

O USO DE CONCEITOS CIENTÍFICOS EM ARGUMENTOS EM AULAS DE BIOLOGIA

The use of scientific concepts to arguments in Biology classes

Renata de Paula Orofino [renata.paula.silva@usp.br]

Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo

Rua do Matão, trav. 14, 321, Cidade Universitária – São Paulo – SP

Silvia Luzia Frateschi Trivelato [slfrive@usp.br]

Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo

Av. da Universidade, 308, Cidade Universitária – São Paulo – SP

Resumo

A argumentação em aulas de ciências vem sendo investigada sob diferentes ângulos, em discussões sobre diferentes questões científicas e sociocientíficas, diferentes estratégias didáticas e tipos de atividades de sala de aula. Analisamos a argumentação de 35 alunos do 3º ano do Ensino Médio em uma atividade escrita realizada individualmente como parte de uma sequência didática de Genética. Utilizamos uma adaptação do Padrão Argumentativo de Toulmin para verificar a presença de argumentos nas respostas dos alunos e analisamos as informações mobilizadas pelos alunos nas respostas. Os alunos identificam a conclusão do argumento esperado (N = 32) e constroem argumentos em suas respostas (N = 24). Porém, nem todos os alunos conseguem utilizar todas as informações necessárias para justificar os argumentos (N = 7), sendo que a maioria utiliza informações incorretas ou incompletas como justificativa para a conclusão esperada (N = 17). Fica claro, a partir de nossos resultados, que é possível trabalhar questões argumentativas em atividades com respostas esperadas para as perguntas. Como sugestão para aumentar a qualidade das informações utilizadas nos argumentos, indicamos a separação de questões muito gerais em questões menores para que os alunos aprendam o processo argumentativo de forma gradativa. **Palavras-chave:** Alfabetização científica; argumentação; ensino de ciências.

Abstract

Argumentation in science classes has been investigated in different perspectives, within scientific and socio-scientific subjects, developed through a multitude of classroom strategies and activities. In this paper we discuss the argumentation of 35 students (16-18 years) in an individual written exercise that followed a sequence of lessons in Genetics. We used Toulmin's Argument Pattern to verify the presence of students' arguments and we analysed the concepts that students succeeded to explicit in their arguments. Students were able to address the expected conclusion of the argument (N = 32) and to use arguments in their answers (N = 24). However, only some students used all the information necessary to justify the arguments (N = 7), and most students used incorrect or incomplete information as justification for the expected conclusion (N = 17). It is clear from our results that it is possible to foster students' argumentation in activities that have an expected answer. We discuss how to raise the argumentative potential of those questions by separating a big argumentative question in smaller ones that address particular parts of the argumentation process so that students learn it gradually.

Keywords: Scientific literacy; argumentation; science teaching;

Introdução

O ensino de ciências no Brasil e no mundo passa por constantes reformulações, seja nos pressupostos que o embasam, seja no papel que o ensino de ciências assume na sociedade. Uma das reformulações indica que, para além da ênfase no conhecimento de fatos e conceitos, é necessário valorizar o ensino de elementos da natureza da ciência (Yore & Hand, 2010; Erduran & Dagher, 2014), especialmente os processos de raciocínio empregados nessa forma de conhecimento (Simon; Erduran & Osborne, 2006). A valorização indicada acima pode ser atribuída à ideia de alfabetização científica (Bybee; McCrae & Laurie, 2009), tendência valorizada entre educadores e pesquisadores do ensino de ciências.

O raciocínio científico e a forma de estabelecimento dos conhecimentos científicos são dois dos diferentes elementos que compõem a natureza da ciência. Tanto um como o outro se utilizam de uma linguagem específica, persuasiva, baseada em evidências e em conhecimentos previamente estabelecidos. Chamamos essa linguagem persuasiva de argumentação e consideramos que os cientistas argumentam em diferentes contextos, desde as tomadas de decisão internas da ciência como nos processos de divulgação dos conhecimentos construídos. Uma vez que se reconhece a presença de argumentos em processos discursivos envolvidos na construção de conceitos científicos (Kelly; Druker & Chen, 1998), o ensino de ciências se beneficia ao incorporar a argumentação científica.

Ao argumentar, nos utilizamos da forma de raciocínio mais significativa do cotidiano (Kuhn, 1992, p. 156). Argumentação e argumentos produzidos no contexto do ensino de ciências já são temas de pesquisa há mais de duas décadas (Lin; Lin & Tsai, 2014). No ensino de ciências, argumentar ajuda os alunos a entenderem não só como a ciência é construída, mas também a praticarem tal linguagem, transformando a ciência em algo mais palpável. Os alunos também têm mais facilidade em aprender conceitos quando estão envolvidos em atividade argumentativas (Zohar & Nemet, 2002; VonAufschnaiter *et al.*, 2008, p. 102) ou em aceitar explicações alternativas às que eles inicialmente tinham sobre assuntos científicos (Nussbaum & Sinatra, 2003). Outra vantagem diz respeito à interação social que atividades argumentativas permitem, o que, numa perspectiva sociocultural, proporciona socialização entre alunos e a democratização da sala de aula (Erduran e Jiménez-Aleixandre, 2008). O raciocínio argumentativo é importante para a educação em ciências pela relação que guarda com as formas de ação da investigação científica, isto é, a produção e justificativa de enunciados direcionados à compreensão da natureza (Jiménez-Aleixandre & Díaz de Bustamante, 2003).

A análise de argumentos formulados por alunos em aulas de ciências pode nos indicar como os estudantes lidam com o conhecimento científico, como raciocinam em ciências, quais suas crenças epistemológicas sobre ciência e ainda como comunicam e justificam suas ideias para outras pessoas (Sampson & Clark, 2008, p.469). Conhecer as características de argumentos construídos pelos alunos pode fornecer elementos para que o professor repense e proponha práticas de sala de aula.

Ainda no âmbito da pesquisa em ensino de ciências, os termos argumentação e argumento são polissêmicos (Eskin & Ogan-Bekiroglu, 2013). Definimos neste trabalho argumentação como o conjunto de processos de construção de argumentos, enquanto que um argumento é o produto final do processo de argumentação, uma asserção acompanhada das justificativas para tal asserção

(Zohar & Nemet, 2002). Ambos os termos, porém, se afastam do significado de senso comum de que um argumento é uma discussão, uma disputa entre duas ou mais pessoas, pois esse tipo de discussão nem sempre vem acompanhado de asserções justificadas. Mesmo quando a análise da argumentação considera as diferentes pessoas de um diálogo, o objetivo final é identificar quais as características dos argumentos construídos e não o vencedor do debate.

Boa parte dos trabalhos realizados sobre argumentação no ensino de ciências analisa a argumentação dos alunos expressa oralmente, seja em discussões com outros alunos, conversas com o professor, ou debates coordenados em sala de aula (e.g. Osborne; Erduran & Simon, 2004; Sasseron & Carvalho, 2013). Argumentos construídos oralmente são diferentes dos escritos, devido ao formalismo e espontaneidade próprios de cada tipo de ação, bem como as interações entre os diferentes indivíduos na sala de aula. Além disso, os métodos de análise da argumentação e os parâmetros de comparação ganham dimensões diferentes em cada situação. As pesquisas da área apresentam diferentes parâmetros de análise, como presença de elementos específicos do argumento, conteúdo veiculado nas asserções, ou ainda natureza das justificativas utilizadas, de acordo com as questões de pesquisa específicas em cada contexto (Sampson & Clark, 2008).

Nota-se que há trabalhos nos quais o tema a ser analisado envolve questões sócio-científicas e questões científicas. Em ambos, o foco da análise é a capacidade argumentativa dos alunos, mas são raros os trabalhos que relacionam tal capacidade com a utilização de conceitos nos argumentos construídos pelos alunos (e.g. Zohar & Nemet, 2002; Eskin & Ogan-Bekiroglu, 2013). Assim como identificar se os alunos conseguem raciocinar de forma análoga ao cientista, é importante identificar se os alunos conseguem utilizar os conceitos científicos nos diferentes contextos do ensino de ciências, respeitando sempre o nível educacional considerado e os objetivos iniciais das sequências didáticas analisadas.

A análise de argumentos pode ser feita por meio de diferentes parâmetros, conforme indicamos acima. Uma ferramenta de análise amplamente utilizada nas pesquisas de ensino de ciências é o Padrão Argumentativo de Toulmin (TAP) (e.g. Kelly; Druker & Chen, 1998; Duschl; Ellenbogen & Erduran, 1999; Bell & Linn, 2000; Osborne; Erduran & Simon, 2004, De Arellano & Towns, 2014). O TAP (Toulmin, 2006) é uma ferramenta para analisar a estrutura de argumentos baseada em elementos diferentes dos definidos pela lógica formal presente nos silogismos (Velasco, 2009). O modelo é formado por uma *Conclusão*, uma proposição que se deseja defender. Para tal, o locutor apresenta *Dados* e pode apresentar os motivos que lhe permitem passar dos *Dados* para a *Conclusão*. Podemos dividir os motivos em *Garantia* e *Apoio*, sendo esse último o conhecimento básico, as leis gerais sobre o assunto. O locutor pode apontar a força de seu argumento, trazendo o *Qualificador* que melhor expressa tal força. Por fim, o locutor pode explicitar as situações em que o argumento não é válido, a *Refutação*.

Dentre as vantagens da utilização do TAP para analisar a estrutura de argumentos, está a diferenciação das premissas de acordo com o papel que apresentam em um argumento. Para o professor de ciências, a separação entre *Dado* e *Garantia* significa a diferenciação entre evidências e explicações. O *Apoio* pode ser considerado o conjunto de leis e teorias aceitos naquele campo de conhecimento. Tal diferenciação é crucial para que o aluno compreenda que os resultados de uma investigação científica são aliados a explicações construídas pelos cientistas para interpretar os

fenômenos naturais. Apesar de dificuldades metodológicas associadas ao uso do TAP (Erduran, 2008), tal vantagem se mostra uma excelente justificativa para seu uso em contextos científicos.

Neste trabalho, investigamos a capacidade argumentativa de alunos do ensino médio em um tema de Biologia. Analisamos respostas escritas de alunos a uma pergunta sobre genética, buscando argumentos no texto dos alunos e identificando a articulação dos conceitos nos argumentos encontrados.

Métodos

A metodologia de análise deste trabalho se alinha com a metodologia qualitativa de pesquisa, dado que, a partir do caso analisado, pretendemos construir uma análise que seja útil para entendermos outros contextos similares ao explanado neste trabalho (Cohen; Manion & Morisson, 2007, p. 253). Para tal, descrevemos o contexto da coleta de dados na expectativa de contextualizar as análises realizadas.

Contexto de Pesquisa e Sequência Didática

Os sujeitos de pesquisa foram alunos do 3º ano do Ensino Médio, de 16 a 18 anos, em uma escola pública da zona-oeste de São Paulo. Do total de duas turmas de 30 alunos, 35 alunos participaram da pesquisa. Uma sequência de três aulas de Genética dentro da disciplina de Biologia foi o nosso foco de análise. As aulas tiveram duração de 50 minutos e ocorreram duas vezes na semana. A organização das três aulas nas duas turmas analisadas teve pequenas diferenças, mas as turmas podem ser consideradas semelhantes no que diz respeito ao objetivo e etapas principais das aulas. A professora que ministrou a aula em ambas as turmas tinha interesse pelo uso de estratégias que envolvessem a argumentação em sala de aula e desenvolvia o doutorado sobre o mesmo tema na época da realização da pesquisa. A sequência didática havia sido recém-criada pela professora, sendo inédita para todos os alunos, mesmo os repetentes.

Nas duas primeiras aulas da sequência em questão, a professora realizou a leitura de um texto (disponível em Orofino & Trivelato, 2015) em voz alta com os alunos, retomando conceitos já trabalhados em aula, adicionando novas definições e perguntando aos alunos sobre temas já trabalhados. O texto havia sido elaborado pela professora com base em uma apostila de genética de ensino superior e continha a descrição de dois experimentos importantes na determinação da função do DNA nos organismos. O experimento 1 tratava da transformação das bactérias causadoras da pneumonia. A conclusão do experimento relatado no texto foi que as bactérias não infectantes eram transformadas em infectantes por algum tipo de princípio transformante e que a substância transformante era composta de DNA, ou seja, que o DNA deveria ser o próprio material genético. O experimento 2 tratava da identificação do material hereditário em vírus bacteriófagos. A conclusão do experimento é que a fonte das informações hereditárias é o DNA.

Ao fim da leitura, a professora propôs uma única questão para ser respondida individualmente. Após o trabalho individual, os alunos discutiram em grupos e puderam reformular suas respostas iniciais. Ao final da terceira aula, as respostas reformuladas dos alunos à questão foram recolhidas pela professora. A questão proposta pela professora - “Por que as conclusões dos

experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?” - tinha como objetivo que os alunos retomassem as informações presentes no texto e discutidas em aula sobre os dois experimentos indicados de forma a justificar que o DNA é o portador das informações hereditárias.

Consideramos como unidade de análise a resposta individual que cada um dos 35 alunos formulou para a questão após a discussão em sala de aula. Com base nas informações fornecidas pelo texto sobre os experimentos, identificamos que a afirmação de que o DNA é portador das informações hereditárias já tinha sido explicada durante a leitura do texto. O enunciado da questão também delimitava com quais informações os alunos deveriam defender a afirmação de que o DNA é o portador das informações hereditárias. Caberia a cada aluno retomar as informações dos experimentos que sustentavam a afirmação do enunciado.

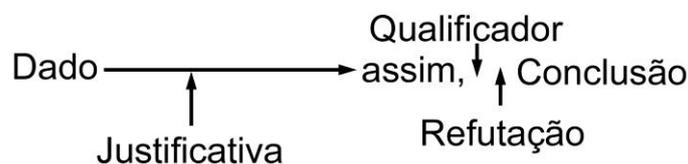
Fonte dos dados de interesse e análises realizadas

Transcrevemos as respostas em meio digital de forma literal, ou seja, mantendo as pontuações e formas gramaticais colocadas pelos alunos. Essa padronização foi crucial para que as construções gramaticais e os sentidos das frases não fossem alterados. Substituímos os nomes dos alunos por números, de 1 a 35, para preservar suas identidades. Dividimos a análise dos dados em duas etapas: (1) presença/ausência de argumentos nas respostas dos alunos; (2) utilização dos conteúdos específicos sobre o tema da sequência didática.

Para a primeira etapa de análise, as respostas dos alunos foram reestruturadas no modelo de TAP. Para este trabalho, modificamos o TAP de forma a fundir os elementos *Garantia* e *Apoio* em um único, nomeado *Justificativa* (Figura 01). Outros trabalhos da área realizaram adaptações semelhantes do TAP com base na pergunta específica que estava sendo investigada (e.g. Jiménez-Aleixandre; Pérez & Castro, 1998; Driver; Newton & Osborne, 2000; Villani & Nascimento, 2003). Para este trabalho decidimos por tal adaptação, uma vez que o exercício não exigia dos alunos a explicitação das teorias aceitas no contexto estudado (*Apoio*) e também porque os alunos não estavam familiarizados com exercícios que envolviam a linguagem argumentativa.

As características gramaticais indicadas na resposta de cada aluno foram utilizadas para determinar cada elemento do modelo. Entendemos que a compreensão do aluno se traduz no que ele realiza ou deixa de realizar na atividade (Von Aufschnaiter *et al.*, 2008, p. 110), ou seja, reestruturar os textos sem necessariamente seguir as características gramaticais indicadas pelos alunos poderia resultar em um viés nos dados obtidos. Por exemplo, a relação de conclusão dada por conjunções coordenativas conclusivas (i.e. assim, portanto) precisaria estar explícita no texto do aluno para que dividíssemos o texto em *Dado* e *Conclusão* de acordo com o TAP. Caso a reestruturação não tivesse tal rigor, estaríamos indicando um passo argumentativo que o aluno não fez. É importante salientar que em nenhum momento da sequência analisada a professora explicitou ou ensinou o modelo argumentativo que foi usado neste trabalho para a análise das respostas dos alunos.

Figura 01: Padrão de argumento do Toulmin (TAP) adaptado. A *Conclusão* de um argumento é sustentada por *Dados*. A *Justificativa* contém informações que ligam os *Dados* à *Conclusão*. O *Qualificador* indica a força do argumento e a *Refutação* indica as situações que invalidam a *Conclusão*.



De forma coerente com os métodos da pesquisa qualitativa, as respostas dos alunos foram analisadas por dois codificadores independentes. Ambos os codificadores possuíam conhecimento prévio sobre TAP e participavam do mesmo grupo de pesquisa sobre argumentação. Em uma segunda etapa de análise, os dois codificadores compararam as análises. Quando houve discrepância entre as análises, os codificadores discutiram até chegarem a um consenso. Métodos de codificação semelhantes a este podem ser encontrados em outros trabalhos da área (e.g. Kelly; Druker & Chen, 1998; De Arellano & Towns, 2014).

A segunda etapa de análise consistiu na identificação dos conteúdos específicos sobre o tema da sequência didática nas respostas dos alunos. No contexto estudado, consideramos as informações relacionadas aos experimentos, de acordo com o esperado pelo enunciado da questão. De forma semelhante a Eskin & Ogan-Bekiroglu (2013), identificamos se os conteúdos conceituais esperados pela comanda da questão estavam presentes nas respostas, pois o aluno pode indicar a afirmação corretamente, mas utilizar diferentes fontes de informação para sustentar a afirmação feita. De acordo com Kelly; Druker & Chen (1998), o argumento identificado na resposta dos alunos depende do conhecimento científico para ser considerado substantivo. Por concordarmos com a ideia desses autores, entendemos que os alunos analisados deveriam mobilizar informações científicas das aulas referentes ao exercício para a construção de argumentos substantivos.

Com base nas respostas obtidas, determinamos três categorias possíveis: (1) aluno que mobiliza informações corretas sobre os dois experimentos indicados no enunciado; (2) aluno que mobiliza informações corretas sobre um dos experimentos ou informações incorretas sobre algum dos experimentos; e (3) alunos que falham tanto na construção de argumentos quanto no uso de informações corretas sobre os experimentos indicados no enunciado. Analisamos o conteúdo dos argumentos identificados nas respostas dos alunos para determinar a qual grupo cada aluno pertencia. Os conteúdos esperados foram retirados do texto lido em sala de aula e das transcrições das aulas de leitura que antecederam o exercício.

Ao comparar o enunciado da pergunta proposta com o modelo de análise TAP, identificamos que o trecho “as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria)” pode ser interpretado como *Dado* de um argumento que tem como *Conclusão* o trecho “o DNA é o portador das informações hereditárias”. De acordo com essa interpretação, caberia aos alunos indicarem a *Justificativa* que sustentaria tal argumento. Esperávamos que, na *Justificativa* e/ou *Dados*, os alunos apresentassem os resultados e conclusões dos dois experimentos (transformação bacteriana e infecção por vírus bacteriófago),

discutidos em aula (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria).

Classificamos como pertencentes ao grupo 1 os alunos que conseguiram explicitar a *Conclusão* esperada e justificá-la com informações sobre os dois experimentos. Os alunos classificados como grupo 2 conseguiram identificar a *Conclusão* esperada, mas usaram informações incompletas ou incorretas sobre os experimentos. Finalmente, os alunos do grupo 3, além de não construírem argumentos, falharam em identificar a *Conclusão* esperada, em indicar *Justificativas* para a *Conclusão* esperada, ou ainda em utilizar informações referentes aos experimentos para justificar a *Conclusão*. Os alunos do grupo 3 poderiam até ter usado conhecimentos científicos corretos, mas tais conhecimentos não eram os esperados de acordo com o enunciado da questão.

Resultados

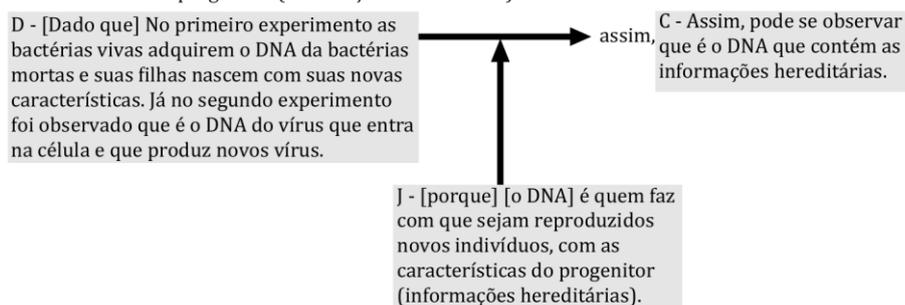
Dos 35 alunos analisados, 28 conseguiram construir argumentos que apresentavam coerência interna (ou seja, que as informações do *Dado* eram coerentes com as informações indicadas na *Conclusão* e *Justificativa*), sendo que 15 alunos construíram pelo menos um argumento com *Justificativa*. Nas respostas dos 28 alunos indicados acima, foram identificados um total de 48 argumentos. Apesar de não ser o foco principal do trabalho, identificamos *Qualificador* em 12 argumentos, não identificamos *Refutação* em nenhum. No que diz respeito às informações apresentadas na resposta, dos 35 alunos analisados, 32 conseguiram identificar a *Conclusão* esperada pelo enunciado, mesmo quando não apresentaram argumentos ou não usaram informações relacionadas aos experimentos como *Justificativa*.

A maior parte dos alunos foi classificada como pertencente ao grupo 2, ou seja, 17 alunos utilizaram informações parciais ou incorretas sobre os experimentos. Um total de 11 alunos foi classificado como pertencente ao grupo 3, dentre os quais quatro não construíram argumento e 7 construíram argumentos incoerentes e/ou utilizaram informações não relacionadas aos experimentos como suporte à *Conclusão*. A parcela dos alunos classificada como pertencente ao grupo 1 somou 7 alunos, que mobilizaram informações corretas sobre ambos os experimentos em seus argumentos.

Para ilustrar o grupo 1, apresentamos a resposta do aluno de número 12. O aluno utilizou um argumento no qual narrou os dois experimentos e trouxe uma *Justificativa* conceitual sobre o assunto (Figura 02). O aluno conseguiu identificar que a afirmação a ser defendida era “o DNA é portador das informações hereditárias”. Para defender a afirmação, utilizou as conclusões dos dois experimentos trabalhados em sala de aula: “No primeiro experimento...”, “Já no segundo experimento...”. A *Justificativa* utilizada é uma generalização da teoria trabalhada em sala de aula. Por fim, todas as informações conceituais da resposta foram consideradas corretas.

Figura 02: Resposta do aluno 12 para a pergunta: “Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?”, seguida da reestruturação da resposta no argumento identificado. Consideramos que o aluno construiu um argumento e conseguiu mobilizar os conhecimentos necessários dos dois experimentos trabalhados em aula. D = Dado, J = Justificativa, C = Conclusão. Trechos entre colchetes são adições nossas para compreensão do argumento identificado.

[Dado que] No primeiro experimento as bactérias vivas adquirem o DNA da[s] bactérias mortas e suas filhas nascem com suas novas características. Já no segundo experimento foi observado que é o DNA do vírus que entra na célula e que produz novos vírus. Assim, pode se observar que é o DNA que contém as informações hereditárias. [Porque] [o DNA] é quem faz com que sejam reproduzidos novos indivíduos, com as características do progenitor (informações hereditárias).



O grupo 2, por incluir alunos que cometeram falhas em diferentes aspectos, é bastante plural. Há alunos que utilizaram conceitos corretos para responder à questão, porém relativos apenas ao experimento 1. O aluno de número 14 representa esse subgrupo (Figura 03). O aluno 14 teve dois argumentos identificados em sua resposta. Consideramos que o segundo argumento foi utilizado como *Justificativa* do primeiro argumento identificado, uma vez que não apresentou a *Conclusão* esperada a ser defendida, mas sim a conclusão do primeiro experimento. Todas as informações estão conceitualmente corretas, mas o aluno só utilizou o primeiro experimento, respondendo o exercício com apenas metade das informações solicitadas.

Ainda no Grupo 2, identificamos alunos que constroem argumentos, mas trazem informações incompletas ou incorretas sobre os dois experimentos. O aluno de número 26 representa esse subgrupo (Figura 04). O aluno traz informações incorretas sobre o experimento 1 (bactéria que tem mais chances). As informações corretas sobre os experimentos são vagas (conclusão isolada do experimento 2 e narrativa vaga do experimento 1) e podemos considerar o primeiro e o último argumentos como sendo cópias do enunciado. Além disso, o aluno não consegue articular informações detalhadas dos experimentos como *Justificativas*.

Figura 03: Resposta do aluno 14 para a pergunta: “Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?”, seguida da reestruturação da resposta nos dois argumentos identificados. Consideramos que o aluno construiu dois argumentos, sendo que um foi usado como Justificativa para o outro. Contudo, o aluno mobilizou apenas informações relacionadas ao experimento 1. D = Dado, J = Justificativa, C = Conclusão. Trechos entre colchetes são adições nossas para compreensão do argumento identificado.

O DNA pode ser considerado o portador do material genético e responsável pela hereditariedade, devido a algumas evidências encontradas nos experimentos com camundongos e as bactérias S* e R**.

Como vimos, ao “colocarem” bactérias S mortas pelo calor e R vivas nos camundongos eles morreram.

O que houve nesse caso, foi uma transformação bacteriana, ou seja o “princípio transformante” contido na bactéria S morta pelo calor, modificou de alguma forma a bactéria R viva, tornando-a em uma bactéria S viva. Passados uns tempos, os cientistas estavam tentando descobrir o que era esse “princípio transformante”. Então fizeram um experimento. Pegaram algumas substâncias e colocaram, misturando-as ao “princípio transformante”. As substâncias eram:

Amilase – não reagiu

Protease – não reagiu

Ribonuclease – não reagiu

Desoxirribonuclease – reagiu

A partir desse experimento, descobriram, que o tal do princípio transformante era o DNA da bactéria.

Essa descoberta foi muito importante, pois com essas evidências e resultados puderam concluir que o DNA é o responsável e portador do material genético (características) e a hereditariedade, pois as bactérias que eram “transformadas” em S vivas, se reproduziram e passavam suas características à seus descendentes.

Legenda: S*= são as bactérias responsáveis pela doença da pneumonia (produzem um cápsula de carboidrato).

R**= são as bactérias que não transmitem a doença da pneumonia (não produzem a capsula de carboidrato).

D - [Dado que] algumas evidências encontradas nos experimentos com camundongos e as bactérias S* e R**.

Legenda: S*= são as bactérias responsáveis pela doença da pneumonia (produzem um cápsula de carboidrato).

R**= são as bactérias que não transmitem a doença da pneumonia (não produzem a cápsula de carboidrato).

Legenda: S*= são as bactérias responsáveis pela doença da pneumonia (produzem um cápsula de carboidrato).

R**= são as bactérias que não transmitem a doença da pneumonia (não produzem a cápsula de carboidrato).

assim, C - O DNA pode ser considerado o portador do material genético e responsável pela hereditariedade.

J - [porque]

D - [Dado que] (a) Como vimos, ao “colocarem” bactérias S mortas pelo calor e R vivas nos camundongos eles morreram.

(b) Passados uns tempos, os cientistas estavam tentando descobrir o que era esse “princípio transformante”.

Então fizeram um experimento. Pegaram algumas substâncias e colocaram, misturando-as ao “princípio transformante”. As substâncias eram:

Amilase – não reagiu

Protease – não reagiu

Ribonuclease – não reagiu

Desoxirribonuclease – reagiu

assim, C - descobriram que o tal do princípio transformante era o DNA da bactéria.

J - [porque] (a) O que houve nesse caso, foi uma transformação bacteriana, ou seja o “princípio transformante” contido na bactéria S morta pelo calor, modificou de alguma forma a bactéria R viva, tornando-a em uma bactéria S viva.

Por fim, o Grupo 3 é composto por alunos que falham tanto na construção de argumentos quanto no uso de informações corretas sobre os experimentos. Esses alunos confundem conceitos e não conseguem criar relações de causa e efeito, enumerando fatos ou trazendo informações pouco relevantes para a atividade. No caso do aluno 21 (Figura 05), não foi possível escrever qualquer argumento a partir da resposta apresentada, apesar dele ter enumerado informações sobre os experimentos. O aluno também falhou em identificar a *Conclusão* esperada pelo enunciado.

Figura 04: Resposta do aluno 26 para a pergunta: “Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?”, seguida da reestruturação da resposta no argumento identificado. Consideramos que o aluno construiu quatro argumentos, mas nenhum deles contendo informações sobre os experimentos, se assemelhando a uma cópia do enunciado. D = Dado, C = Conclusão. Trechos entre colchetes são adições nossas para compreensão do argumento identificado.

As conclusões dos experimentos afirmam que o DNA carrega as informações hereditárias, pois:

No experimento 1 a bactéria que tem menos chances de sobreviver, sobrevive graças a transmissão de DNA da bactéria que tem mais chances. Ou seja, o DNA carrega as características dos indivíduos, levando informações genéticas. Quando o indivíduo que recebeu as características se reproduz, ele transmite-as para seus descendentes, que apresentam imunidade, assim conclui-se que o DNA carrega as informações genéticas. A partir do experimento 2 percebeu-se que era o DNA e não a proteína que possui o material genético. Eles tem informações para produzir novos indivíduos como mostra no experimento quando a bactéria se reproduz.

Conclui-se então a partir dos dois experimentos que o DNA possui a capacidade de modificar-se, de modificar outras DNAs e transmitir suas características aos seus descendentes.

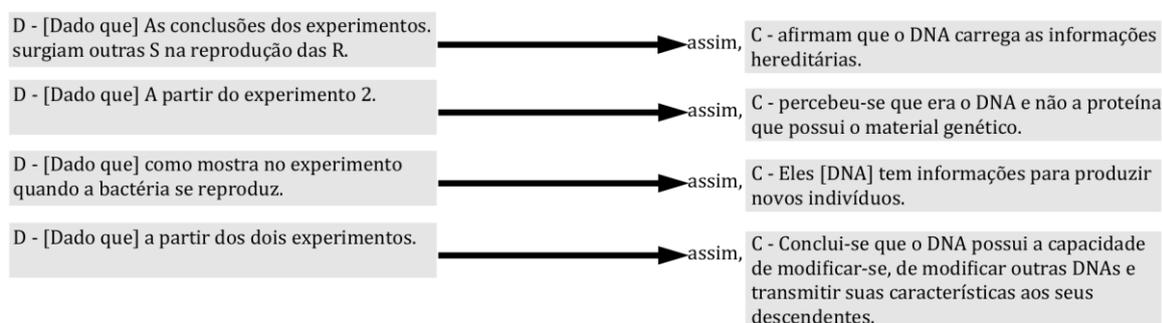


Figura 05: Resposta do aluno 21 para a pergunta: “Por que as conclusões dos experimentos 1 e 2 (que o DNA é o princípio transformante e que o DNA do vírus penetra na bactéria) permitem afirmar que o DNA é o portador das informações hereditárias?”. Consideramos que o aluno não construiu argumentos em sua resposta, apenas somou informações sobre os experimentos.

As conclusões dos experimentos 1 e 2 tem informações hereditárias, pois o DNA tem a capacidade de transformas as características das bactérias.

Na experiência as bactérias vão se multiplicar, sendo que, uma bactéria se transforma em duas.

A bactéria R pega as características da bactéria S e se transforma, no primeiro experimento.

No experimento dois a bactéria vai pegar o resultado do primeiro experimento e vai transformá-lo, para obter um vírus mais resistente, sendo que, no DNA o vírus pode ficar e multiplicar-se podendo criar um vírus muito forte, assim podemos explicar porque o vírus mata um rato e outro não morre.

Discussão

Dentre os 35 alunos analisados neste trabalho, a maioria (N = 32) demonstrou ter capacidades básicas de interpretação de texto, uma vez que identificou a *Conclusão* esperada pelo enunciado da questão. Também identificamos que a maioria dos alunos (N = 24) foi capaz de construir uma estrutura de argumentos, utilizando informações esperadas pelo enunciado, mesmo que parcialmente. A parcela de alunos que conseguiu construir argumentos com todas as informações esperadas pelo enunciado foi pequena. Este resultado é coerente com os resultados apresentados por Von Aufschnaiter *et al.* (2008). O exercício analisado neste trabalho se assemelha à atividade relatada por Von Aufschnaiter *et al.* (2008) sobre substâncias, em que os alunos precisavam indicar se concordavam ou não com uma afirmação e trazer evidências que embasassem sua posição.

A análise realizada neste trabalho apresentou duas etapas complementares. A primeira verificou a presença ou ausência de argumentos, de acordo com o TAP e a segunda verificou o conteúdo veiculado nos argumentos. Essa escolha se justifica porque a análise da estrutura do argumento não nos permite identificar se o argumento construído é pertinente no âmbito da ciência. Análise semelhante foi realizada em Zohar & Nemet (2002) na tentativa de evitar uma análise que se encerrasse nas questões estruturais do argumento.

Zohar & Nemet (2002) investigaram uma sequência didática sobre dilemas em genética humana e agruparam os argumentos dos alunos em: (1) não considera conceitos biológicos; (2) considera erroneamente conceitos biológicos; (3) considera corretamente conceitos biológicos não específicos; e (4) considera corretamente conceitos biológicos específicos. Ao comparar a análise realizada neste trabalho com trabalho acima, classificaríamos a maioria dos alunos como pertencentes à categoria 2 ou 3, uma vez que articulam informações sobre apenas um dos experimentos ou trazem informações errôneas sobre os experimentos. O grupo de alunos classificado como grupo 1 neste trabalho seria classificado como 4 se usássemos a classificação de Zohar & Nemet (2002).

A partir de nossa análise, podemos afirmar que os alunos constroem argumentos corretos do ponto de vista científico. Esse resultado é coincidente com outros trabalhos da área (Sá & Queiroz, 2007; Rivas & Alzate, 2009; Carmo & Carvalho, 2012; Junior *et al.*, 2012) que demonstram que há argumentação nas aulas de ciências. Da mesma forma que Rivas & Alzate (2009), nossos resultados indicam um predominante uso dos elementos *Dado*, *Conclusão* e *Justificativa*, sendo o uso dos demais elementos mais raro. A situação estudada neste trabalho não apresentava posições contrárias em disputa, como ocorre em alguns trabalhos da área, o que pode ser um motivo para não termos identificado o elemento *Refutação* em nenhum argumento identificado.

Apesar de nossa análise indicar a capacidade de construir argumentos elaborados com conteúdo científico correto, a sequência analisada neste artigo continha um exercício que apresentava uma única resposta correta, ou seja, uma questão fechada. Portanto, não bastava ao aluno construir um argumento de conteúdo científico correto, pois a tarefa a ser cumprida regulava a qualidade esperada de resposta. Quase todos os alunos analisados foram capazes de entender a demanda do exercício e de utilizar argumentos em suas respostas, porém, uma minoria utilizou todas as informações necessárias para responder plenamente à questão. Portanto, existe uma discrepância entre a compreensão da tarefa e a habilidade para contemplá-la. O resultado indicado acima é coerente com a informação encontrada na literatura de que os alunos não conseguem escolher entre informações relevantes ou irrelevantes na construção de seus argumentos (Sampson; Grooms & Walker, 2011). Tal discrepância deve ser trabalhada em sala de aula. Uma possível solução para o caso analisado, seria destrinchar a questão em perguntas menores, verificando inicialmente a compreensão dos alunos sobre os experimentos e, finalmente, demandando que os experimentos fossem relacionados à função do material genético.

Em aulas de ciências, os alunos precisam utilizar os conceitos científicos em situações específicas, a maioria delas na forma de questões fechadas. Isso faz com que a linguagem científica esteja atrelada ao exercício proposto pelos professores. Em muitos trabalhos da área encontramos situações de ensino diferentes da estudada aqui (*e.g.* Osborne; Erduran & Simon, 2004, Jiménez-

Aleixandre; Pérez & Castro, 1998). Em tais trabalhos a argumentação dos alunos é investigada quando há uma questão aberta, um caso controverso, ou ainda situações sócio-científicas. Sendo assim, a comparação entre tais resultados fica dificultada. Entretanto, é possível perceber que há espaço para a argumentação em múltiplos contextos de sala de aula, desde que este seja um objetivo pré-estabelecido pelo professor (Orofino & Trivelato, 2015).

Elaborar argumentos escritos é indicado como um dos quatro fatores importantes para o desenvolvimento de habilidades argumentativas (Zohar & Nemet, 2002). A atividade analisada nesta pesquisa tinha como foco um exercício escrito que envolvia a construção de um argumento. Atividades como esta podem ser melhor aproveitadas se incluídas em sequências que incluam outros fatores indicados por Zohar & Nemet (2002): (a) entender a estrutura de um argumento e avaliar o que é um bom argumento; (b) meta-aprendizado sobre argumentos; (c) o uso de problemas autênticos (perguntas científicas).

As aulas de ciências são um ótimo espaço para o uso e aperfeiçoamento da linguagem argumentativa, principalmente se considerarmos que essa linguagem é utilizada na construção de conhecimento científico. O TAP é um modelo utilizado nas pesquisas da área de ensino, mas por apresentar maior complexidade, pode ser considerado pouco interessante trabalhar com esse modelo em sala de aula. Uma das vantagens do uso dos elementos do TAP - *Dado, Garantia e Apoio* - é a possibilidade de explicitar e diferenciar evidências coletadas pelos alunos ou fornecidas pelo professor (*Dado*) dos conteúdos conceituais estabelecidos (*Garantia e Apoio*) a serem utilizados em cada argumento. Para tornar ainda mais clara a diferença entre evidências e conteúdos conceituais, o professor pode discutir o que conta como evidência para a ciência (Gott & Duggan, 2007), definir o que é um bom argumento, valorizar diferentes pontos de vista e outras ações relacionadas à argumentação (e.g. Simon; Erduran & Osborne, 2006).

Como ferramenta de análise, o TAP nos foi útil para identificar as respostas dos alunos e olhar com maior criticidade para o conteúdo veiculado pelos alunos nas respostas analisadas. Da mesma forma que na análise das respostas neste trabalho, entendemos que tal modelo analítico pode se transformar numa ferramenta auxiliar do professor para correção de exercícios, resultando em aperfeiçoamento de suas práticas e melhorando a clareza de suas expectativas em relação ao desempenho dos alunos. Entendemos que o uso dessa ferramenta não é simples e depende de tempo e prática, mas pode ser bastante benéfico para o professor de ciências.

Referências Bibliográficas

- Bell, P., & Linn, M. C. (2000). Scientific Arguments as Learning Artifacts: Designing For Learning From The Web With KIE. *International Journal of Science Education*, 22(8), 797-817.
- Bybee, R., McCrae, B., & Laurie, R. (2009). PISA 2006: An Assessment of Scientific Literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 46(7), 865-883.
- Carmo, A. B., & Carvalho, A. M. P. (2012). Múltiplas Linguagens e a Matemática no Processo de Argumentação em uma Aula de Física: Análise dos Dados de um Laboratório Aberto. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(1), 209-226.

- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research Methods in Education*. New York: Routledge.
- De Arellano, D. C. R., & Towns, M. H. (2014). Students' Understanding of Alkyl Halide Reactions in Undergraduate Organic Chemistry. *Chemistry Education Research and Practice*, 15(4), 501-515.
- Driver, R., Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the Norms of a Scientific Argumentation in Classrooms. *Science Education*, 84(3), 287-312.
- Duschil, R. A., Ellenbogen, K., & Erduran, S. (1999). *Promoting Argumentation in Middle School Science Classrooms: A Project SEPIA Evaluation*. In: Annual Meeting of the National Association for Research in Science Teaching – MA, Boston: 1999. Disponível em: <http://www.educ.sfu.ca/narstsite/conference/duschletal/duschletal.html>
- Erduran, S. (2008). *Methodological Foundations in the Study of Science Classroom Argumentation*. In: S. ERDURAN, & M. P. JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (Eds.) *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research* (pp. 47-69). Springer.
- Erduran, S., & Dagher, Z. (2014). *Reconceptualizing the Nature of Science for Science Education: Scientific Knowledge, Practices and Other Family Categories*. Dordrecht: Springer.
- Erduran, S., & Jiménez-Alexandre, M. P. (2008). *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Springer.
- Eskin, H., & Ogan-Bekiroglu, F. (2013). Argumentation as a Strategy for Conceptual Learning of Dynamics. *Research in Science Education*, 42(5), 1939-1956.
- Gott, R., & Duggan, S. A. (2007). Framework for Practical Work in Science and Scientific Literacy Through Argumentation. *Research in Science & Technological Education*, 25(3), 271-291.
- Jiménez, M. P. A., & Díaz De Bustamante, J. B. (2003). Discurso de Aula y Argumentación en la Clase de Ciencias: Cuestiones Teóricas y Metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, 21(3), 359-370.
- Jiménes, M. P. A., Pérez, V. A., & Castro, C.R. (1998). *Argumentación en el Laboratorio de Física*. In: Atas do VI EPEF. Florianópolis. SC.
- Junior, P. D. C., Lourenço, A. B., Sasserón, L. H. & Carvalho, A. M. P. (2012). Ensino de Física nos Anos Iniciais: Análise da Argumentação na Resolução de uma “Atividade de Conhecimento Físico”. *Investigações em Ensino de Ciências*, 17(2), 489-507.
- Kelly, G. J., Drunker, S., & Chen, C. (1998). Students' Reasoning About Electricity: Combining Performance Assessments With Argumentation Analysis. *International Journal of Science Education*, 20(7), 849-871.
- Kuhn, D. (1992). Thinking as Argument. *Harvard Educational Review*, 62(2), 155-178.

- Lin, T.C., Lin, T.J., & Tsai, C.C. (2014). Research Trends in Science Education from 2008 to 2012: A Systematic Content Analysis of Publications in Selected Journals. *International Journal of Science Education*, 36(8), 1346-1372.
- Nussbaum, E. M., & Sinatra, G. M. (2003). Argument and Conceptual Engagement. *Contemporary Educational Psychology*, 28(3), 384-395.
- Orofino, R. P., & Trivelato, S. L. F. (2015). Argumentação em Aulas de Genética. *Revista Genética na Escola*. 10(2), 118-131.
- Osborne, J., Erduran, S., & Simon, S. (2004). Enhancing the Quality of Argumentation in School Science. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(10), 994-1020.
- Rivas, D. C., & Alzate, O. E. T. (2009). Modelos de Argumentación en Ciencias: Una Aplicación a la Genética. *Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales, Niñez y Juventud*, 7(2), 1545-1571.
- Sá, L. P., & Queiróz, S. L. (2007). Promovendo a Argumentação no Ensino Superior de Química. *Química Nova*, 30(8), 2035-2042.
- Sampson, V., & Clark, D. B. (2008). Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education: Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. *Science Education*, 92(3), 447-472.
- Sampson, V., Grooms, J., & Walker, J. P. (2011). Argument-Driven Inquiry as a Way to Help Students Learn How to Participate in Scientific Argumentation and Craft Written Arguments: An Exploratory Study. *Science Education*, 95(2), 217-257.
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2013). Ações e Indicadores da Construção do Argumento em Aula de Ciências. *Revista Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, 15(2), 169-189.
- Simon, S., Erduran, S., & Osborne, J. (2006). Learning to Teach Argumentation: Research and Development in the Science Classroom. *International Journal of Science Education*, 28(2), 235-260.
- Toulmin, S. (2006). *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes.
- Velasco, P. N. (2009). Sobre a Crítica Toulminiana ao Padrão Analítico-dedutivo de Argumento. *Cognitio*, 10(2), 281-292.
- Villani, C. E. P., & Nascimento, S. S. A. (2003). Argumentação e o Ensino de Ciências: uma Atividade Experimental no Laboratório Didático de Física do Ensino Médio. *Investigações em Ensino de Ciências*, 8(3), 187-209.
- Von Aufschnaiter, C., Erderan, S., Osborne, J., & Simon, S. (2008). Arguing to Learn and Learning to Argue: Case Studies of How Students' Argumentation Relates to Their Scientific Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 45(1), 101-131.

Yore, L. D., & Hand, B. (2010). Epilogue: Plotting a Research Agenda for Multiple Representations, Multiple Modality, and Multimodal Representational Competency. *Research in Science Education*, 40(1), 93-101.

Zohar, A., & Nemet, F. (2002). Fostering Students' Knowledge and Argumentation Skills Through Dilemmas in Human Genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(1), 35-62.

Recebido em: 26.11.2015

Aceito em: 07.04.2016