem criativa de conceitos científicos.

Precisa o objeto e seus rasgos essenciais

A primeira ação de precisar o objeto e seus rasgos essenciais é básica, pois nela se sustenta a motivação e precisão do objeto a modelar. Implica a combinação do raciocínio lógico e o

criativo, pois acima de tudo deve compreender a contradição, pois solo assim se gerará nele a situação problematizada, além disso, deve expor o problema em forma de pergunta problematizada, cuja resposta permita satisfazer as exigências expostas. Ao ser capaz de emitir uma pergunta, o aluno põe em jogo sua iniciativa, audácia e curiosidade, importantes recursos da personalidade criadora. Assim mesmo, o pensamento lógico lhes possibilita realizar a análise substancial do objeto a modelar, abstraindo os rasgos e relações essenciais do mesmo.

Construir os modelos

A ação de construir os modelos é a mais criativa do sistema proposto. Acima de tudo, os alunos, com ajuda do professor, devem continuar a análise do objeto iniciado na ação anterior, mas agora se trata de analisar cada um dos rasgos essenciais, para recortá-los e determinar que elementos componentes os ditos rasgos devem refletir-se explicitamente nos modelos a serem criados pelos alunos.

Ao determinar os substitutos para cada um dos elementos a ser representado, o aluno está utilizando sua iniciativa e imaginação criadora, seu pensamento visual e ou por imagens, tudo isto de forma independente, abertos a experimentar livremente com materiais, figuras, símbolos ou outros recursos que pudessem servir de substitutos dos elementos a representar, os quais podem ter outros usos diferentes na vida cotidiana. Ao organizar estes substitutos, de modo que se correspondam com as relações existentes no objeto real, o aluno utiliza a analogia.

Ao conformar o modelo se dá um processo de busca constante, no qual o aluno realiza novas reestruturações, experimenta com novos substitutos, troca relações, enfim, reorganiza seus modelos de maneira flexível, sem enquadrar-se a um ou outro, aberto às novas idéias que lhe surjam e avaliar constantemente o que faz. Tudo isto ocorre em cada aluno individualmente.

Estudar os modelos

O estudo dos modelos é uma confrontação do aluno com seu coletivo. Submete a julgamento crítico sua realização criadora, lhe permitindo socializar o produto de sua criatividade, defender suas idéias e pontos de vista ou as modificar. Em todo este processo os alunos vão personalizando pouco a pouco a informação que encerram os modelos criados. Os modelos preliminares criados independentemente por eles, são reconstruídos em interação do grupo. Ao ter a oportunidade de

avaliar os modelos criados por outros, faz-se possível despertar nos alunos o pensamento crítico, sua capacidade de questionamento; além disso, avaliar seus próprios modelos lhes desenvolve a reflexão, pois o aluno que submete a avaliação seus modelos toma consciência do que fez, como o fez e por que, podendo perseverar em sua proposta ou trocar de opinião.

Cada um dos alunos avaliará seus próprios modelos, sendo o suficientemente flexíveis para lhes reestruturar, ensaiar novas estruturas, modificar seu títulos por iniciativa própria, e selecionar entre várias possibilidades.

Também devem compreender os modelos dos outros educandos, que certamente serão diferentes aos seus, sem aferrar-se a um mesmo estilo e estrutura, em um ambiente onde prepondere a diversidade, a variedade, onde não exista homogeneidade entre os modelos criados pelos alunos, sendo possível a proliferação do pensamento divergente e os recursos da criatividade.

Utilizar os modelos

Ao utilizar os modelos criados para a solução de diferentes tipos de exercícios, incluindo problemas, faz-se possível a transferência dos conhecimentos modelados a situações da vida cotidiana. Acima de tudo é necessária sua utilização para definir o conceito objeto da modelagem; este exercício faz possível passar da fase materializada que constitui o operar com modelos em forma prática, à fase verbal da formação dos conceitos. Isto contribui ao desenvolvimento do pensamento lógico.

A utilização dos modelos permite aos alunos realizar ações de transferência: selecionar proposições entre diferentes variantes, identificar a pertença de um objeto ou fenômeno ao conceito, explicar as relações entre feitos ou fenomenais, prognosticar as conseqüências de algum feito ou fenomenal, avaliar determinadas situações, feitos, objetos ou fenômenos, solucionar problemas relacionados com o conceito modelado ou que requeiram sua transferência por analogia, assim como chegar a ser capazes de expor problemas a partir de determinados dados referentes a situações da vida ou modelados.

Os exercícios possibilitam a aplicação dos conhecimentos modelados em situações concretas, de modo que possam realizar deduções, quer dizer, passar do general e teórico ao particular e prático, possibilitando dar explicações aos fenômenos de sua vida cotidiana desde novas

posições, chegando a sua essência. Isto possibilita também a generalização teórica do conceito modelado.

Também é importante que os alunos tenham a oportunidade de sistematizar os conhecimentos modelados, quer dizer, descrever novas relações, as incluindo no sistema ao qual pertencem como subsistemas, e estabelecendo suas inter-relações. Através de todo o processo os alunos controlam a execução de suas ações, passando a formas que contribuam à formação da auto-regulação, importante componente da personalidade.

O desenvolvimento destas habilidades, generalizadas por parte dos escolares permite a formação do invariante de modelagem criativa, a qual os faz capazes de modelar um fenômeno ou objeto científico, operando com o conceito em situações novas e variadas.

Para exemplificar a **concreção e funcionamento do Modelo Didático de Modelagem Completa** antes apresentado, selecionamos a unidade didática número 3 da disciplina Ciências Naturais que se desenvolve na quinta série da série fundamental cubana, a qual se denomina “*Diversidade e unidade do mundo vivo*”, na qual se introduzem os conceitos célula e organismo.

No primeiro conceito se analisam as diferentes funções da célula, e entre estas a penetração das substâncias, com as quais se pode formar a modelagem criadora. Para isso se pode seguir a metodologia seguinte: A motivação inicial deste conteúdo pode obter-se mediante um diálogo, no qual se revele que as células necessitam substâncias alimentícias, oxigênio e água para viver, e que estas substâncias chegam até o interior de cada uma. Do mesmo modo, deve ficar claro, que estas substâncias se encontram formando parte do meio ambiente que rodeia a célula. Por último, deve-se recordar que as células estão rodeadas por uma membrana contínua, que não deixa nenhum espaço livre.

Logo depois desta preparação prévia, poderia-se expor o seguinte problema: Como é que podem chegar as substâncias às células, se em suas membranas citoplasmáticas não se observa nenhum orifício, abertura ou espaço livre por onde pudessem passar?

Uma vez gerada nos alunos, o estado de inquietação mental, denominado na literatura psicológica e pedagógica, situação problematizada, devera-se indicar que para resolver o problema vamos

realizar uma demonstração, utilizando um modelo experimental. Este modelo experimental terá em qualidade de substitutos os seguintes materiais:

Elementos essenciais.	Substitutos
1.- Membrana citoplasmática.....	papel celofane
2.- Citoplasma.....	solução de amido
3.- Substâncias do ambiente.....	solução lugol

Deve explicar aos alunos, que o lugol é um corante capaz de tingir o amido, provocando uma mudança de coloração, pelo qual este se tingir de cor azul forte. Realizar a seguir a montagem da demonstração. O professor deve levar a sala de aula outro modelo experimental montado já anteriormente, de modo que possa apresentar os resultados, pois se requer de certo tempo para que o lugol atravessasse o celofane. Pedir-lhes que descrevam o observado e interpretem o resultado explicando por que se tingiu o amido se o celofane não tinha nenhum orifício. Deve concluir que o lugol atravessou o celofane, ao que se pudesse continuar perguntando: Tem algo que ver o acontecido nesta demonstração com nossa pergunta inicial da classe?

Convidá-los a modelar graficamente as idéias que têm, com relação a como se realiza a penetração de substâncias nas células. Se ainda os alunos não conheceram o que é a modelagem, nem os modelos, deverá familiarizar-se com estes termos, explicando-lhes que para poder resolver os problemas a respeito dos fenômenos da natureza, a ciência pode utilizar em ocasiões a modelagem, que é um método no qual se constroem e utilizam modelos. Pode-se perguntar, a respeito, do que é um modelo. Os alunos expor suas idéias prévias a respeito deste termo, e o professor os deverá ir guiando para sua compreensão, em forma de que um modelo consiste em uma representação dos rasgos essenciais de um objeto ou fenômeno, tal como o concebem e imaginam os cientistas ou nós mesmos. Indicar que os modelos se podem realizar de diferentes maneiras, utilizando materiais diversos, como papel, cartão, madeira, nylon, isopor, etc., ou em forma de desenhos, esquemas, ou outras formas de representações gráficas. Pode-se também perguntar: Como se realizam os modelos? Que passos possam seguir para modelar algum objeto? Se os alunos não utilizaram ainda este método o educador deverá orientar os passos, mostrando-lhes um quadro e descrevendo o conteúdo de cada um destes.

No primeiro passo deverão precisar como rasgos essenciais:

- ⌘ a célula total ou a abstração de parte da membrana citoplasmática e o citoplasma,
- ⌘ as substâncias penetrando através de membrana.

A derivação destes rasgos essenciais se realizará em coletivo, podendo determinar como possíveis elementos, a substituir no modelo, os seguintes:

Rasgos essenciais: Elementos a substituir:

-Célula..... membrana citoplasmática; citoplasma; núcleo

-Substâncias penetrando..... médio que rodeia à célula; substâncias no meio; movimento das substâncias; sentido do movimento; substâncias no citoplasma.

Logo depois de utilizados pelos alunos os elementos deverão conter os modelos, procedera à construção individual dos mesmos por parte de cada aluno. Este passo requer dos alunos independência e auto-determinação, pois primeiro deverão determinar se por acaso mesmos, as figuras abstratas ou concretas com que se expõem substituir no modelo cada um dos elementos anteriormente utilizados. Por exemplo, um aluno pudesse determinar os seguintes substitutos:

Elementos a substituir. Substitutos

-Membrana citoplasmática..... linha circular;

-Citoplasma..... sombreado amarelo;

-Núcleo..... círculo pequeno no interior;

-Médio que rodeia a célula..... sombreado azul claro;

-Substâncias no meio..... pontos azuis escuros;

-Substâncias no citoplasma..... pontos azuis escuros;

-Movimento das substâncias..... linhas descontínuas;

-Sentido do movimento..... seta para o interior da célula.

Uma vez determinados os substitutos, cada aluno realiza seus trabalhos individualmente. Enquanto isso, o professor passa pelas mesas controlando indiretamente a construção dos modelos. Uma vez terminado o trabalho individual, acontece com a valoração coletiva. Para isto, o professor designa a três ou quatro alunos que voluntariamente se proponham para reproduzir

seus modelos no quadro. Ao selecionar aos alunos que irão ao quadro, deverá se ter em conta que tenham criado modelos diferentes entre si, e se for possível, que alguns estejam incompletos, ou incorretos, com o fim de propiciar o debate e o uso do engano com fins educativos.

Deveria insistir-se aos alunos a que analisem seus modelos realizando a avaliação correspondente, e em caso de detectar enganos ou a falta de algum elemento, proceder à reconstrução dos mesmos, nunca copiando o que está no quadro, a não ser retificando sobre a base de sua idéia original. É possível que sua idéia original esteja totalmente descartada, mas nem assim se deverá substituir por uma copia, a não ser estimulá-los a que procurem outra solução. Deste modo se deve pedir aos alunos que elaborem mais de uma variante de modelos, com o fim de estimular a fluidez.

O último passo corresponde à utilização do modelo, consistirá em lhes indicar exercícios onde possam transferir os conhecimentos assimilados durante a modelagem em situações mais concretas da natureza. Como exemplos, a partir destes exercícios, pudessem fazer as seguintes perguntas:

- 1.- Como pode chegar o oxigênio ao citoplasma e participar da respiração, se este for um componente do meio que rodeia à célula?
- 2.- Investiga em seu livro de texto mais de uma razão do por que no citoplasma se pode realizar a função de respiração.
- 3.- Qual é a causa de que ao jogar água a uma planta que se murchou, ao pouco tempo volte a reanimar-se?
- 4.- No citoplasma das células vegetais se utiliza muita água, entretanto, esta se encontra no chão. Como pode penetrar a água ao interior das células?
- 5.- Nos vacúolos se armazena muita água. De onde crie que procede e como chega a elas?
- 6.- Por que normalmente as células não se intoxicam com tantas substâncias daninhas de refugo que se produzem constantemente em seu interior?

Como meio de obter a generalização da função essencial da membrana e sua importância, pode-se expor a seguinte pergunta a modo de conclusão:

7.- Qual é a função da membrana citoplasmática?

8.- Que importância tem a membrana para a célula?

Por último se deverá propiciar a reflexão sobre o procedimento seguido na modelagem, pedindo-lhes que expressem os passos para modelar.

Também, para comprovar se eles assimilaram o que é um modelo, deveram fazer as seguintes perguntas:

- Por que a estes desenhos que estão no quadro lhes podem considerar modelos?

- Será um modelo a bolsa de celofane que observamos ao início da aula? Por quê?

- Existe alguma diferença entre ambos tipos de modelos?

A última pergunta tem como objetivo que os alunos se familiarizem com a existência de diferentes tipos de modelos; neste caso a bolsa de celofane é um modelo material, e o desenho da penetração é um modelo gráfico.

Desta maneira se pode obter a formação da habilidade modelar a um nível criativo, durante a formação da concepção científica a respeito da função de penetração de substâncias às células.

A concepção de modelagem assumida nesta proposta didática foi considerada como modelagem completa, por abranger a todas as etapas que integram esta ação, em analogia ao método científico de investigação: tanto a criação de modelos como sua utilização. Deste modo se considera que o enfoque holístico da criatividade integra diversos fatores que determinam este complexo fenômeno: biológicos, psicológicos e sociológicos, pelo que se derivou que em sua estimulação durante o Método de Modelagem Completa, tiveram-se em conta aspectos inerentes a estes três tipos de componentes.

REFERÊNCIAS:

BERMÚDEZ, Rogelio y Marisela Rodríguez. Teoría y Metodología del aprendizaje. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1996.

INSTITUTO DE FILOSOFÍA DE LA ACADEMIA DE CIENCIAS DE LA URSS. La Dialéctica y los métodos científicos generales de investigación, Tomo 1. La Habana: Editorial Ciencias Sociales, 1985.

PORTAL, Reinaldo. La modelación en el conocimiento científico. (Informe de investigación). Moscú, 1990.

ARCA, M. Modelos infantiles y modelos científicos sobre la morfología de los seres vivos. Enseñanza de las Ciencias (Barcelona) 7(2): 162-167, 1989.

GIORDÁN, André. La modelización en la enseñanza. In: Los orígenes del saber. Sevilla: Díada Editora, 1995.

DAVÍDOV, V. La enseñanza escolar y el desarrollo psíquico. Moscú: Editorial Progreso, 1988.

LÓPEZ, Josefina. La modelación como mediatización en la solución de tareas. In: Estudio sobre las particularidades del desarrollo del niño preescolar cubano. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, 1992.

MÁRQUEZ, Aleida. La formación de habilidades de pronosticar como vía fundamental para el desarrollo del pensamiento creador. Santiago de Cuba: Instituto Superior Pedagógico "Frank País", 1991

_____. Habilidades: Proposiciones para su evaluación/ Aleida Márquez Rodríguez. Cátedra. Didáctica General y Especial (Santiago de Cuba) 1(2): 14-24, abril-junio, 1996.

_____. Una estrategia desarrolladora para la estimulación de cualidades intelectuales y la creatividad. Santiago de Cuba: Instituto Superior Pedagógico "Frank País García", 1997.

GONZÁLEZ, Diego. Didáctica o dirección del aprendizaje (Parte general). La Habana: Cultural S. A., 1943.

FRIDMAN, L. M. La modelación en la actividad docente. In: Lompscher, J., A. K. Markova y V. V. Davidov. Formación de la actividad docente de los escolares. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1987.

CASTRO, E. A. El empleo de modelos en la enseñanza de la Química. Enseñanza de las Ciencias (Barcelona) 10 (1): 73-79, 1992.