

O TABULEIRO DE XADREZ MUTILADO COMO FERRAMENTA PARA O ENSINO SOBRE A MATEMÁTICA E A CIÊNCIA: UMA PROPOSTA DE RECONSTRUÇÃO DO MODELO POR ANALOGIA ¹

(The mutilated chessboard like a tool to teaching about mathematics and science: a proposal of reconstructing the model by analogy)

Ronaldo Luiz Nagem [ronaldonagem@gmail.com]

Adelson Fernandes Moreira [adelson@deii.cefetmg.br]

Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - Av. Amazonas, 7675

Belo Horizonte - MG

Augusto Fachín Terán [fachinteran@yahoo.com.br]

Saulo Cezar Seiffert Santos [sauloseiffert@ig.com.br]

Universidade do Estado do Amazonas / Escola Normal Superior

Av. Djalma Batista, 2470 Manaus - AM

Resumo

O presente trabalho é resultado de uma experiência de ensino realizada durante um curso para os alunos do mestrado profissional no ensino de ciências, no ano de 2009. O modelo conceitual apresentado foi reconstruído por analogia, com o diagrama do tabuleiro de xadrez mutilado de Singh. O diagrama foi utilizado para estudar o fazer científico e o fazer matemático. Além do curso, os 19 alunos foram orientados por 21 textos científicos sobre modelos e 21 textos sobre analogias. O modelo reconstruído foi apresentado, discutido e sistematizado de acordo com a Metodologia de Ensino com Analogia (MECA). Os resultados indicam semelhanças e diferenças entre os dois modelos, discutem a ampliação de suas características, suas possibilidades de recriar e possíveis contribuições para ensino de ciências e o desenvolvimento do raciocínio analógico.

Palavras-chave: Modelos, Analogias, Ensino de Ciências, Matemática.

Abstract

This work is a result of a teaching experience made during a course for students of professional master's degree in science education, in the year 2009. The conceptual model presented was reconstructed by analogy with the Singh's mutilated chessboard diagram. The diagram was used to study the scientific doing and the mathematics doing. In addition to this course, 19 students were guided by 21 scientific papers on models and 21 texts on analogies. The reconstructed model was presented, discussed and systematized according the Methodology of Teaching with Analogy (MECA). The results indicate similarities and differences between the two models, discussing the expansion of their characteristics, their ability to recreate and possible contributions to science education and the development of analogical reasoning.

Keywords: Models, Analogies, Science Teaching, Mathematics

Introdução

Uma das grandes dificuldades encontradas entre professores de ciência, principalmente do ensino fundamental na educação básica, é estabelecer semelhanças e diferenças entre Ciência e Matemática. Da reflexão sobre o tema, surgem questões como: A matemática é uma ciência ou uma

¹ Trabalho realizado, em parte, com auxílio da Fundação de Amparo a Pesquisa do Amazonas - FAPEAM e da Fundação de Amparo a Pesquisa de Minas Gerais – FAPEMIG, Brasil.

linguagem? A Ciência é a única fonte de produção do conhecimento? O que caracteriza uma abordagem matemática e uma abordagem científica diante de um mesmo problema? É possível um diálogo entre as duas abordagens para a produção do conhecimento? Que contribuição pode dar o pensamento analógico e os modelos na construção do conhecimento científico ou no reconhecimento do mesmo? Nesse sentido, nosso trabalho tem por objetivo oferecer uma contribuição para o entendimento do processo de construção e reconstrução do conhecimento, apresentando um modelo reconstruído a partir de um modelo inicial para explicar a diferença entre o fazer matemático e o fazer científico.

Muitos trabalhos e experiências desenvolvidas por professores / pesquisadores nas últimas décadas, apresentam tentativas de esclarecer os diferentes procedimentos ou abordagens no ensino de Ciências em sala de aula. Dentre eles, podemos destacar, entre outros, os trabalhos de: Driver *et al*, (1999) ao tratar da construção do conhecimento científico em sala de aula de química; Laburu, Arruda & Nardi (1998) quando utilizam Lakatos para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. Esses mesmos autores, em 2003, abordam a questão do pluralismo metodológico no ensino de Ciências.

A questão da formação inicial e continuada do professor/pesquisador, em especial na área da química, é tratada por Maldaner (2000) enquanto Mortimer (1996) discute os caminhos do construtivismo e da mudança conceitual no ensino de Ciências. Nesta mesma linha de pensamento, Schnetzler (1992 e 1994) aborda a questão da construção do conhecimento e do ensino de Ciências ao discutir a passagem de um ensino de Ciência como transmissão e para um ensino como provocação de mudança conceitual nos alunos. Ainda cabe destacar o trabalho de Moreira & Greca (2003) que discute a questão da mudança conceitual à luz da teoria da aprendizagem significativa.

Os trabalhos destacados mostram que o ensino de Ciências tem passado por determinadas modificações tanto em sala de aula, quanto na formação de professores. As características de *transmissão e memorização*, identificadas no fazer pedagógico, onde a perspectiva de *transmissão/recepção* se faz presente, vêm sendo substituídas, pelo menos em sala de aula, por uma abordagem construtivista e de mudança conceitual.

Embora Echeverria (1993) reconheça as possibilidades de passagem de uma aprendizagem passiva para outra, não deixa de destacar na perspectiva construtivista, o individualismo (subjetividade) na construção do próprio conhecimento, uma vez que tal perspectiva deixou sem explicação teórica a função do professor; daí a dificuldade de explicação da origem social da construção do conhecimento.

Um olhar sobre o conjunto dos trabalhos abordados contribui de uma forma ou de outra, para uma visão não linear dos processos de mudança conceitual. Por isso, a necessidade das pesquisas buscarem compreender os processos pedagógicos nos diversos campos que envolvem o processo de ensino e de aprendizagem.

Modelos

O presente trabalho, construído na perspectiva de modelos conceituais, destaca a proposta de Mayer (1989) coerente com a metodologia e com os resultados apresentados. Segundo o autor,

...um modelo conceitual é definido como palavras e / ou diagramas que são utilizados para ajudar os aprendizes a construir modelos mentais do sistema que está sendo estudado; um modelo conceitual explicita os objetos e ações principais num sistema tão bem quanto as relações causais entre eles⁴. (Mayer, 1989).

O mesmo autor destaca que o uso de modelos melhora a recuperação de informações conceituais sobre o entendimento do discurso científico, diminuem a memorização, incrementam soluções criativas e podem levar ao pensamento sistemático sobre o material científico em estudo.

É interessante considerar as questões propostas por Max Wertheimer citadas no texto de Mayer (1989):

Por que algumas pessoas, quando estão diante de um problema, têm ideias inteligentes, realizam invenções e descobertas? O que acontece? Quais são os processos que levam uma pessoa para tais soluções? O que pode ser feito para ajudar pessoas a serem criativas quando eles estão diante de problemas? (Mayer, 1989).

Entretanto, Moreira, Greca & Palmero (2002), aproximam-se mais da nossa proposta quando destacam que:

Los modelos mentales son análogos estructurales de estados de cosas, eventos u objetos, del mundo. Las personas operan cognitivamente con modelos mentales. Entender un sistema físico o un fenómeno natural, por ejemplo, implica tener un modelo mental del sistema que le permite a la persona que lo construye explicarlo y hacer previsiones con respecto a él. Los modelos conceptuales, por otro lado, son modelos proyectados por científicos, ingenieros, profesores, para facilitar la comprensión y la enseñanza de sistemas físicos o de fenómenos naturales. Es decir, profesores y alumnos trabajan con modelos mentales, pero intentan enseñar y aprender modelos conceptuales. Los científicos, en general, diseñan modelos conceptuales, pero lo hacen através de sus modelos mentales. Desafortunadamente, en la práctica, la relación entre modelos conceptuales y modelos mentales no es directa y simple, como se podría pensar, y eso tiene relevantes implicaciones para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias Físicas y Naturales, así como para la investigación en enseñanza y en aprendizaje de las ciencias. (Moreira, Greca & Palmero 2002).

Analogias

As analogias, juntamente com as metáforas, têm assumido novas funções além de meras figuras de linguagem. As novas funções decorrem de pesquisas realizadas, principalmente, por pesquisadores ligados às Ciências e ao Ensino de Ciências. O termo analogia aqui utilizado, é caracterizado pela comparação explícita entre dois domínios diferentes.

O reconhecimento da importância da analogia no processo de ensino e de aprendizagem levou e tem levado muitos autores a considerarem as potencialidades das analogias na Educação e no Ensino de Ciências, sem desconhecem algumas dificuldades/obstáculos que podem ocorrer com o uso desse recurso como ferramentas no processo de ensino e de aprendizagem. Dos trabalhos de Duit, (1991), Duarte (2005) e outros, destacam algumas de suas potencialidades:

1. levam à ativação do raciocínio analógico;
2. organizam a percepção;
3. desenvolvem capacidades cognitivas como a criatividade e a tomada de decisões;
4. tornam o conhecimento científico mais inteligível e plausível;
5. facilitam a compreensão e visualização de conceitos;
6. podem promover o interesse dos alunos;
7. constituem instrumentos facilitadores da mudança conceitual;
8. permitem perceber, de uma forma mais evidente, eventuais concepções alternativas;
9. podem ser usadas para avaliar o conhecimento e a compreensão dos alunos.

Uma vez reconhecidas as potencialidades do uso de analogias, cabe destacar também que a necessidade de utilizá-las de uma forma adequada no ensino está bem patente nas recomendações presentes no Plano Nacional do Livro Didático - PNLD - para o Ensino Médio (Brasil, 2007); já que na ficha de avaliação dos livros didáticos está presente, entre outros, o seguinte critério eliminatório: “As analogias e as metáforas presentes na obra são utilizadas de forma inadequada,

sem a devida explicitação das semelhanças e diferenças em relação aos fenômenos estudados”. A mesma recomendação é reiterada no Brasil (2008) através do critério Conhecimentos e Conceitos onde se destaca a: (...) *correção conceitual e o uso adequado de analogias; (...)*”

O presente trabalho é uma tentativa de estabelecer conexões entre os modelos mentais da Psicologia Cognitiva: o modelo conceitual (*conceptual*) Moreira, Greca & Palmero (2002) e o desenvolvimento das potencialidades do uso de uma analogia, Duarte (2005).

Procedimentos metodológicos

Trata-se de uma experiência de abordagem qualitativa, realizada durante um curso para alunos de pós-graduação *stricto sensu*.

Alves-Mazzoti e Gewandsznajder (1999) consideram como a principal característica das pesquisas qualitativas, o fato de que seguem a tradição “compreensiva” ou interpretativa. Desse modo, acredita-se que o desempenho dos professores/pesquisadores será influenciado pela maneira como os mesmos percebem a situação de aprendizagem.

Além disso, oferece maior grau de flexibilidade ao pesquisador para adequação da estrutura teórica ao estudo do pensamento e linguagem no ensino de ciências.

Quanto aos meios, a experiência realizada constituiu-se na apresentação de um modelo conceitual (*conceptual*) para os alunos do Mestrado Profissional em Ensino de Ciências na Amazônia, – *o tabuleiro de xadrez mutilado*, com o objetivo de construir um modelo mental – *diferença entre o fazer científico e o fazer matemático* e a reconstrução do modelo conceitual por meio de um análogo. Na reconstrução do modelo análogo, deveria ser contemplado um quadro comparativo de semelhanças e diferenças entre os dois modelos conceituais, de acordo com Nagem e Carvalhaes (2001).

Procedimentos:

1. Apresentação do tabuleiro de xadrez mutilado (Singh, 2008);
2. Apresentação do problema: *Seria possível cobrir todas as casas do xadrez mutilado com 31 peças de dominó?*

Os alunos foram orientados a anotarem todos os passos dados. Após essa etapa, foram incentivados a buscarem possibilidades de solução do problema e fazer a exposição das mesmas. As questões a serem respondidas eram as seguintes:

- 1 - Como o matemático resolveria o problema?
- 2 - Como o cientista resolveria o problema?
- 3 - Seria possível um diálogo entre os dois?

Após discussão e conclusão das atividades, foi solicitada a apresentação de outros modelos análogos ao tabuleiro de xadrez mutilado de modo a substituir o modelo de Singh (2008).

Os resultados das atividades desenvolvidas foram avaliados por meio de um questionário aplicado aos alunos.

Resultados e discussão

Matricularam-se 19 alunos. Todos receberam 21 textos sobre modelos e 21 textos sobre analogias 30 dias antes do início do curso. Todos os mestrandos foram orientados para que escolhessem quatro (4) textos – dois (2) de modelos e dois (2) de analogias para serem lidos, apresentados e discutidos durante o curso.

Por razões diversas, dois (2) alunos desistiram antes de começar o curso e dois (2) desistiram após a segunda aula.

A turma apresentava um perfil de formação acadêmico diversificado – pedagogos, matemáticos, físicos e biólogos e era formada de alunos regulares e alunos especiais (disciplina isolada). O tempo de magistério e ocupação profissional era também diversificado, variando de recém-graduados a professores com mais de 20 anos de magistério. Tais fatos foram anotados quando da apresentação pessoal no primeiro dia de aula e não interferiram no desenvolvimento das atividades propostas e realizadas durante o curso.

Os resultados iniciais, obtidos na discussão do problema: *Seria possível cobrir todas as casas do xadrez mutilado com 31 peças de dominó?* - indicaram que apenas dois alunos (13%) utilizaram-se do argumento matemático para responder à questão; enquanto os demais se voltaram para a experimentação por meio de desenhos na tentativa de cobrir todas as casas do tabuleiro de xadrez mutilado com as 31 peças do dominó.

É interessante destacar que uma das alunas levou um tabuleiro de xadrez “mutilado” e 31 peças de dominó (modelo concreto) e fez a distribuição de 30 peças sobre o tabuleiro de xadrez, cobrindo 60 casas possíveis. Das duas casas disponíveis que não foram cobertas pelas peças, uma vez que estavam distantes uma da outra, a aluna em questão, utilizando a última peça de dominó, cobriu uma delas sobrepondo metade do dominó em outra casa já preenchida. Dessa forma, alegava ter usado as 31 peças no tabuleiro mutilado.

Tal solução não foi aceita pelos alunos nem pelo professor, embora ela tenha usado as 31 peças de dominó. E depois, ela mesma verificou que ainda que estivesse usado todas as peças do dominó, ficava faltando uma casa do tabuleiro para ser preenchida. Tal procedimento pôde indicar uma forma de pensamento linear da aluna ao argumentar ter usado as 31 peças de dominó no tabuleiro de xadrez, de acordo com a solicitação de usar **todas** as peças de dominó

O procedimento de *tentativa e erro* foi o tipo mais utilizado pelos estudantes na busca da solução do problema. Tais resultados ficaram evidentes nos diálogos e nos desenhos apresentados.

Aluno 1: “Não tem solução, pois eu tentei e não consegui. Faltam sempre duas casas, deve estar relacionado às casas mutiladas”.

Aluno 2: “Por tentativa não é possível, mesmo que matematicamente seja lógico.”

Aluno 3: “Matematicamente é possível combinar as 62 casas com as 31 peças de dominó, mas na tentativa não fecha o preenchimento. Isso ficaria melhor demonstrado se fizéssemos o dominó com uma parte preta e outra branca, pois sobrariam sempre duas partes pretas ou um dominó. Isso está ligado à quantidade de casas brancas estarem em igualdade com as casas pretas para ser possível o preenchimento”.

Aluno 4: “Acho que cientificamente a solução seria entender pela lógica das tentativas e nela, sempre sobram duas casas de cor preta. Então, há 32 casas pretas e 30 casas brancas. Logo, ficam 2 casas pretas na igualdade das casas, mesmo que matematicamente seja possível o preenchimento de 62 casas por 31 dominós.”

Nessas transcrições, evidencia-se uma oposição entre o que seria uma abordagem científica e uma matemática. O pensamento matemático se faz presente de uma forma simplificada, expresso pela combinação do número de peças com o número de casas disponíveis, indicando em princípio, a possibilidade de solução do problema ‘pela lógica’. Essa lógica seria refutada na medida em que tentativas de preencher as casas fossem concretizadas e conseqüentemente, a observação da impossibilidade de realização da operação proposta. Do ponto de vista desse procedimento de tentativa e erro, a abordagem científica é caracterizada por uma lógica indutiva fundamentada na observação de um número suficiente de eventos: tentativas de preencher as casas do tabuleiro.

A discussão desses procedimentos e visões das formas de solução do problema permite destacar que a abordagem científica vai além dessa perspectiva indutiva. Dois alunos foram capazes de solucionar o problema valendo-se apenas de um pensamento matemático, prescindindo da operação na tentativa de preencher o tabuleiro com as 31 peças. Essa também caracteriza uma abordagem científica, expressa por um pensamento dedutivo que pode ser evidenciado por um procedimento experimental.

A comparação entre os procedimentos adotados e seus significados permitiu estabelecer uma articulação entre a abordagem matemática e a científica, mostrando que não existe uma oposição e que a abordagem científica não deve ser identificada apenas com procedimentos experimentais. A abordagem científica abarca a matemática e se vale dela como instrumento de construção de teorias.

A partir da discussão em sala, foi proposto que os alunos buscassem por meio de analogia, outro modelo capaz de apresentar, pelo menos, uma diferença com o modelo anterior, e, de acordo com o Autor 1 estabelecessem um quadro comparativo de semelhanças e diferenças entre os dois modelos.

Na aula seguinte, um dos alunos trouxe um novo modelo reconstruído do modelo de Singh (2008) acompanhado do seguinte relato:

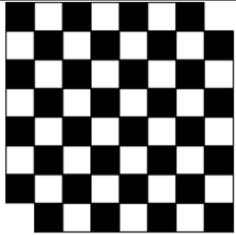
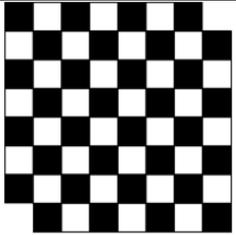
Aluno 5: “Quando foi proposta a atividade, lembrei que no jogo de dominó há somente vinte e oito peças, portanto seriam necessárias mais três peças. Então, com trinta e uma peças seria possível dispor as peças aleatórias capazes de cobrir duas a duas as casas do tabuleiro mutilado. Não logrei sucesso, todas as vezes que foi feito, sobravam duas casas pretas que não poderiam combinar com o preenchimento da trigésima primeira peça de dominó. Concluí que para cada casa branca retirada, sobrava uma casa preta. Em um determinado momento, fui à cantina da universidade. Uma das mesas havia um traçado em alto-relevo dividindo-a em oito por oito casas, como um grande tabuleiro de xadrez. Ao tomar café, assentado a esta mesa, comecei a trabalhar preenchendo, mentalmente, as casas com o auxílio das mãos. Pensava: “as cores das casas podem atrapalhar a visualização da solução. Se montarmos um sistema sem cor, só com as casa numeradas de um a sessenta e quatro, teríamos o mesmo número de casas do xadrez. Entretanto, a numeração deveria seguir uma ordem em forma de ziguezague, de tal modo que as casas dos números ímpares ficassem no lugar das casas pretas e os números pares nas casas brancas, como no xadrez.

Comecei fazendo ensaios, retirando uma dupla de casas (= uma casa par e uma ímpar). Havia uma solução até rápida, quando ambas as casas retiradas eram das extremidades. Depois, tirando uma nova dupla de casas (= as duas casas pares ou ímpares), não conseguia encontrar solução. Explicação encontrada foi que um número par é sempre seguido por um número ímpar e, obviamente, um número ímpar é sempre seguido de um número par. Logo, ao retirar dois números ímpares ou dois números pares, não haverá solução.

A realização da atividade contribuiu em muito para o entendimento da solução do problema. “Foi possível visualizar que, a retirada de uma dupla de casas - pares ou ímpares - em qualquer ponto do tabuleiro e não somente das extremidades, não haveria solução uma vez que o problema tem uma distribuição homogênea.”

O quadro 1 foi construído durante a discussão em sala com os alunos e indica a comparação de semelhanças e diferenças realizada na reconstrução do modelo de tabuleiro de xadrez de acordo com a metodologia de ensino com analogia.

SEMELHANÇAS		DIFERENÇAS																																																																	
Tabuleiro de xadrez mutilado	Tabuleiro numérico mutilado	Tabuleiro de xadrez mutilado	Tabuleiro numérico mutilado																																																																
	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>14</td><td>13</td><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>9</td><td>8</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>31</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>25</td><td>24</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7		15	14	13	12	11	10	9	8	16	17	18	19	20	21	22	23	31	30	29	28	27	26	25	24		<table border="1"> <tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>14</td><td>13</td><td>12</td><td>11</td><td>10</td><td>9</td><td>8</td></tr> <tr><td>16</td><td>17</td><td>18</td><td>19</td><td>20</td><td>21</td><td>22</td><td>23</td></tr> <tr><td>31</td><td>30</td><td>29</td><td>28</td><td>27</td><td>26</td><td>25</td><td>24</td></tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7		15	14	13	12	11	10	9	8	16	17	18	19	20	21	22	23	31	30	29	28	27	26	25	24
1	2	3	4	5	6	7																																																													
15	14	13	12	11	10	9	8																																																												
16	17	18	19	20	21	22	23																																																												
31	30	29	28	27	26	25	24																																																												
1	2	3	4	5	6	7																																																													
15	14	13	12	11	10	9	8																																																												
16	17	18	19	20	21	22	23																																																												
31	30	29	28	27	26	25	24																																																												

	<table border="1"> <tr><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td></tr> <tr><td>47</td><td>46</td><td>45</td><td>44</td><td>43</td><td>42</td><td>41</td><td>40</td></tr> <tr><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td></tr> <tr><td>62</td><td>61</td><td>60</td><td>59</td><td>58</td><td>57</td><td>56</td><td></td></tr> </table>	32	33	34	35	36	37	38	39	47	46	45	44	43	42	41	40	48	49	50	51	52	53	54	55	62	61	60	59	58	57	56			<table border="1"> <tr><td>32</td><td>33</td><td>34</td><td>35</td><td>36</td><td>37</td><td>38</td><td>39</td></tr> <tr><td>47</td><td>46</td><td>45</td><td>44</td><td>43</td><td>42</td><td>41</td><td>40</td></tr> <tr><td>48</td><td>49</td><td>50</td><td>51</td><td>52</td><td>53</td><td>54</td><td>55</td></tr> <tr><td>62</td><td>61</td><td>60</td><td>59</td><td>58</td><td>57</td><td>56</td><td></td></tr> </table>	32	33	34	35	36	37	38	39	47	46	45	44	43	42	41	40	48	49	50	51	52	53	54	55	62	61	60	59	58	57	56	
32	33	34	35	36	37	38	39																																																												
47	46	45	44	43	42	41	40																																																												
48	49	50	51	52	53	54	55																																																												
62	61	60	59	58	57	56																																																													
32	33	34	35	36	37	38	39																																																												
47	46	45	44	43	42	41	40																																																												
48	49	50	51	52	53	54	55																																																												
62	61	60	59	58	57	56																																																													
62 casas	62 casas	Não há números	Há números																																																																
02 casas mutiladas	02 casas mutiladas	Preenchimento com cores	Preenchimento sem cores																																																																
Alternância das cores em preto e branco	Alternância dos números em ímpares e pares	Usa apenas duas cores para representar as 62 casas	Usa 62 números para representar as 62 casas																																																																
Sequência das cores obedece à forma em ziguezague ()	Sequência dos números obedece à forma em ziguezague ()	A sequência é de cores que se repetem	A é sequência numérica																																																																
Mesmo número de linhas e colunas	Mesmo número de linhas e colunas	Outros	Outros																																																																
As casas mutiladas localizam-se nas extremidades da diagonal de cor branca	As casas mutiladas localizam-se nas extremidades da diagonal de número par																																																																		
Outros	Outros																																																																		

Quadro 1. Quadro comparativo de semelhanças e diferenças entre dois domínios diferentes para o conceito do fazer científico e do fazer matemático no desenvolvimento da atividade com o modelo do xadrez mutilado de Singh (2008). Original 2009.

O quadro 1 contém ainda, em seu item “outros”, a ideia de que novas características semelhantes e diferentes entre os dois modelos possam ser contempladas. O processo de reconstrução de modelos por analogias não esgota a capacidade criativa do aluno. Ao contrário, deve permitir e incentivar às propostas de outros modelos conceituais e, com eles, realizar o mesmo procedimento. Um terceiro modelo de tabuleiro foi apresentado pela aluna 6, nomeado de Tabuleiro de Figuras Mutiladas; como indica a fig.1 e acompanhado da fig.2, nomeada de peça de Dominó de Figuras para o Tabuleiro de Figuras.

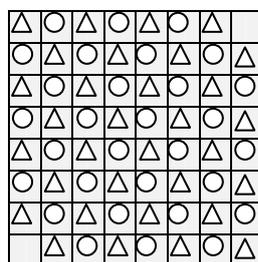


Figura 1. Tabuleiro de Figuras Mutilado reconstruído por analogia com o tabuleiro de xadrez mutilado de Singh. Original (2009)



Figura 2. Peça do Dominó de Figuras para o tabuleiro reconstruído por analogia com a peça de dominó. Original (2009)

Considerações finais

O presente trabalho é uma contribuição para reforçar a ideia de que é possível, em determinadas condições, que o professor transforme sua sala de aula em laboratório experimental no ensino de Ciências. No entanto, ao fazê-lo, envolvendo seus alunos num processo e num ambiente criativo, reflexivo, de livre pensamento, de respeito aos saberes alheio e ainda com outras características idiossincráticas. Aí sim, talvez seja possível levar o professor a registrar em textos científicos, todas ou quase todas as possibilidades de conhecimento e de aprendizagem que ocorrem em uma sala de aula, tanto para o aluno quanto para ele mesmo.

Uma vez compreendido que o acesso à realidade se apoia no uso de modelos representativos tanto da realidade concreta quanto abstrata, tornam-se quase que obrigatórios o estudo, a pesquisa e o debate sobre o papel desempenhado por esses modelos nos processos de ensino e de aprendizagem nos processos cognitivos e na heurística.

O processo de reconstrução de modelos por analogia – *desenvolvido por meio da proposição de um novo modelo análogo e o estabelecimento de semelhanças e diferenças entre eles* – permite entre outros: ativar o raciocínio analógico, organizar a percepção da realidade, desenvolver capacidades cognitivas e criativas; favorecer o acesso ao conhecimento científico por torná-lo mais compreensível, tornar os conceitos mais visíveis e, ao mesmo tempo, despertar o interesse dos alunos por estarem diante de um desafio. Tais elementos podem se constituir em um instrumento poderoso e eficaz no favorecimento de uma evolução conceitual (conceptual) e uma aprendizagem mais significativa. As limitações de tal processo podem ser apresentadas e discutidas durante a sua própria construção.

Esse modelo de analogias sucessivas aguça o compromisso intelectual, encoraja a criatividade, além de apontar novas interpretações. Isto é valioso, considerando que nesse processo, a relação cognitiva permite a criação de significados e ressignificados através das novas analogias surgidas.

Agradecimentos

Os autores agradecem aos alunos: Ana Maria dos Santos Barros; Antonia Maria Ramos; Edinei Alves de Souza; Edmilza dos Santos Ferreira; Helio Wilson Campelo de Souza; Joctã Souza Paiva Junior; Marcel Bruno Pereira Braga; Maria Clara Mendes Emiliano; Maria Fátima Hortencio dos Santos; Maria Rosemi Araújo do Nascimento; Raimunda Nonata Nerys de Almeida; Rejane Maria Caldas Freitas (aluna 6); Roseclair Guaraldi Ebling Souza; Saulo Cezar Seiffert Santos (aluno 5) e em especial às MSc Ana Maria Senac Figueroa e Silvia Eugênia do Amaral – GEMATEC - pelas contribuições oferecidas e à Professora Eliane G. S. Fonseca pela revisão final do texto.

Referências

Alves - Mazzotti, A. J. & Gewandsznajder, F. (1999). *O Método nas Ciências Naturais e Sociais; pesquisa quantitativa e qualitativa*. 2. Ed. São Paulo, Pioneira.

Brasil. Secretaria de Educação Básica. (2007). *Guia do livro didático 2007: Ciências: séries/anos iniciais do ensino fundamental / Secretaria de Educação Básica*. – Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. 96 p. Acesso em 30 /jan /2008. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Avalmat/pnld2007_ciencias.pdf

Brasil. Ministério da Educação. (2008). *Guia de livros didáticos PNLD 2008: Ciências / Ministério da Educação*. — Brasília: MEC. 106 p. — (Anos Finais do Ensino Fundamental) Acesso em 30 /jan/2008. Disponível em:

<http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/Avalmat/pnlscienc07.pdf>

Driver, R; Asoko, H; Leach, J; Mortimer, E & Scott, P. (1999). Construindo conhecimento científico em sala de aula. *Química Nova na Escola*. São Paulo: n.9, p.31-40.

Duarte, M. C. (2005). Analogias na educação em ciências: contributos e desafios. *Investigações em Ensino de Ciências*. 10(1), 7-29.

Duit, R. (1991). On the Role of Analogies and Metaphors in Learning Science. *Science Education*, 75 (6), 649-672.

Echeverría, A. R. (1993). *Dimensão empírico-teórica no processo de ensino-aprendizagem do conceito de soluções no ensino médio*. UNICAMP. (Tese de doutorado).

Laburú, C. E.; Arruda, S. M. & Nardi, R. (2003). Pluralismo metodológico para o ensino de ciências. *Ciência & Educação*, Bauru: v. 9, n. 2, p. 247-260.

Laburú, C. E; Arruda, S. M. & Nardi, R. (1998). Os programas de pesquisa de Lakatos: uma leitura para o entendimento da construção do conhecimento em sala de aula em situações de contradição e controvérsia. *Ciência & Educação*, UNESP, Bauru, 5(2), 23-38.

Maldaner, O. A. (2000). *A formação inicial e continuada de professores de química: professor / pesquisador*. Ijuí: Ed. UNIJUÍ, 424p.

Mayer, R. E. (1989). Models for Understanding. *Review of Educational Research*. Trad. Modelos para o entendimento. Ed. Springer. 59(1), 43-64, Acesso em 29/abril/2009. Disponível em: http://www.geocities.com/modelos_mentais/

Moreira, M. A & Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo. *Ciência e Educação*, Bauru, 9(2), 301-315.

Moreira, M. A; Greca I. M & Palmero, M. L. R. (2002). Modelos mentales y modelos conceptuales en la enseñanza & aprendizaje de las ciencias. *Revista Brasileira de Investigación em Educação em Ciências*, 2 (3) 84-96.

Mortimer, E. F. (1996). Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, UFRS, Instituto de Física, 1(1), 20-39.

Nagem, R. L.; Carvalhaes, D. O; Dias, J. A. Y. (2001). Uma proposta de metodologia de ensino com analogia. *Revista Portuguesa de Educação*, 1(14), 197-213.

Schnetzler, R. P. (1992). Construção do conhecimento e ensino de ciências. *Em Aberto*, Brasília, 11(55), 17-22.

Schnetzler, R. P. (1994). Do ensino como transmissão, para um ensino como provocação de mudança conceitual nos alunos. *Cadernos ANPED*, Belo Horizonte (MG), 6, 55-89.

Singh, S. (2008). O último teorema de Fermat. 13ª ed. Rio de Janeiro. Ed. Record LTDA. 324p.

Recebido em: 08.03.2010

Aceito em: 29.03.2010