

CORRESPONDÊNCIAS ESTABELECIDAS E DIFERENÇAS IDENTIFICADAS EM ATIVIDADES DIDÁTICAS BASEADAS EM ANALOGIAS PARA O ENSINO DE MODELOS ATÔMICOS

ESTABLISHED CORRESPONDENCES AND DIFFERENCES IDENTIFIED IN DIDACTIC ACTIVITIES BASED IN ANALOGIES FOR THE EDUCATION OF ATOMIC MODELS

Leandro Londero da Silva¹
Eduardo A. Terrazzan²

¹Universidade Federal de Santa Maria, llondero@bol.com.br

²Universidade Federal de Santa Maria/Departamento de metodologia do Ensino, eduterrabr@yahoo.com.br

Resumo

O ensino de modelos atômicos ocupa lugar de destaque na estrutura conceitual da física. Assim, propomos a utilização Atividades Didática baseadas em Analogias (ADA) para o ensino dos modelos de Thomson, Rutherford e Bohr. Procuramos responder as seguintes questões: Quais são as correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas entre análogo e alvo por alunos nas ADA para o ensino dos modelos atômicos? Qual o nível de explicitação destas correspondências e diferenças? Em que medida, as respostas dos alunos aproximam-se de nossas expectativas? Para isso, selecionamos os análogos a serem utilizados, elaboramos ADA e implementamos as atividades em aulas de Física no Ensino Médio. Utilizamos como instrumentos de registro de informações a produção escrita dos alunos e a videogravação das aulas. Os resultados encontrados permitem afirmar que a identificação das semelhanças e das diferenças feita mediante uma simples visualização de atributos, são identificadas mais facilmente, como, por exemplo, as do tipo estrutural e as que envolvem proporções. Independente da turma, os alunos estabeleceram correspondências e identificaram diferenças para além daquelas previstas nas atividades. Um fator que pode ter contribuído para isso foi o grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados. A dificuldade ou simples ausência de identificação de semelhanças e diferenças por certos alunos pode ser devida à falta de habilidades específicas de identificar atributos, estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar diferenças, sintetizar e registrar. Sendo assim, podemos dizer que o registro escrito, assim como a aprendizagem dos procedimentos acima mencionados, é um processo lento e que carece de práticas sucessivas.

Palavras-chave: Analogias, Modelos Atômicos, Ensino de Ciências, Atividades Didáticas

Abstract

The education of atomic models occupy place of prominence in the conceptual structure of the physics. Thus, we consider the use established Activities Didactic in Analogias (ADA) for the education of the models of Thomson, Rutherford and Bohr. We look for to answer the following questions: Which are the established correspondences and the differences identified between analogous and white for pupils in the ADA for the education of the atomic models? Which the level of identify of these correspondences and differences? Where measure, the answers of the pupils are come close to our expectations? For this, we select the analogous ones to be used, elaborate ADA and we implement the activities in lessons of Physics in in the secondary level school. We use as instruments of register of information the written production of the pupils and the videogravação of the lessons. The joined results allow to affirm that the identification of the similarities and of the differences made by means of a simple visualization of attributes, they are

identified more easily, as, for example, of the structural type and the the ones that involve ratio. Independent of the group, the pupils had established correspondences and identified differences for beyond those foreseeing in the activities. A factor that can have contributed for this was the degree of familiarity of the used pupils with the analogous ones. The difficulty or simple absence of identification of similarities and differences for certain pupils can have to the lack of specific abilities to identify attributes, to establish relations, to raise hypotheses, to identify differences, to synthesize and to register. Being thus, we can say that the written register, as well as the learning of the procedures mentioned above, is a slow process and that it lacks of practical successive.

KeyWords: Analogies, Atomic Models, Science Education, Didactic Activities

1 – CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O uso de analogias como recurso didático vem sendo, há tempos, objeto de estudo de pesquisadores da área de Ensino de Ciências Naturais. Particularmente dos anos 90 em diante Duit (1991), Harrison e Treagust (1993), Lawson (1993), Treagust et al. (1994), Thiele e Treagust (1995), Dagher (1995), Glynn e Takahashi (1998), Godoy (2002), González e González (2003), dentre outros, têm destacado tanto o caráter facilitador como os aspectos a serem levados em consideração quando da utilização de analogias.

Uma analogia pode ser definida como uma comparação entre dois conceitos/fenômenos/assuntos que mantém uma certa relação de semelhança entre ambos. Sendo assim, os elementos que constituem uma analogia são: o análogo (representa o conhecimento já familiar, é aquele onde há diferenças bem nítidas), o alvo (representa o conhecimento desconhecido) e as relações analógicas (conjunto de relações que se estabelecem, sejam elas de semelhança ou de diferença, permitindo a compreensão/entendimento do alvo).

No ensino, a utilização de analogias possibilita a construção de conceitos científicos, considerando aquele numa perspectiva construtivista. Portanto, seu uso favorece a compreensão/entendimento de conceitos que na maioria dos casos são considerados difíceis pelos alunos.

No caso das analogias podemos dizer que a compreensão/entendimento que cada aluno adquire de um determinado conceito é formado com base no conjunto de relações analógicas que consegue estabelecer. Quanto menor o número de relações que estabelecer, menor será o entendimento/significado que irá adquirir, ou seja, o entendimento/significado que possui, aumenta com o número de relações estabelecidas. É o conjunto de relações analógicas estabelecidas entre as partes e o todo de ambas as situações (alvo e análogo) que permite aos alunos reconstruírem e darem significado ao conceito em estudo, reconhecendo as partes como elementos que o constitui.

A compreensão/entendimento de conceitos, mediante o uso de analogias, requer que os alunos aproximem-se de tarefas, de certos tipos de atividades ou de conteúdos de natureza procedimental, entre eles: comparar, relacionar alguns conceitos com outros, representá-los mediante imagens e esquemas, escrever. Estes procedimentos estão fortemente presentes quando do uso de analogias em atividades de ensino, especificamente quando o aluno é solicitado a estabelecer relações de semelhança entre atributos e identificar limites de validade.

Pozo (2000) nos esclarece que quando a ênfase está na aprendizagem de conceitos, é conveniente que as atividades de ensino se baseiem em procedimentos que os alunos já conheçam ou dominem. Este cuidado contribui para melhorar o procedimento, mas também para tornar a aprendizagem conceitual mais fácil e significativa.

2 – PROPÓSITO DO TRABALHO E QUESTÕES NORTEADORAS

O presente trabalho é parte de nossa pesquisa que objetiva *estudar as contribuições e as limitações do uso de Atividades Didáticas baseadas em Analogias para o ensino de conteúdos conceituais de Física no Ensino Médio*.

Neste trabalho, especificamente, estaremos analisando as correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas, por alunos de Ensino Médio, em Atividades Didáticas baseadas em Analogias (ADA) para o Ensino de Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Procuramos responder as seguintes questões norteadoras:

a) *Quais são as correspondências estabelecidas e as diferenças identificadas entre análogo e alvo por alunos nas ADA para o ensino dos modelos atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr?*

b) *Qual o nível de explicitação destas correspondências e diferenças?*

c) *Em que medida, as respostas dos alunos aproximam-se de nossas expectativas?*

Para tanto, percorremos alguns caminhos até chegarmos às implementações em sala de aulas e, então, respondermos as questões norteadoras. No próximo item tecemos comentários sobre os passos de desenvolvimento da pesquisa, os sujeitos e locais de realização, bem como os instrumentos de coleta de informações (usos e funções).

3 – DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Num primeiro momento, selecionamos o tópico curricular que ensinaríamos mediante o uso de ADA. Optamos pelo tópico de Modelos Atômicos tendo em vista que ele ocupa lugar de destaque na estrutura conceitual da física, na explicação científica de muitos fenômenos e na programação curricular das escolas, sendo sua aprendizagem de grande importância para a correta compreensão de fenômenos físicos.

Neste sentido, tanto autores de livros didáticos como professores em salas de aula, normalmente, utilizam-se de analogias no ensino de modelos atômicos, porém de forma não organizada.

Definido o tópico curricular, passamos a escolher os modelos atômicos que ensinaríamos. Assim sendo, elegemos os Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr. Optamos por estes modelos por serem, em geral, os inseridos nas programações curriculares de física dentro do tópico de Modelos Atômicos e, também, por possuírem análogos para eles. No entanto, não descartamos o ensino de outros modelos por professores de física, tais como o de Dalton, como também não a existência de análogos para aqueles.

Na seqüência, selecionamos os análogos a serem utilizados. Escolhemos um pudim de ameixas, o sistema planetário e livros alocados em uma estante. Como notado previamente, estes análogos são freqüentemente usados em livros didáticos, porém, de forma não organizada.

Em continuidade, elaboramos as ADA seguindo as diretrizes, para a utilização coerente de analogias em sala de aula, propostas na versão modificada do modelo TWA (Teaching with Analogies), inicialmente proposto por Shawn M. Glynn, sugeridas posteriormente por Harrison e Treagust (1993), porque ele é relativamente simples em relação a outros (pela quantidade de passos previstos) e também porque considera essencial para a utilização de analogias como recurso didático não só a compreensão das similaridades possíveis, como também das diferenças. Além disso, este modelo nos possibilita, junto aos alunos, a realização de tarefas de estabelecimento de correspondências entre alvo e análogo, de identificação de limites de validade da analogia. Segundo o modelo TWA, deve-se procurar seguir seis passos, são eles: 1º) Apresentar a “situação alvo” a ser ensinada, 2º) Apresentar a “situação análoga” a ser utilizada, 3º) Identificar as características relevantes do “análogo”, 4º) Estabelecer as similaridades entre o “análogo” e o “alvo”, 5º) Identificar os limites de validade da analogia e 6º) Inferir conclusões sobre a “situação alvo”.

Após, passamos à preparação dos 03 (três) professores que implementariam as ADA, o Prof. ALE, a Profa. MS e o Prof. LLS, sendo que o último implementou as ADA em 02 (duas) turmas. Os encontros com os professores ocorriam em diferentes locais. A preparação do Prof. ALE ocorreu na cidade de Candelária, onde a escola em que ministra as aulas se localiza. Com a Profa. MS e com o Prof. LLS aconteceu no Núcleo de Educação em Ciências, onde este trabalho foi desenvolvido.

Concluída a etapa anterior, passamos à implementação em sala de aula das ADA. Foram utilizados como instrumentos para a realização da análise das implementações e das atividades a produção escrita dos alunos durante as aulas. A produção escrita refere-se ao preenchimento de fichas, entregues durante o desenvolvimento das ADA em sala de aula, relacionadas aos passos 4, 5 e 6 do modelo TWA. Utilizamos também, a videogravação das ADA implementadas para registrarmos o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pelos professores durante o ensino.

4 – RESULTADOS DAS IMPLEMENTAÇÕES

4.1 – Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Thomson

4.1.1 - A implementação do Prof. ALE

Na turma do Prof. ALE, a análise das produções dos alunos mostra que eles conseguiram estabelecer as relações analógicas sem nenhuma dificuldade, o que também foi verificado para os limites de validade, sendo que os alunos identificaram duas limitações não presentes na atividade, reproduzidas abaixo.

‘Os elétrons não tem o mesmo tamanho das passas. E os prótons não tem o mesmo tamanho das massas’. (D. R.)

‘Os elétrons estão em constante movimento no átomo, enquanto as passas estão paradas, e entre os prótons e os elétrons existe um “vazio” o que não ocorre entre as passas e a massa’. (A. M.)

Uma provável justificativa para o bom desempenho dos alunos nesta atividade é o número pequeno de relações analógicas a serem identificadas, sendo, em nossa opinião, uma analogia onde os atributos são facilmente comparados.

4.1.2 - A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS, a grande maioria dos alunos não teve dificuldade em estabelecer as relações analógicas pretendidas, na íntegra. No entanto, eles comparam o pudim como o átomo e não com o volume esférico do modelo de Thomson. Uma argumentação para isto pode ser percebida na produção reproduzida na Figura 1.

FICHA 1		
Nome:	Turma:	Nº:
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
Pudim de Ameixa		Modelo Atômico de Thomson
O pudim de ameixa não é esférico na mesma proporção e as passas são fixas e unidas à massa.		O modelo de Thomson não é esférico na mesma proporção e os elétrons não são fixos e unidos à massa.

Figura 1 – Produção escrita de um aluno da Profa. MS

Além das relações analógicas de semelhança presentes na atividade, os alunos estabeleceram a comparação ‘as passas são fixas e unidas à massa/os elétrons são fixos e

grudados com as cargas positivas’.

Na identificação dos limites, também não constatamos dificuldades por parte dos alunos, uma vez que a grande maioria identificou a limitação do modelo de Thomson, como verificado em uma das produções abaixo, onde reproduzimos o limite explicitado pelo aluno.

‘Cargas opostas se neutralizam, elas tem que estar separadas e não misturadas com o no modelo do pudim’. (M. B.)

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nesta atividade, nos procedimentos de comparar e identificar, podem ser justificados pelo grau de contemplação dos passos do modelo TWA executados pela Profa. MS quando da implementação, já que ela contemplou os passos 1, 2, 3 e 5, e parcialmente o 4, não contemplando apenas o 6. No entanto, pensamos que o bom desempenho dos alunos nesta atividade está mais associado ao pequeno número de atributos a serem relacionados. Para esta professora ‘essa analogia também ela foi muito interessante onde os alunos trouxeram pra sala de aula o pudim, o análogo, pra depois no final da aula poder ver a representação e foi muito interessante assim, foi uma analogia de fácil compreensão e que eu acredito que eles compreenderam mesmo o conteúdo’.

4.1.3 - As implementações do Prof. LLS

Apresentamos agora as ocorrências evidenciadas nas implementações realizadas pelo Prof. LLS. Como mencionamos anteriormente, as implementações feitas por LLS realizaram-se em 2 (duas) turmas.

Na 1ª turma os resultados são semelhantes aos da classe da Profa. MS. Nela, houve um caso, de uma aluna que sugeriu uma analogia com um brigadeiro, onde a pasta/massa do brigadeiro seria a carga positiva e os granulados seriam os elétrons. Porém, esta analogia foi rapidamente abandonada, pois uma aluna argumentou que nesta analogia os elétrons ficariam somente na superfície, em não em toda a massa como no pudim. Mesmo assim, a aluna que propôs esta analogia enfatizou, na Ficha 2, que a comparação melhor seria com o brigadeiro, como pode ser comprovado na figura abaixo.

FICHA 2		
Nome: <u>CM de CA</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>18</u>
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<u>O modelo atômico de Thomson considerava o átomo como esférico, para comparar com o pudim, este também deveria ser, porém, é plano.</u>		
<u>Uma comparação, talvez, mais adequada seria com um brigadeiro (esférico e com "granulados"), ainda que um a "construção" (e e e e e)</u>		

Figura 2 – Limite identificado pela aluna MA

Com respeito ao estabelecimento de correspondências, em geral, os alunos estabeleceram todas as relações pretendidas sem nenhuma dificuldade. Já na identificação dos limites de validade da analogia, os alunos, na grande maioria, também apontaram a limitação do modelo atômico de Thomson, como na ficha abaixo.

FICHA 2		
Nome: <u>Y. J. A.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>06</u>
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<u>a analogia falha pois as cargas elétricas não se encontram</u>		
<u>espalhadas e não se encontram no mesmo ponto como no átomo para</u>		
<u>o qual mantém o seu volume mesmo quando se retira um elétron</u>		

Figura 3 – Limitação explicitada por um aluno do Prof. LLS

Na 2ª turma os alunos sugeriram uma analogia com um Panetone de Natal para o modelo atômico de Thomson ao invés de um pudim de passas ou ameixas, pois justificaram que estavam mais familiarizados com esta situação.

Um aluno sugeriu a correspondência ‘no panetone temos a massa do pão/no átomo temos a massa atômica’. Na Figura 4 apresentamos uma produção que expressa, em geral, as relações analógicas estabelecidas pela maioria dos alunos nesta atividade, os quais estabeleceram as relações pretendidas pelo professor. Nesta produção, percebemos que a aluna explicita uma das limitações presente na atividade que se refere às dimensões das situações.

FICHA 1		
Nome: <u>G. M.</u>	Turma: <u>3º</u>	Nº: <u>09</u>
Que comparações podem ser feitas entre o alvo e o análogo? Preencher as duas colunas desta ficha, procurando estabelecer relações de semelhanças entre grandezas, características, aspectos, conceitos, modelos, processos, etc., presentes em cada situação apresentada.		
<u>Pudim de ameixa PANETONE</u>	<u>Modelo Atômico de Thomson</u>	
<u>o pudim tem uma massa,</u>	<u>→ tem a esfera:</u>	
<u>as frutas variam de tamanho,</u>	<u>→ os elétrons</u>	
<u>o pudim pode ser cortado,</u>	<u>→ assim que Thomson também</u>	
<u>o pudim tem um volume fixo.</u>	<u>→ no modelo atômico não tem</u>	

Figura 4 – Correspondências estabelecidas pela aluna CW

Ainda em relação a este aspecto, os alunos, em geral, identificaram diferenças para além daquelas previstas na atividade. No Quadro 1 encontram-se listadas as limitações identificadas pelos alunos.

Quadro 1 – Limitações explicitadas pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Thomson

Panetone de Natal	Modelo Atômico de Thomson
Vemos as frutas	Não vemos os elétrons
Podemos encontrar o Panetone em migalhas se partirmos ele	Podemos transferir cargas elétricas, mas não podemos partir o átomo
Temos diversos tipos de frutas cristalizadas	Temos apenas os elétrons
Não é esférico e sim cilíndrico	É esférico
Pode-se pegar e ser cortado	Não pode ser cortado
As frutas ficam paradas	Os elétrons não ficam parados
O volume do panetone varia, existem panetones de vários tamanhos	O volume do modelo não varia
Se tirar uma fruta nada ocorre	Se retirar um elétron o modelo se transforma num cátion

Com base nas implementações da primeira atividade podemos dizer que, embora a

maioria dos estudantes tenha informado que estavam familiarizados com um pudim de ameixas ou passas, é provável que alguns deles estivessem mais familiarizados que outros, devido ao fato de alguns sugerirem a comparação com um panetone de natal ou com um brigadeiro.

Neste sentido, percebe-se que os estudantes geram espontaneamente analogias como, por exemplo, um panetone de natal ou um brigadeiro para o modelo atômico de Thomson, ao invés de utilizarem um pudim de ameixas ou passas como proposto na atividade. Esta ocorrência indica um esforço dos estudantes para conectar um com novo conceito a uma situação familiar, tal esforço mostrou-se necessário para tornar a aprendizagem significativa.

A necessidade de compreender/entender o significado de um determinado conceito faz com que explorem suas experiências pessoais em busca de analogias que lhes permitam compreender os mesmos.

Em relação a aprendizagem, podemos dizer que os índices obtidos foram satisfatórios, uma vez que os alunos, em geral, estabeleceram as relações e identificaram as diferenças, o que remeteu a uma aprendizagem significativa, pois conectaram o novo conhecimento por meio de um mais familiar.

4.2 – Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Rutherford

4.2.1 - A implementação do Prof. ALE

A 2a ADA estruturada para o ensino de Modelos Atômicos é para o modelo de Rutherford e foi implementada primeiramente na turma do Prof. ALE. Nela, verificamos que os alunos estabeleceram as comparações de forma satisfatória. Em geral, eles não tiveram dificuldades de estabelecer as semelhanças, sendo que cada aluno estabeleceu em média 04 comparações, tanto de origem estrutural como funcional. O Quadro 2 apresenta as semelhanças mapeadas pelos alunos.

Quadro 2 – Semelhanças apontadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Sistema Planetário	Modelo Atômico de Rutherford
Sol	Núcleo
Planetas	Elétrons
Órbitas dos planetas	Órbitas dos elétrons
Movimento dos planetas	Movimento dos elétrons
Os planetas giram em torno do sol	Os elétrons giram em torno do núcleo
Força gravitacional	Força elétrica
Espaço entre planetas (vácuo)	Espaço entre órbitas (vazio)
Sol (estrela principal)	Carga positiva
Região do universo entre planetas e Sol	Eletrosfera

Na identificação dos limites de validade os alunos mapearam apenas a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford, mencionada pelo professor durante suas explicações. A título de ilustração reproduzimos a seguir a produção de um aluno que comprova esta afirmação.

FICHA 2		
Nome: M	M	Turma: 3 ^o N ^o : 2
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Naõ se pode comparar o alvo com a analogia no seguinte aspecto: no modelo atômico, os elétrons em trânsito, ou seja, ao longo em movimento emitem radiação eletromagnética, isto significa que, os elétrons descrevem órbitas menores ali se relacionam com o núcleo, causando a destruição do mesmo</i></p>		

Figura 5 – Limitação explicitada pelo aluno MM

Percebemos melhoras significativas no estabelecimento de correspondências e identificação de pontos falhos na turma do Prof. ALE, em comparação com as atividades que antecederam as implementações das ADA para o ensino de Modelos Atômicos.

4.2.2 - A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as similaridades. O mesmo ocorreu na identificação dos limites de validade. No entanto, os alunos reproduziram a fala da professora quando apresentava a limitação do modelo atômico de Rutherford durante seu diálogo em sala de aula, como na produção abaixo:

‘Cargas em movimento emitem radiação eletromagnética perdendo energia continuamente. Com isso descrevem órbitas cada vez menores chocando-se com o núcleo numa fração de segundo. Se isso acontecesse não sobraria nenhum átomo no universo’. (D. F.)

Para a professora MS os alunos não tiveram dificuldades em estabelecer as semelhanças ‘por eles já conhecer o análogo, já ter estudado no caso o modelo planetário em geografia, então não teve problema nenhum, foi eficaz’. (M. S.)

Outro fator que está associado ao bom desempenho dos alunos nas tarefas solicitadas é o grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS, uma vez que ela, após o desenvolvimento de um conjunto de atividades, executa os passos com maior segurança, contemplando a maior parte deles.

4.2.3 - A implementação do Prof. LLS

A 3ª implementação desta atividade ocorreu na 1ª turma do Prof. LLS. Nela, os resultados obtidos não foram satisfatórios, pois a grande maioria dos alunos estabeleceu em torno de duas ou três semelhanças, entre elas: *sol/núcleo, planetas/elétrons, força gravitacional/força elétrica*. Tal fato nos surpreende, visto que 89% dos alunos informaram que estavam familiarizados com o Sistema Planetário. Além disso, percebemos que não houve uma uniformidade no estabelecimento de semelhanças, ou seja, enquanto muitos alunos estabeleceram algumas comparações, outros estabeleceram outras.

Os alunos apenas estabeleceram correspondências entre os atributos que compõem as duas situações, não associando os mesmos com a estrutura e funções que ocupam nos respectivos sistemas, preocuparam-se apenas em identificar os componentes de ambos os sistemas e relacioná-los, sem se deterem nas funções que estes ocupam em cada sistema.

Na identificação dos limites de validade, constatamos, novamente, que a grande maioria dos alunos apontou somente a falha apresentada pelo modelo atômico de Rutherford e apresentada por LLS em sala de aula, como na produção abaixo. Uma provável justificativa para isso pode ser a ênfase atribuída a este aspecto durante a implementação da atividade pelo Prof. LLS.

FICHA 2		
Nome: F. B. A.	Turma: 3	Nº:
Preencha a FICHA 2 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
CARGAS EM MOVIMENTO EMITEM RADIAÇÃO ELETROMAGNÉTICA COM ISSO, PERDEM ENERGIA CONTINUAMENTE, DESCREVENDO ORBITAS CADA VEZ MENORES, NO FINAL CHOCANDO-SE COM O NÚCLEO.		
O SIST. PLANETÁRIO É VISÍVEL E O MODELO ATÔMICO DE RUTHERFORD NÃO É VISÍVEL.		

Figura 6 – Limitação explicitada pelo aluno FGA

Uma possível justificativa para os baixos índices de rendimento dos alunos nas atividades pode ser a falta de habilidades e procedimentos não dominados por eles, como por exemplo: estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar, escrever.

Na 2ª turma do Prof. LLS obtivemos os melhores resultados em termos de semelhanças e diferenças identificadas, entre as 4 turmas analisadas, na atividade para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford.

Em geral, os alunos estabeleceram mais da metade das relações analógicas, sendo que as semelhanças estabelecidas na maioria das produções são aquelas que relacionam aspectos estruturais, como por exemplo, o sol como núcleo. As correspondências estabelecidas pelos alunos desta turma encontram-se listas no quadro abaixo.

Quadro 3 – Correspondências estabelecidas pelos alunos, da 2ª turma, do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Rutherford

Sistema Planetário	Modelo atômico de Rutherford
Sol (maior concentração de massa)	Núcleo com prótons e nêutrons
Planetas	Elétrons
Órbita	Eletrosfera
Força gravitacional	Força elétrica
Os planetas orbitam em torno do sol	Os elétrons orbitam em torno do núcleo (próton)
Translação	Movimento dos elétrons

Quanto aos limites de validade, em termos gerais, os alunos conseguiram identificar os pontos falhos, mapeando-os para além daqueles previstos na atividade. Os alunos mencionaram que não encontraram correspondência para o movimento de rotação, identificando falhas que vão deste as dimensões de ambos os modelos, passando pela natureza das forças envolvidas neles, até a falha apresentada pelo modelo de Rutherford que, consecutivamente, levou Bohr a elaboração de um novo modelo. Assim, os alunos identificaram os limites abaixo listados:

‘Os elétrons não giram em torno do seu próprio eixo, os planetas sim’. (E. M. R.)
(até este momento os alunos não tem conhecimento sobre o spin)

‘Tamanho do sol em relação ao átomo’. (E. M. R.)

‘Os elétrons são todos iguais, já os planetas podem ser sólidos ou gasosos’. (E. M. R.)

‘Falha na correspondência de elementos como massa, densidade, velocidade e distância (em proporção) das órbitas, proporção de tamanho, intensidade das forças (gravitacional e elétrica)’. (C. B.)

‘Os planetas giram em torno do sol sempre com a mesma trajetória e os elétrons não seguem sempre a mesma trajetória’. (J. S. V.)

‘Tipo de forças diferentes Elétrica – Gravitacional’. (C. D.)

‘Os elétrons giram em órbita até colidir com o núcleo, já os planetas não colidem com o sol em seu movimento de órbita’. (A. R.)

‘As partículas α atravessam a lâmina de ouro que ele utilizou para sua experiência, enquanto os raios do sol não atravessam um planeta inteiro’. (E. M. R.)

‘Os elétrons possuem energia que é perdida com o tempo, devido a isso as órbitas ficam cada vez mais curtas fazendo com que os elétrons se choque com o núcleo’. (J. M. P.)

‘Alguns dos planetas são vistos a olho nu, agora os elétrons não (é um modelo microscópico)’. (S. W.)

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez possam ser explicados por dois fatores, são eles: a) grau de contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS e b) grau de familiaridade com o análogo utilizado, pois 92,6% responderam que estavam familiarizados com esta situação.

Finalizamos o estudo dos modelos atômicos implementando a ADA que tem como análogo Livros alocados em uma estante para o alvo Modelo Atômico de Bohr.

4.3 – Implementação da ADA para o Ensino do Modelo Atômico de Bohr

4.3.1 - A implementação do Prof. ALE

Os resultados, nas tarefas de estabelecimento de correspondências e identificação de limitações, obtidos na última implementação na turma do Prof. ALE para os modelos atômicos, melhoraram significativamente em comparação com as primeiras. Sendo assim, os alunos estabeleceram a maior parte das correspondências. No entanto, o grau de estabelecimento não foi uniforme, ou seja, variou entre os alunos. As correspondências estabelecidas por eles estão listadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Semelhanças identificadas pelos alunos do Prof. ALE na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Estante	Átomo
Base da estante	Núcleo
Livros	Elétrons
Prateleiras	Órbitas do átomo/camadas eletrônicas
Mudar de lugar o livro da prateleira	Um elétron mudar de órbita
Cair um livro no chão ou juntar o livro e por na prateleira	Excitar o elétron, variar a energia
Força gravitacional	Força elétrica

Quanto aos limites de validade, em geral, os alunos conseguiram identificá-los. Nesta ADA, perceberam que não deveriam considerar o chão como núcleo e sim a base da estante, tendo em vista que o núcleo tem de estar “junto” ao átomo, no caso do alvo. Se assim fosse, no análogo um livro iria colidir com o chão, no caso de uma queda, e no alvo o elétron iria colidir com o núcleo, não sobrando átomo algum. A título de exemplo reproduzimos abaixo uma produção escrita na qual o aluno identifica um ponto falho da analogia.

FICHA 2		
Nome:	Turma:	Nº:
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Eu acho que o núcleo não deveria ser o solo no sistema por que quando o livro (elétron) entra em contato com o solo (núcleo) atabando com o átomo.</i></p>		

Figura 8 – Limitação explicitada por um aluno do Prof. ALE

A leitura das produções acima nos permite verificar que as diferenças identificadas variaram entre os alunos. Sendo que, podemos atribuir o bom desempenho deles, nas tarefas presentes na ADA, ao domínio de procedimentos.

4.3.2 - A implementação da Profa. MS

Na turma da Profa. MS, os resultados no desempenho dos alunos melhorou em comparação com as atividades anteriores. Com base na análise das produções escritas podemos afirmar que os alunos, na grande maioria, conseguiram estabelecer as correspondências entre alvo e análogo. O Quadro 5 apresenta as correspondências estabelecidas por eles.

Quadro 5 – Semelhanças identificadas pelos alunos da Profa. MS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Divisórias da estante	Estados estacionários
Livros em cada divisória	Elétrons distribuídos nas camadas
Base da estante como referencial	Núcleo como referencial
+ perto do chão: $E_c > E_p$	+ perto do núcleo: $E_c > E_p$
+ longe do chão: $E_c < E_p$	+ longe do núcleo: $E_c < E_p$
Força gravitacional	Força elétrica
Cair ou elevar um livro	Elétron excitado
Cair um livro no chão ou juntar o livro e por na prateleira	Excitar o elétron, variar a energia

Em relação à segunda tarefa, identificar os limites de validade, os alunos mapearam a maior parte dos pontos falhos, aproximando-se das nossas expectativas. As figuras a seguir expressam os limites identificados pelos alunos.

FICHA 2		
Nome: <i>F. J.</i>	Turma: 3 ^o	N ^o : ?
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Os livros na estante, que por sua vez representam os elétrons de a terra, não se movem como os elétrons. Um livro tem a capacidade, com sua energia potencial - cinética, de chocar-se contra o chão. Já a a terra, por sua vez, não choca-se contra a nuvem, uma vez que permanece no máximo na camada mais interna da nuvem.</i></p> <p><i>Não é possível para os livros tomarem as prateleiras, mas já os elétrons tomam as camadas energéticas.</i></p>		

Figura 9 – Limitação explicitada pelo aluno FL

FICHA 2		
Nome: <i>G. M.</i>	Turma: 3 ^o	N ^o : 14
Preencha a FICHA 3 com as características da situação análoga que não encontram correspondência na situação alvo e vice-versa, ou seja, pontos onde a analogia falha.		
<p><i>Não podemos considerar o chão como núcleo, os parrelhos não podemos falar quanta livros existem, mas nos camadas de elétrons cabem tantos em cada camada 2, 8, 18, 32, 32, 18, 8.</i></p>		

Figura 10 – Limitação explicitada pelo aluno GM

Além destas, os alunos identificaram outras diferenças, entre elas às abaixo listadas:

‘Um é macroscópico o outro e micro.’ (CG)

‘Os livros só voltam para seu lugar se alguém pegar, os elétrons podem voltar.’
(MM)

‘Os elétrons ao passar de uma camada para outra, não passa pelo espaço intermediário. Em uma estante, os livros não tem como desaparecer e passar para outra prateleira.’ (CG)

Podemos atribuir o bom desempenho dos alunos a três fatores, são eles: a) grau de familiaridade deles com o análogo utilizado, uma vez que a totalidade da turma respondeu estar familiarizada com este, b) grau de contemplação dos passos do modelo TWA pela Profa. MS, já que ela contemplou os passos de 1 a 5, contemplando parcialmente apenas o 6^o, c) domínio dos procedimentos de comparar e identificar.

4.3.3 - A implementação do Prof. LLS

Na 1^a turma do Prof. LLS a quase totalidade dos alunos estabeleceu as relações de semelhança consideradas de 1^a ordem ou superficiais, ou seja, aquelas facilmente identificáveis são elas: livros/elétrons e prateleiras/camadas.

Em virtude dos alunos não estabelecerem a maior parte das relações de semelhança, esperávamos que os mesmos não identificassem os pontos falhos. No entanto, os alunos mapearam mais da metade dos limites de validade, entre eles os abaixo listados.

‘Os elétrons estão em movimento na orbita e os livros estão parados’. (L. C. C.)

‘Na estante todas as prateleiras cabem o mesmo número de livros, já nas camadas do átomo há um número diferente para cada uma’. (F. G. A.)

‘Estante visível, átomo não visível’. (F. G. A.)

‘Entre os é e o núcleo existe um vazio, enquanto entre os livros e o solo existe a atmosfera’. (A. M.)

Tendo sido a última analogia implementada nesta turma, comprovamos um crescimento nos alunos, ainda que pequeno, no domínio dos procedimentos de comparar e identificar. Devemos destacar que o desenvolvimento destas habilidades, especificamente, nesta turma, foi mais lento em comparação com as demais turmas. Em geral, os alunos da 1^a turma do Prof. LLS realizavam as atividades em um espaço de tempo maior, sendo que na maioria das implementações eles necessitavam da ajuda do professor para executarem as tarefas.

Na 2^a turma do Prof. LLS os alunos, em geral, estabeleceram as semelhanças sem nenhuma dificuldade. Contribuiu para isso o grau de familiaridade dos alunos com a situação análoga, visto que 100% deles consideraram a situação familiar. No Quadro 6 encontram-se listadas as semelhanças identificadas pelos alunos.

Quadro 6 – Semelhanças identificadas pelos alunos da 2a turma do Prof. LLS na ADA para o ensino do Modelo Atômico de Bohr

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Prateleiras	Camadas de valência (K, L, M, N, O, P, Q)
Livros	Elétrons
Chão como referencial	Núcleo como referencial
Queda ou elevação do livro (se o ponto de referência é o chão e o livro cai, a energia cinética aumenta e a energia potencial diminui)	Salto quântico (se o elétron pula para perto do núcleo a energia cinética aumenta e a energia potencial diminui)
Força gravitacional	Força elétrica

Além das correspondências previstas na atividade, os alunos mapearam outras que se encontram listadas no quadro abaixo.

Quadro 7 – Correspondência estabelecida pelos alunos da 2ª turma do Prof. LLS para além das previstas na atividade

Livros alocados em uma estante	Modelo Atômico de Bohr
Capacidade de armazenamento de livros em cada prateleira	Número de valência (2, 8, 18, 32, 32, 18, 8)
Livro cai da estante perdendo energia potencial e ganhando energia cinética	Elétrons só podem se mover em determinadas órbitas, situadas a distâncias precisas do núcleo, nas quais não irradia energia.

Embora a maioria dos alunos tenha estabelecido a correspondência “Chão/Núcleo”, muitos perceberam a necessidade de idealizar a base “bem de baixo” da estante como núcleo e não o chão. No caso de um livro cair de uma prateleira na situação análoga, iria colidir com o chão, o que não poderia ocorrer no caso do modelo atômico, já que o elétron poderia saltar até o nível mais baixo, caso contrário iríamos esbarrar na limitação do modelo atômico de Rutherford.

Quanto aos limites da analogia, não houve dificuldades por parte dos alunos em identificar os pontos falhos. No entanto, o grau de identificação varia entre os alunos, sendo que alguns identificam um maior número de limitações que outros. As falhas apontadas pelos alunos são descritas na seqüência.

‘Que ao passar de uma órbita para outra os elétrons simplesmente sumiriam e após surgiriam no outro orbital instantaneamente, o que não ocorre no livro que a gente vê caindo’. (C. B.)

‘O modelo atômico de Bohr possui apenas 7 camadas (órbitas) diferente da estante que pode possuir mais do que sete camadas ou prateleiras’. (J. D.)

‘As prateleiras de uma estante normalmente cabe o mesmo número de livros em todas as prateleiras, enquanto no átomo varia de 2 a 32 elétrons em cada camada’. (D. S.)

‘Na estante os livros ã se mechem / No nível de energia os elétrons pulam de uma camada p/ outra’. (A. R.)

‘Na prateleira ã se tem restrição de qtos livros podem ser colocados / Nas camadas de valência tem um no certo de elétrons que ã pode ser ultrapassado’. (A. R.)

‘As dimensões da estante para as dimensões do átomo’. (V. S.)

‘A força de atração existente entre elas são diferentes uma é gravitacional a outra eletromagnética’. (V. C.)

Mediante a leitura das produções, podemos afirmar que a ADA para o modelo atômico de Bohr cumpriu o seu papel de facilitadora da aprendizagem, já que os alunos compreenderam que neste modelo os elétrons somente se movimentam em determinadas camadas (estados estacionários), e que nestas não irradia energia, como é facilmente comprovado mediante a leitura das semelhanças estabelecidas e limites identificados.

Assim, consideramos que os alunos, em razão de terem estabelecido as correspondências e identificarem os limites de validade, alcançaram um nível de compreensão elevado, resultando

em uma aprendizagem significativa, uma vez que conseguiram conectar os novos conhecimentos com base nos já conhecidos. Contribuíram para isso: a) o professor ter explicado detalhadamente o alvo e o análogo; b) análogo ser familiar aos alunos; c) os alunos possuírem habilidades e destrezas necessárias para a execução das atividades, ou seja, dominarem alguns procedimentos.

Os bons índices de aproveitamento dos alunos, nas tarefas solicitadas, talvez também possam ser explicados em razão da contemplação da maior parte dos passos do modelo TWA pelo Prof. LLS.

Uma vez realizado a descrição dos resultados obtidos em cada uma das ADA implementadas e respondidas as questões de pesquisa, cabe-nos tecer as conclusões a que chegamos e comentar as principais contribuições da investigação realizada.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados que possuímos nos permitem afirmar que as semelhanças e as diferenças que dependem de um menor esforço cognitivo, em virtude de uma simples visualização de atributos, são identificadas mais facilmente, como, por exemplo, as do tipo estrutural e aquelas que envolvem proporções.

Comprovamos que, independente da turma, os alunos estabeleceram correspondências e identificaram diferenças para além daquelas previstas. Um fator que pode ter contribuído para isso foi o grau de familiaridade dos alunos com os análogos utilizados.

Devemos destacar que as implementações aqui analisadas fazem parte de um conjunto maior de atividades implementadas. Com isso, os resultados obtidos especificamente nestas atividades foram mais significativos que nas anteriores.

Uma possível justificativa para a não identificação de semelhanças e diferenças por alguns alunos pode ser a falta de habilidades e procedimentos não dominados por estes, como, por exemplo, estabelecer relações, levantar hipóteses, identificar e escrever. Estes procedimentos mostraram-se imprescindíveis e tarefas habituais de aprendizagem em sala de aula. O desempenho dos alunos nas atividades propostas esteve fortemente condicionado, entre outros fatores, ao domínio destes procedimentos.

Sendo assim, podemos inferir que o registro escrito, assim como os procedimentos de comparar e identificar é um processo lento e que carece de práticas sucessivas. Neste sentido, as atividades propiciaram, ao longo da realização destas, evoluções significativas nos procedimentos de comparar, identificar e escrever.

Com este trabalho foi possível conhecermos as semelhanças e diferenças identificadas, por alunos de Ensino Médio, em Atividades Didáticas baseadas em Analogias para o Ensino de Modelos Atômicos de Thomson, Rutherford e Bohr.

De posse destas informações, os professores estarão informados sobre quais correspondências e diferenças os alunos, em geral, tem mais dificuldades de identificar, necessitando para a identificação destas a ajuda dele. Com isso, os professores saberão quais semelhanças e diferenças devem ser discutidas com seus alunos no momento da utilização das ADA.

Em síntese, o que vimos em nossa investigação é que os alunos adquiriram um entendimento mais profundo dos conceitos estudados e um potencial maior para realização de alguns procedimentos possíveis de serem ensinados com este tipo de atividade. Comparam, emitem hipóteses, identificam e argumentam, unindo o conceitual ao procedimental.

6 - REFERÊNCIAS

- DAGHER, Zoubeida R.: (1995). 'Review of studies on the effectiveness of instructional analogies'. In: *Science Education*, v.79, n.3, p.295-312.
- DUIT, Reinders: (1991). 'On the role of analogies and metaphors in learning science'. In: *Science Education*, v.79, n.6, p.649-672.

- HARRISON, Allan G.; TREAGUST, David F.: (1993). 'Teaching with analogies: A case study in grade-10 optics'. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, p.1291-1307.
- GLYNN, Shawn M.; TAKAHASHI, Tomone: (1998). 'Learning from analogy-enhanced science text. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.35, n.10, p.1129-1149.
- GODOY, Luis A.: (2002). 'Success and problems with analogies in teaching mechanics'. In: *Journal of Science Education*, v.3, n.1, p.11-14.
- GODOY, Luis A.: (2002), 'Sobre la estructura de las analogías en ciencias'. In: *Interciencia*, v.27, n.8, p. 422-429.
- GONZÁLEZ, José Fernández; GONZÁLEZ, Benigno M. Gonzáles; Moreno, Teodomiro: (2003). 'Las analogías como modelo y como recurso en la enseñanza de las ciencias'. In: *Alambique: Didáctica de las Ciencias Experimentales*. v.35, p.82-89.
- LAWSON, Anton E.: (1993). 'The importance of analogy: a prelude to the special issue'. In: *Journal of Research in Science Teaching*, v.30, n.10, p.1213-1214.
- POZO, Juan Ignacio: (2000). A aprendizagem e o ensino de fatos e conceitos. In: COLL, C.; et al. *Os conteúdos na reforma: ensino e aprendizagem de conceitos, procedimentos e atitudes*. Porto Alegre/BRA: Artes Médicas.
- THIELE, Rodney B.; TREAGUST, David F.: (1995). 'Analogies in chemistry textbooks'. In: *International Journal of Science Education*, v.17, n.6, p.783-795.
- TREAGUST, David F.; VENVILLE, Grady; HARRISON, Allan; STOCKLMAYER, Susan; THIELE, Rodney: (1994). 'The far guide for teaching and learning science with analogies (Using Analogies In a Constructivist Approach)'. A Workshop at the International Course: "Science and Mathematics Education: Some Topics About Which We Should Think", Santiago, Chile.