



EVOLUÇÃO DE PADRÕES ARGUMENTATIVOS ACERCA DE MODELOS ATÔMICOS: UMA PROPOSTA INVESTIGATIVA PARA O ENSINO FUNDAMENTAL

EVOLUTION OF ARGUMENTATIVE PATTERNS ABOUT ATOMIC MODELS: AN INQUIRY PROPOSAL FOR FUNDAMENTAL EDUCATION

Leonardo André Testoni  

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

✉ leonardo.testoni@unifesp.br

Solange Wagner Locatelli  

Universidade Federal do ABC (UFABC)

✉ solange.locatelli@ufabc.edu.br

Helio Bonini Viana  

Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP)

✉ helio.viana@unifesp.br

Alexandre Alves Araújo Costa  

Escola Estadual Jardim Iguatemi (EEJI)

✉ alexandre.alves.araujocosta@gmail.com

RESUMO: No presente artigo, buscamos pesquisar a utilização de uma proposta educacional investigativa, focando no uso de Histórias em Quadrinhos (HQ) em aulas de Química, analisando a compreensão discente de aspectos ligados a modelos atômicos nos anos finais do Ensino Fundamental, em um contexto escolar brasileiro. A HQ utilizada foi criada pelos próprios autores da pesquisa, procurando características que se adequassem ao planejamento das aulas e intervenções pedagógicas, bem como ao caráter lúdico deste recurso didático. Os dados obtidos, em um viés qualitativo de investigação, foram construídos por meio da observação das aulas e de materiais produzidos pelos estudantes e foram analisados à luz de referenciais relacionados com a produção argumentativa, utilizados em caráter de complementaridade no tocante às justificações e hipóteses levantadas pelos alunos. Em particular, pela estudante que representava nosso estudo de caso, e que permitiram evidenciar elementos de uma evolução argumentativa e conceitual relacionados com a proposta investigativa.

PALAVRAS-CHAVE: Argumentação. Histórias em Quadrinhos. Ensino Investigativo.

ABSTRACT: In this paper, the influence of the use of an investigative proposal was investigated, focusing on the use of Comics in Chemistry classes, analyzing the student's understanding of aspects related to atomic models, in final years of elementary school, in a school brazilian context. The Comics used was created by the authors of this research, looking for characteristics that would suit the planning of classes and pedagogical interventions, as well as the ludic character of this didactic resource. The data obtained, in a qualitative view, by observing the classes and materials produced by the students were analyzed in the light of references related to the argumentative production, used in a complementary manner with regard to the justifications and hypotheses raised by the students. In particular, by the student who represented our study case, and allowed evidence elements of an argumentative-conceptual evolution related to the investigative proposal.

KEY WORDS: Argumentation. Comics. Inquiry-based teaching.

Introdução

De um modo geral, o Ensino de Ciências vem em uma trajetória que parece aumentar a distância entre o docente e o discente (Testoni & Abib, 2014). Para Carvalho (2009), estudantes não aprendem em Ciências, mas possuem vagas recordações de algum conceito, sem conseguir contextualizá-lo em seu cotidiano. Nessa linha, observa-se que a Química continua sendo ensinada de maneira desarticulada com outras áreas do conhecimento. Seu ensino ainda se encontra fortemente ligado ao método expositivo aliado ao mecanicismo matemático, esquecendo-se da exploração e compreensão dos fenômenos, bem como do levantamento de hipóteses, atividades importantes na construção dos conhecimentos científicos (Carmo, 2009; Carvalho, 2000, i.e.)

Diante deste quadro, a utilização de diferentes recursos instrucionais (atividades experimentais, vídeos, música, entre outros) no Ensino de Ciências surge como estratégia para engajar os alunos buscando, então, contornar essa situação. Assim, este artigo busca analisar a potencialidade do uso das Histórias em Quadrinho (HQ) no Ensino de Química. Inicialmente pensada como um meio propício para instigar os alunos a compreenderem um fenômeno químico, dada a proximidade de sua linguagem com os estudantes, investigamos como as HQs podem ser usadas para fomentar interações discursivas argumentativas essenciais para a construção do pensamento científico.

Interações Discursivas e Processos Argumentativos

Interações discursivas em contexto escolar surgem por meio de diversas metodologias, como explanação oral, por parte do professor ou do aluno, produção de textos ou análise de gráficos e imagens (Sasseron & Carvalho, 2007). Lemke (1997) já apontava para o fato das interações discursivas exacerbarem o raciocínio, deixando a fala mais coesa e complexa, por meio da inserção gradativa de novos elementos científicos. Assim, dá-se foco à importância das relações entre as palavras, com a construção de conexões entre elas e seus significados, fato este que representa a essência da argumentação.

Especificamente, no tocante ao Ensino de Ciências, para Jiménez-Aleixandre e Díaz Bustamante (2003), o desenvolvimento argumentativo deve ser visto como uma possibilidade para o discente se aproximar de métodos científicos, testando e formulando hipóteses para resolver desafios propostos. Dessa forma, a argumentação torna-se uma estratégia frutífera no tocante à movimentação de concepções espontâneas, mediante hipóteses, dados e evidências, buscando respostas em patamares científicos para uma situação-problema.

Destacamos, portanto, a necessidade de momentos próprios para a reflexão e o debate em pequenos grupos de alunos, fomentando as interações discursivas, o desenvolvimento da argumentação e o levantamento de hipóteses de qualidade, elementos vitais para a construção do pensamento científico. Acerca da argumentação do aluno frente à explicação de fenômeno da natureza, Jiménez-Aleixandre (2007) propõe observarmos a evolução conceitual do discente, defendendo que uma ênfase pedagógica na argumentação é compatível com os objetivos da educação no viés da enculturação científica, procurando desenvolver nos estudantes a capacidade para raciocinar sobre problemas e questões, sejam eles pragmáticos, morais e/ou teóricos (Jiménez-Aleixandre, *ibidem*).

De forma mais analítica, Jiménez-Aleixandre (2007) estabelece algumas características associadas a um ambiente de aprendizagem mediado pela argumentação, os operadores epistemológicos. Tais operações relacionadas à ciência foram construídas por meio de diversas fontes: operações epistemológicas em outros campos, como história, filosofia da ciência, além de conceitos ecológicos em sala de aula (Pontecorvo & Girardet, 1993). Tais operadores são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1: Operadores Epistemológicos

INDUÇÃO	Procura por regularidades
DEDUÇÃO	Identificar casos particulares das leis
CAUSALIDADE	Relacionar Causa-Efeito
DEFINIÇÃO	Chegar ao significado do conceito
CLASSIFICAÇÃO	Agrupar objetos criteriosamente
APELAÇÃO	(às analogias, exemplos, autoridade...)
CONSISTÊNCIA	(com outros conhecimentos, experiências)
PLAUSIBILIDADE	Análise do próprio/outro conhecimento

Fonte: Jiménez-Aleixandre (2007)

Os identificadores descritos permitem a interpretação de situações interativas entre alunos e professor, permitindo uma melhor visualização da dinâmica social que permeia a sala de aula, durante a investigação de um novo fenômeno apresentado, no tocante aos processos argumentativos utilizados.

Para uma melhor análise do conteúdo da argumentação produzida pelo estudante, aproximamos, também, do modelo de Stephen Toulmin. Conforme descrito por Nascimento e Vieira (2008), tal modelo foi, originalmente, criado para estudos argumentativos em sociologia e direito, porém vem sendo adaptado para a área educacional. Para Capecchi e Carvalho (2016),

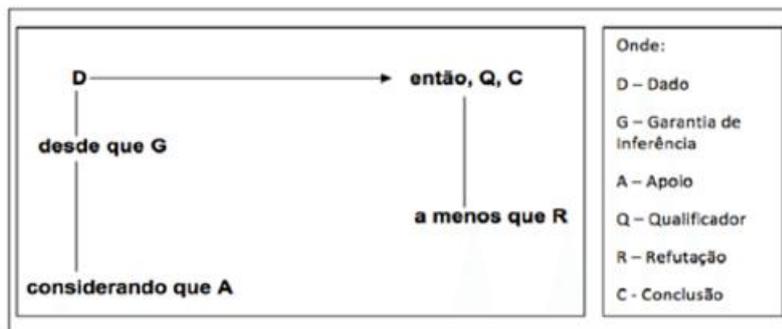
O modelo de Toulmin é uma ferramenta poderosa para identificar a estrutura de argumentos científicos. Este modelo pode mostrar o papel das evidências na elaboração de afirmações, relacionando dados e conclusões através de justificativas de caráter hipotético. Também pode realçar as limitações de uma dada teoria, bem como sua sustentação em outras teorias. O uso de qualificadores modais ou de refutações pode indicar uma compreensão clara do papel dos modelos na ciência e a capacidade de ponderar diante de diferentes teorias a partir das evidências apresentadas por cada uma delas (p. 175).

Toulmin (2006) salienta o fato de que nosso cotidiano é permeado por processos argumentativos, em situações que envolvem a tomada de decisão. Nascimento e Vieira (2008) salientam que

as ideias de Toulmin possuem um caráter mais prescritivo, sendo, porém, uma poderosa ferramenta para a análise da argumentação no pensamento científico, pois: articula dados e conclusões; mostra o papel das evidências na elaboração das afirmações; realça as limitações de dada teoria; realça a sustentação de dada teoria em outras teorias; os qualificadores (avaliação de um argumento) e refutações indicam a capacidade de ponderar diante das diferentes teorias com base nas evidências apresentadas e relaciona características do discurso com aspectos da argumentação científica (p.7)

A seguir, representa-se a estrutura completa do padrão proposto por Toulmin (Figura 1).

Figura 1: Padrão argumentativo de Toulmin



Fonte: Souza et al. (2015, adaptado)

Neste padrão, Nascimento e Vieira (ibidem) ressaltam que uma linha de argumentos é elaborada por meio de:

- Conclusão (C), representando o modelo que se busca;
- Dado (D), que são os fatos iniciadores;
- Garantia de inferência (G), que representa a hipótese que liga os fatos à conclusão;
- Qualificador modal (Q), usado para qualificar a conclusão, demonstrar seu grau de força;
- Refutação (R), que indica as condições em que a argumentação não poderá ser aceita.

Toulmin (2006) reconhece o padrão como algo normativo para avaliar a solidez da estrutura argumentativa, expressando coerência e a quantidade de elementos lógicos, a partir dos componentes da estrutura, podendo ser avaliado o aumento do nível de complexidade do argumento apresentado.

Apesar da linearidade com que o padrão argumentativo é apresentado, vale salientar suas limitações, principalmente em ambientes multi-argumentativos. Nascimento e Vieira (2008) enfatizam a descon sideração do contexto em que os argumentos são construídos, a falta de julgamento da precisão dos mesmos e a inexistência da construção coletiva. Os argumentos não necessariamente aparecem de forma ordenada como indicado no padrão, sendo que em sala de aula podem ocorrer à complementação de argumentos de um aluno por outro, bem como algumas justificativas implícitas, não sendo prestigiadas por este modelo linear.

Ainda assim, concordamos com Cappechi e Carvalho (2000) e Villani e Nascimento (2003), que consideram que a estrutura do padrão favorece a exploração dos pormenores dos argumentos enquadrados, o que contribui para evidenciar evoluções no processo argumentativo dos alunos, se apoiados por outros instrumentos de pesquisa. Nessa linha, portanto, parece-nos coerente trazer o padrão argumentativo de Lawson, como modelo também eficaz na análise de interações discursivas argumentativas.

Os estudos de Lawson (2004) partem do princípio de que o pensamento hipotético-dedutivo de pesquisadores da área científica obedece a um padrão (Figura 2).

Figura 2: Padrão Argumentativo de Lawson



Fonte: Sasseron e Carvalho (2011, p.248)

Locatelli e Carvalho (2007), sistematizando a proposta de Lawson, apontam que

A estrutura tem seu início com o termo “Se...”, diretamente ligado às hipóteses (uma proposição); o termo “E...” diz respeito ao acréscimo de condições de base (um teste); o termo “Então...” é relativo aos resultados esperados (às consequências esperadas); o termo “E...” ou “Mas...” aos resultados e consequências reais e verdadeiras. O termo “Então” deve ser utilizado caso os resultados obtidos combinem com os esperados e o termo (p.5).

Para Sasseron e Carvalho (2011),

Lawson propõe que esses padrões da razão científica têm sido usados para responder uma grande quantidade de questões científicas e que muitas construções científicas são de natureza hipotético-dedutiva, pois as ideias envolvidas nos processos mentais de tais investigações evoluem, seguindo esse padrão de representação na aquisição do conhecimento (p.248).

Nessa linha, de um ponto de vista pedagógico, tão importante quanto pensar na produção de boas argumentações pelos estudantes, é refletir sobre a atividade de ensino planejada para este fim. Desse modo, trazemos uma proposta investigativa, baseada na utilização das Histórias em Quadrinhos, como potencial estratégia para o Ensino de Química.

Ensino por Investigação

De acordo com Carvalho (2018), o Ensino por Investigação pode ser definido como um tipo de ensino no qual o professor estimula o pensamento crítico a partir da fala, leitura e escrita, instigando os discentes a concatenarem saberes para a construção de argumentos. Dentro desse contexto, uma atividade só pode ser considerada investigativa quando viabiliza que os alunos tenham acesso a dados passíveis de serem organizados para elaboração de explicações (Chinn & Malhotra, 2002).

Tendo em vista a caracterização do Ensino por Investigação, o *National Research Council* (2000) identificou cinco pontos peculiares a esse tipo de ensino: 1) participação discente em atividades de caráter científico; 2) busca de respostas, com orientação, para questões que demandam alguma investigação; 3) elaboração de possíveis explicações para as evidências; 4) confronto e ponderação entre todas as explicações elencadas e 5) construção de justificativas plausíveis para as respostas formuladas.

Vale destacar que o Ensino por Investigação não se resume a reproduzir práticas recorrentes na comunidade científica, tais como as relacionadas à busca de soluções para problemas complexos. Todavia, é sabido que uma das formas de promoção da alfabetização científica está justamente em possibilitar que os estudantes vivenciem algumas dessas práticas no âmbito de modelos explicativos, articulando evidências para um encaminhamento de situações-problema, por intermédio da orientação docente (Tonidandel, 2013). Desse modo, no que tange ao Ensino de Ciências, uma atividade investigativa deve propiciar ao estudante a vivência de práticas diversas, fomentando a transformação de dados primeiramente em informações e posteriormente em conhecimentos durante as interações em um ambiente educacional (Sasseron & Carvalho, 2011). Fica evidente assim que esse tipo de atividade pode contribuir com a construção de argumentos (Bricker & Bell, 2008).

Enfatiza-se, aqui, a importância da inserção de uma problematização no início da atividade, pois esta contribui com a mobilização das ideias prévias estudantis, desempenhando a importante tarefa de orientar o processo investigativo, com proposições e testes de hipóteses, que influenciarão as etapas de tomada de consciência e sistematização de novas explicações, amparados pela orientação docente. Diante disso, o presente artigo traz como proposta, em um patamar investigativo, a utilização de uma História em Quadrinhos (HQ) como material

disparador de uma situação-problema, material este de conhecimento do estudante, além de apresentar especificidades com potencial pedagógico, discutidas a seguir.

Histórias em Quadrinhos

As HQ têm sua origem remetida à pré-história, desde as primeiras pinturas rupestres (Pizarro, 2009) e, posteriormente, tiveram sua evolução atrelada ao surgimento do alfabeto e da imprensa, fazendo parte do cotidiano por muitas gerações evoluíram com o desenvolvimento do alfabeto fonético e o advento da imprensa, fato este que fez com que elas se tornassem parte do cotidiano de várias gerações.

Em revisão recente, circunscrita ao Ensino de Química e Ciências, Camargo e Rivelini-Silva (2017) apontam para uma crescente utilização das HQ na educação científica, com um foco cada vez maior na produção de Quadrinhos específicos para o planejamento docente. Segundo as autoras, as Histórias em Quadrinhos vêm se consolidando na área pedagógica, enquanto estratégia de ensino e divulgação científica nos meios educativos formais e informais.

Conforme apontado por Testoni (2010),

[...]além deste claro caráter popular do Quadrinho, não podemos esquecer que, do ponto de vista pedagógico, as HQ apresentam uma série de fatores coerentes com seu uso didático, que, podem ser: a ludicidade, os fatores psicolinguísticos e o seu aspecto cognitivo (p.2).

Do ponto de vista da ludicidade, ler um Quadrinho remonta a um grande jogo (Ramos, 1990), com suas especificidades: a catarse e o desafio proposto pela narrativa. Já na vertente da comunicação, a HQ apresenta sistemas linguísticos próprios, com padrões para sua leitura, possibilitando ao leitor jogar com os personagens e códigos inseridos. Para Quella-Guyot (1994), a História em Quadrinhos é um sistema misto de imagens e textos. A articulação entre os sistemas é de complementaridade, possibilitando uma narrativa dinâmica, com uma forte inserção do processo de imaginação do leitor.

Ainda na linha cognitiva, vale salientar o papel de ligação da História em Quadrinhos com seu leitor, no sentido deste último se apropriar da narrativa e dos personagens, identificando-se como se fosse parte integrante da história (Boyle, Connolly, Hainey & Boyle, 2012).

Assim, a identificação e a relação dinâmica do aluno com o enredo proposto podem ser pensadas como uma das estratégias para o seu uso em sala de aula. Ou seja, tratada dessa forma, é possível utilizar a HQ como meio desencadeador de um processo de levantamento de hipóteses e argumentações acerca de um fenômeno natural.

Nessa perspectiva, a HQ tem o papel fundamental de inserir o leitor/aluno em situações conflitivas na análise de uma solução para problemas propostos, reforçando seu caráter instigador (Testoni, 2010). Trabalhada como recurso instrucional, a HQ tem um grande potencial para a inserção dos estudantes na cultura científica. Mais do que um meio lúdico ou auxiliar para o ensino de conteúdo, ela pode ser usada para promover o processo de aproximação com os termos e linguagem próprios da ciência.

Dessa forma, buscamos no presente artigo analisar a potencialidade pedagógica da História em Quadrinhos, como estratégia capaz de instigar o aluno no processo de levantamento e validação de hipóteses, influenciando a evolução de seus padrões argumentativos. A seguir, expomos a metodologia empregada na investigação.

Metodologia

Inserida em um projeto maior de análise argumentativa em aulas de Química, a investigação foi de caráter qualitativo, sendo uma das principais características o interesse pela compreensão dos significados (Bogdan & Biklen, 2008) e realizada com uma turma de estudantes dos anos finais (9º ano) do Ensino Fundamental de uma escola pública municipal da cidade de São Paulo. Devido à pandemia da Covid-19, a atividade foi aplicada em formato remoto, por meio da plataforma Google Meet. Salientamos aqui, que um dos autores do presente artigo era professor da turma.

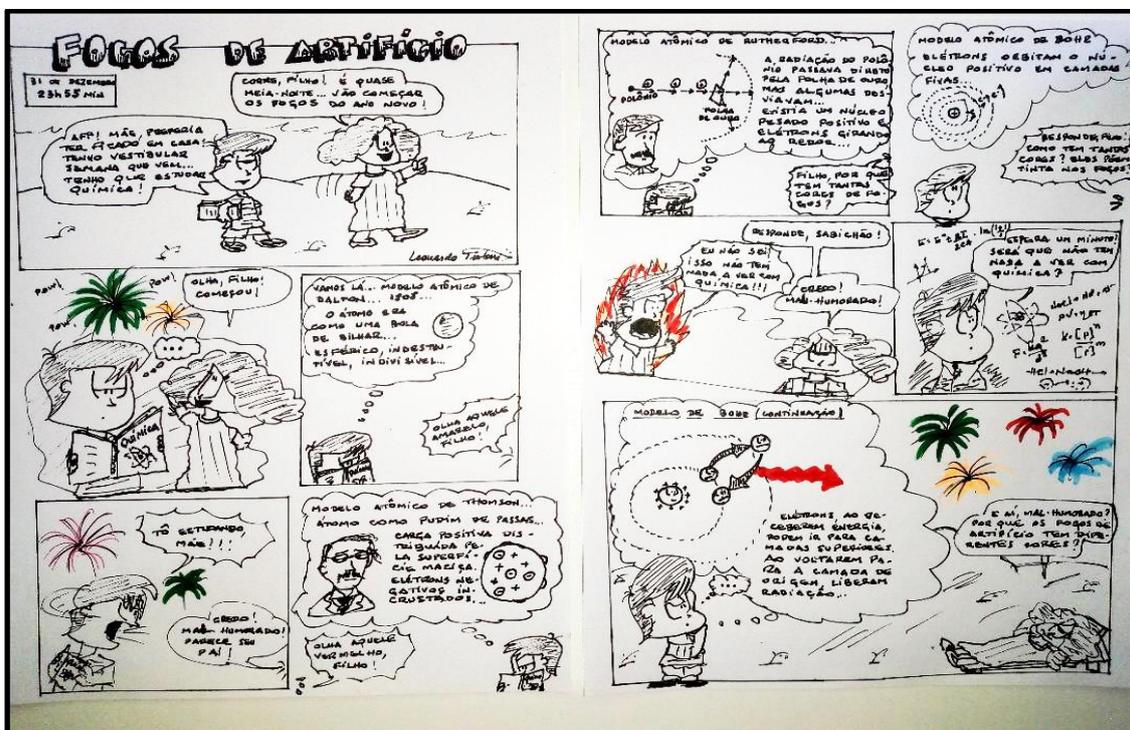
De um ponto de vista metodológico, a pesquisa descrita pode ser compreendida como um estudo de caso, em concordância com as ideias de André (2013b, p.2), para quem “[os estudos de caso] pretendem retratar o idiossincrático e o particular [...] o caso é, assim, um sistema delimitado [...] tratado como uma entidade única, singular”.

Os dados obtidos referem-se à observação de três aulas (50 minutos cada) de Química, que versaram sobre a temática Modelos Atômicos. Tais aulas foram planejadas de acordo com os preceitos do Ensino por Investigação, descritos anteriormente, considerando-se 5 etapas:

a) Etapa 1: levantamento das concepções prévias discentes, mediante solicitação verbal de um desenho explicativo, que representasse como o estudante imaginava ser um átomo, acompanhado de uma explicação escrita.

b) Etapa 2: proposição de uma situação-problema por meio da leitura de uma História em Quadrinhos confeccionada pelos autores do presente artigo (Figura 3), buscando, dessa forma, o debate entre os alunos, com o intuito de resolver tal situação apresentada. A narrativa explora o fato dos fogos de artifício possuírem diferentes cores, quando de sua explosão, e traz ao leitor o questionamento sobre por que tal fato ocorreu.

Figura 3: HQ produzida



Fonte: Elaborado pelos autores (2020) – disponível no endereço eletrônico¹

¹ <https://docs.google.com/document/d/1yZPiIThrVBGUXY45dss8zrzTEwbzuG3y9W-1io19S28/edit?usp=sharing>

c) Etapa 3: Como forma de sistematização, além de possibilitar o contato discente com diferentes formas de abordagem, apresentou-se um pequeno texto² sobre o desenvolvimento histórico dos fogos de artifício, além de um vídeo³ de acesso livre na internet, que abordava o funcionamento dos fogos.

d) Etapa 4: Solicitação que os estudantes, à guisa de avaliação da atividade, confeccionassem suas próprias Histórias em Quadrinhos, respondendo à situação-problema proposta.

e) Etapa 5: Ainda no tocante à avaliação da atividade, solicitou-se que os alunos elaborassem, novamente, um desenho que representasse como seria um átomo.

Com o intuito de um maior aprofundamento nos dados, a partir da Etapa 2 optamos por realizar um estudo de caso da evolução argumentativo-conceitual de uma das alunas da turma (que identificamos pelo pseudônimo Luana), escolhida pelo fato de ter participado de todas as aulas e realizado todas as atividades propostas pelo professor da turma. Segundo Cohen, Manion e Morrison (2007), o estudo de caso possibilita uma maior aproximação da realidade e uma descrição e análise em profundidade dos participantes num dado contexto específico, que é o caso dessa pesquisa. Além disso, os resultados foram interpretados com o auxílio da análise interpretativa (André, 2013a), que possibilitou a identificação de episódios de interesse acadêmico nas falas e materiais produzidos pela discente. Complementando, tais episódios foram interpretados à luz dos padrões argumentativos de Toulmin (2006) e Lawson (2004), além dos operadores epistemológicos de Jiménez-Aleixandre (2007).

Salienta-se que a presente investigação cumpriu os preceitos éticos da pesquisa em educação, preservando-se o anonimato dos participantes (as identificações serão realizadas a partir de nomes fictícios), bem como a assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) pelos pais dos estudantes, consentindo o uso das gravações em vídeo das aulas para essa investigação, bem como a análise de desenhos e textos escritos produzidos.

Análise dos Resultados

Do ponto de vista do contexto da pesquisa, a turma de 9º ano do Ensino Fundamental observada era composta por quinze alunos e já havia estudado acerca dos modelos atômicos, durante o 1.º semestre de 2020. Entretanto, o próprio professor da turma observou, em avaliações anteriores, que tal conteúdo não tinha sido apropriado de forma satisfatória pelos estudantes. Tal fato desencadeou a proposta do presente artigo, abordando de forma investigativa tal temática.

A primeira etapa consistia no delineamento das concepções prévias dos alunos, no tocante aos modelos atômicos. Para tanto, solicitou-se aos estudantes que desenhassem um esquema que representasse um átomo. A discussão sobre tal atividade revelou, conforme pode ser observado nos episódios abaixo, uma equivalência nas dimensões de átomos, células, vírus e bactérias.

Professor: Imagine que vocês tivessem uma super visão, que permitisse enxergar os constituintes dos materiais...o que você enxergaria?

Aluno 1: os átomos, as células, elétrons, prótons, bactérias...

Aluno 2: Prótons, nêutrons, vírus, bactérias...

Como exposto anteriormente, os alunos destacados já haviam tido contato com modelos atômicos, sendo possível observar a inserção, ainda que incorreta, por parte dos discentes, de partículas subatômicas com dimensões similares às de microorganismos. A partir das ideias de vários trabalhos anteriores acerca de concepções alternativas na temática do átomo, Papageorgiou, Markos e Zarkadis (2016) trazem esse entrave relacionado ao nível submicro pelos

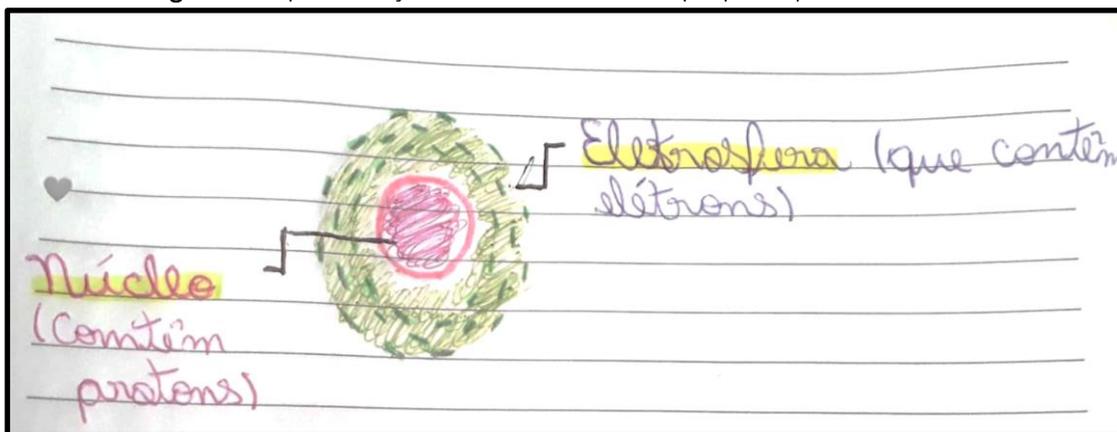
² Para saber mais: fogos de artifício - acesso em <https://www.brasilecola.uol.com.br/fogosdeartificio> .

³ Para saber mais: fogos de artifício - acesso em <https://www.youtube.com/watch?v=MkElftjoiR4> .

estudantes, sobre a identidade e o comportamento do átomo se assemelharem aos das células⁴. Barboza (2011) pesquisando nessa temática com alunos do 1.º ano do Ensino Médio, acredita que essa confusão pode ser decorrente da aprendizagem em biologia nas séries anteriores, das células como constituintes básicos de um organismo vivo e ainda pelo fato de, tanto a célula como o átomo serem constituídos por um núcleo.

No estudo de caso específico da aluna Luana, ao receber a consigna de representar um átomo e relacionar seus elementos constituintes, pode-se observar, em seu desenho inicial (Figura 4), uma representação atômica próxima do modelo de Rutherford.

Figura 4: Representação inicial de um átomo proposta pela aluna Luana



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Na figura 4, é possível observar que Luana estabelece um núcleo central positivo (composto por prótons), não fazendo menção à existência de nêutrons. Os elétrons encontram-se em uma região ao redor do núcleo, sem a existência de camadas ou órbitas definidas.

Nesse mesmo desenho, Luana explica que:

O átomo basicamente é composto por um núcleo (que é carregado com carga elétrica positiva), que é rodeado pela eletrosfera (região em volta do núcleo que contém elétrons, carga negativa).

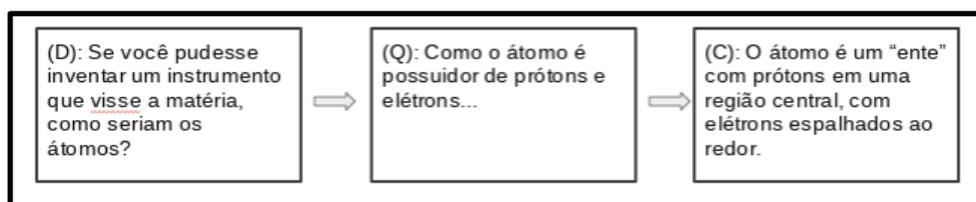
Ao realizarmos uma análise argumentativa, notamos que a sentença escrita por Luana é puramente descritiva, remontando à uma educação memorística, sem articulações desse modelo submicroscópico com fenômenos macroscópicos, o que Al-Balushi (2013) pontua como problemática essa dificuldade de transição entre os níveis macro e submicro, uma vez que isso é necessário para que o aluno tenha compreensão do fenômeno químico, complementado por Locatelli e Arroio (2017) que afirmam que quanto mais relações os alunos conseguem estabelecer entre os níveis representacionais, no caso o macro e submicro, melhor será o aprendizado desse estudante.

Ainda do ponto de vista argumentativo, o excerto da explicação de Luana, sobre seu modelo de átomo, devido ao seu caráter descritivo, não permite localizar operadores epistemológicos (Jiménez-Aleixandre, 2007) relativos a causalidades, ou levantamento de hipóteses, permitindo-nos inferir, novamente, que tal interpretação não traz significativas articulações com o mundo macroscópico, dificultando uma validação do modelo.

Desse modo, ao esboçarmos o padrão de Toulmin para a fase inicial de Luana, no tocante à proposição de uma visão acerca do átomo, teremos o esquema a seguir (Figura 5).

⁴ As bactérias são unicelulares, e os vírus não são células, mas as invadem, sendo que para o aluno podem ser todos considerados, erroneamente, na mesma dimensão, ou conceituados da mesma forma.

Figura 5: Padrão de Toulmin para a fase inicial da aluna Luana



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

No padrão acima, o dado (D) corresponde à pergunta feita pelo professor sobre a estrutura atômica, ou seja, acerca de um instrumento que permitisse a visualização em nível submicroscópico. Para confeccionar o desenho e sua explicação, Luana utiliza um qualificador (Q), referente à memorização de algumas partículas subatômicas, gerando uma conclusão (C) incompleta, com um átomo composto por um núcleo com prótons, apenas, e elétrons espalhados ao seu redor.

Durante a etapa de discussões iniciais e levantamento das concepções prévias, Luana pouco participou das discussões incentivadas pelo professor, limitando-se a efetuar o desenho e explicação solicitados pelo docente.

Em ato contínuo, na próxima etapa, o professor apresenta a História em Quadrinhos para os estudantes. A narrativa da HQ, em resumo, aborda uma personagem e sua mãe, na noite de ano novo, observando os fogos de artifício e, como proposição de situação-problema, inserem o questionamento sobre o porquê deles apresentarem diferentes cores. Os alunos são convidados a ler o Quadrinho e o docente orienta o debate na busca da solução para a situação proposta.

Na fase de discussão entre os discentes, observou-se que a situação proposta pela HQ gera uma ampla e frutífera troca de ideias para explicar o mecanismo dos fogos de artifício. No quadro 2, extraímos alguns excertos (da nossa aluna pesquisada Luana, identificados por *), categorizados de acordo com os operadores epistemológicos (OE) de Jiménez-Aleixandre (2007).

Quadro 2: Excertos das falas dos alunos e os operadores epistemológicos (OE)

Aluno	Excertos das falas dos alunos	OE
1	Minha hipótese...por causa de descarga elétrica...dependendo da carga elétrica...gera cor diferente.	Hipótese
2	Acho que tem a ver com o núcleo... quebra o átomo ...se desfaz e explode, liberando radiação.	Hipótese
3	Para acender a pólvora, precisa de calor e as cores são pó químico...	Causalidade
Luana	Pode ser que aconteça a queima de algum elemento químico...diferentes elementos químicos produzem diferentes cores.*	Hipótese/ Indução
Luana	Os elétrons ajudam os fogos... a subir para as camadas da superfície superiores.*	Hipótese
6	É o último modelo do quadrinho (Bohr).	Consistência
7	É uma mistura de elementos químicos que dá diferentes cores...	Causalidade
Luana	Quando acende o pavio, gera energia para o átomo de determinado elemento químico.	Causalidade
Luana	A energia...é liberada na forma de luz.*	Causalidade

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

É possível notar que diversas falas representam os estudantes tentando levantar hipóteses para o questionamento feito pelo docente, além de trechos que nos fazem perceber alunos explorando relações de causalidade e outros operadores argumentativos importantes para a elaboração de um novo conhecimento.

Os excertos, de modo geral, mostram estudantes no levantamento de hipóteses e tentativas de explicação causal para o fenômeno apresentado pela História em Quadrinhos (“É uma mistura de elementos químicos que dá diferentes cores”, por exemplo). Tais falas são acompanhadas de orientação do professor, conforme exposto a seguir:

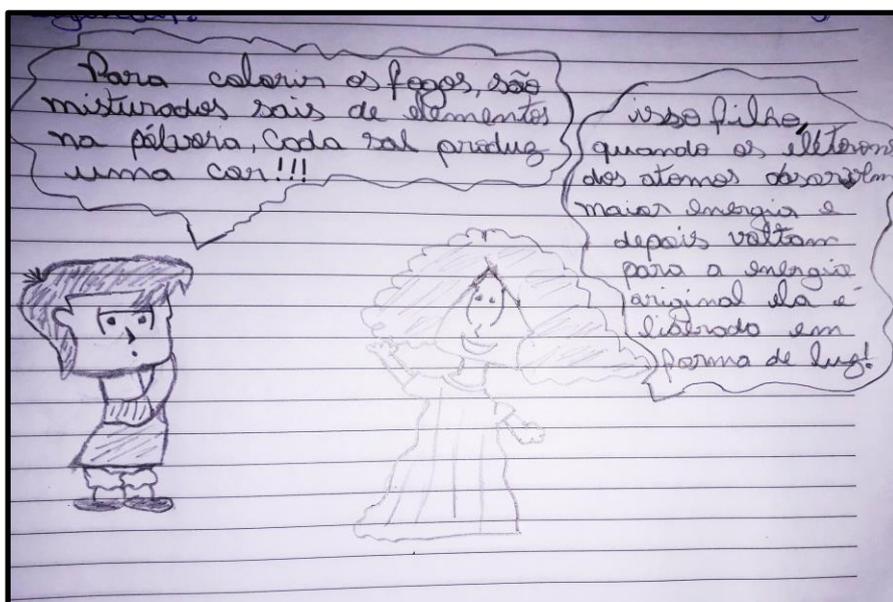
Prof: Isso, gente! Vamos tentar melhorar essas explicações, então... como podemos trazer os elementos do átomo que vocês desenharam para essa situação?

Ressaltamos aqui a importância desse viés orientador do docente, que se torna um ator fundamental do processo, orientando a trajetória de busca por um modelo explicativo, enquanto um processo contínuo de aprendizagem, com fortalecimento gradativo das argumentações apresentadas pelos estudantes (Jiménez-Aleixandre, 2007).

Tal movimento de fortalecimento argumentativo é notado, inclusive, nas falas de Luana, ao conseguir propor a hipótese da troca de camadas entre os elétrons (“Os elétrons ajudam os fogos... a subir para as camadas da superfície superiores”) e a geração da energia luminosa e, conseqüentemente, as cores produzidas por átomos de elementos químicos diferentes (“Pode ser que aconteça a queima de algum elemento químico...diferentes elementos químicos produzem diferentes cores / A energia...é liberada na forma de luz”), fazendo, portanto, o uso dos operadores epistemológicos descritos por Jiménez-Aleixandre (ibidem).

Em nosso estudo de caso, também pudemos observar que a aluna Luana, particularmente, demonstrou indícios de aproximação com a HQ, ao utilizar o próprio Quadrinho para justificar qual modelo atômico seria mais compatível para a explicação das cores pirotécnicas (“Os elétrons ajudam os fogos... a subir para as camadas da superfície superiores. É o último modelo do quadrinho (Bohr)”). Indícios da importância do Quadrinho para Luana também ficam evidenciados quando analisamos a História em Quadrinhos produzida pela aluna, para responder ao questionamento inicial (Figura 6).

Figura 6: História em Quadrinho, no formato de tirinha, elaborada pela aluna Luana



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Na HQ, nota-se que a aluna toma o cuidado de desenhar as personagens idênticas às do Quadrinho original, participando efetivamente da narrativa (Boyle *et al.*, 2012). A identificação do texto nos balões também nos permite inferir um aumento da complexidade argumentativa, quando o analisamos com o padrão de Lawson (2004), conforme exposto no quadro 3:

Quadro 3: Relação entre o texto escrito na HQ e o padrão de Lawson

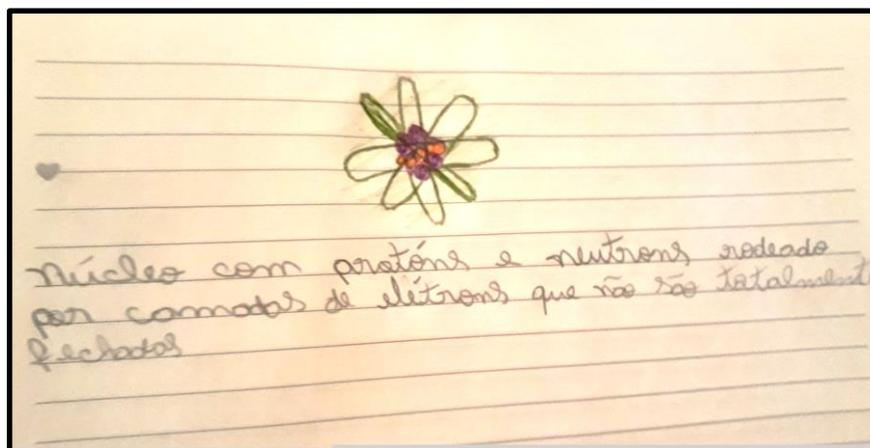
Texto escrito na HQ	Reescrita com padrão de Lawson (2004)
Para colorir os fogos são misturados sais de elementos nas pólvoras, cada sal produz uma cor.	Os fogos possuem diferentes cores [PORQUE] possuem uma mistura de sais. [PORQUE] cada sal corresponde a um elemento químico diferente, [ENTÃO] cada elemento químico é responsável pelas cores diferentes.
Quando os elétrons dos átomos absorvem maior energia e depois voltam para a energia original, ela é liberada na forma de luz.	A energia luminosa é liberada [PORQUE] os elétrons absorvem energia, indo para um valor de maior energia. [PORTANTO], ao voltar para o valor original de energia, [ENTÃO] a energia é liberada na forma de luz.

Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Em comparação com o modelo atômico inicial proposto por Luana, que apresentava um caráter descritivo acentuado, o modelo atual traz um padrão argumentativo fortalecido, possibilitando, inclusive, articulações entre o novo modelo e os fenômenos macroscópicos, quando a aluna demonstra transição entre os níveis macro (pólvora e seus sais) e submicro (elétrons), o que segundo Locatelli e Arroio (2017) ajuda na compreensão do fenômeno químico.

Tal evolução argumentativa também pode ser constatada na análise do desenho representativo final do modelo atômico, solicitado pelo professor (Figura 7).

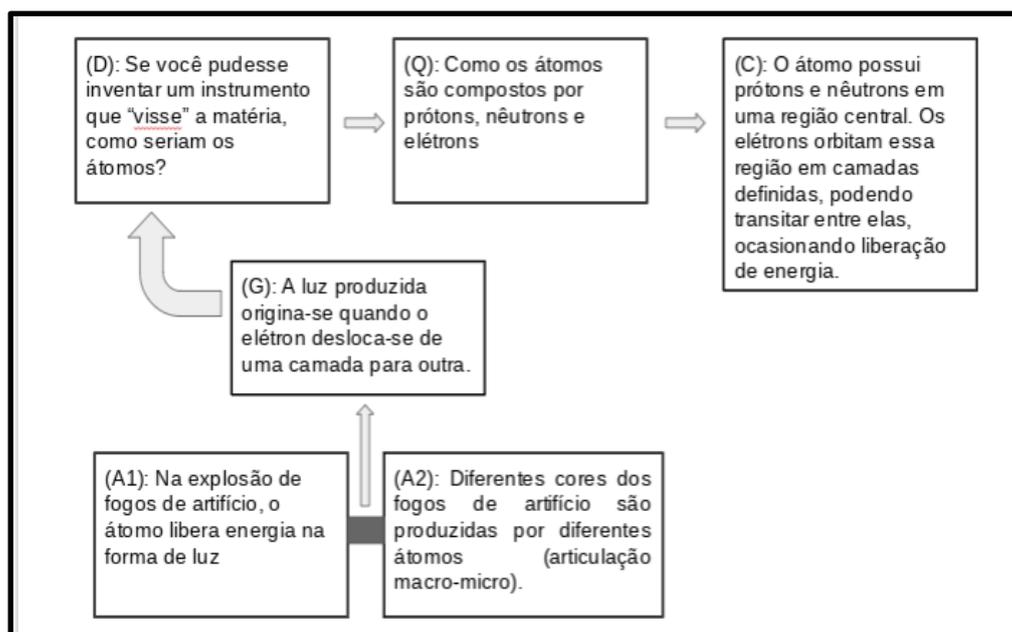
Figura 7: Representação final de um átomo, proposto pela aluna Luana



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

Tanto a explicação, como o desenho em si, permite constatar que, agora, o núcleo já apresenta nêutrons e os elétrons orbitam o núcleo de forma não espalhada, mas, sim, em camadas, possibilitando uma explicação argumentada e coerente com os modelos explicativos propostos para o fenômeno das diferentes cores nos fogos de artifício. Tal fenômeno, inclusive, em uma análise argumentativa mais geral, propiciou, em nosso ponto de vista, a mudança no modelo de átomo proposto pela aluna, fato este que pode ser observado na construção do novo padrão de Toulmin (2006), a seguir (Figura 8).

Figura 8: Padrão de Toulmin para a fase final da aluna Luana



Fonte: Elaborado pelos autores (2020)

O padrão acima possibilita inferir que, para responder ao dado (D) proposto, foi necessária a estrutura de apoio possibilitada pela História em Quadrinhos, com a inserção de uma situação-problema acerca das cores dos fogos de artifício. A discussão propiciada possibilitou um garantidor de inferência (G), que explicava o mecanismo da liberação multicolorida por meio de movimentação de elétrons entre camadas definidas. Em corroboração com a análise realizada, a HQ utilizada nos pareceu um fator importante para esse processo, por ter seus elementos de narrativa mencionados durante as justificativas dadas pelos estudantes.

Tal conjunto de informações, associado com o qualificador (Q) anterior, referente às partículas subatômicas já conhecidas, permitiu à aluna chegar na conclusão (C), porém, desta vez, com uma nova configuração de átomo, desta vez com prótons e nêutrons na região nuclear e elétrons orbitando tal região, em camadas definidas.

Nessa linha, portanto, identifica-se uma evolução no padrão argumentativo-conceitual de Luana, com a inserção de uma rede mais complexa e coerente de informações adquiridas a partir das situações-problema propostas pelo professor e pela História em Quadrinhos, em um ambiente investigativo de aprendizagem, traduzindo-se em uma maior articulação entre os fenômenos em níveis submicroscópico e macroscópico, o que é altamente desejável para a aprendizagem de Química.

Considerações Finais

Por décadas, pesquisas no campo educacional buscam compreender o complexo e dinâmico processo de ensino-aprendizagem. Nessa linha, o Ensino por Investigação tem se demonstrado uma frutífera fonte (Carvalho, 2009), com resultados que parecem se aproximar de uma aprendizagem mais significativa por parte dos estudantes. Embasada na proposição inicial de uma situação-problema desafiadora, acompanhada de atividades cuidadosamente planejadas, tal metodologia busca atacar os modelos prévios dos alunos, em seus limites de explicação para um fenômeno apresentado.

Desse modo, a abordagem conferida à problematização é fundamental e, nesse aspecto, trouxemos a possibilidade desta ser realizada mediante a utilização de uma História em Quadrinhos, abordando um conteúdo de química. A HQ tem seu formato e códigos universalizados, sendo um possível instrumento pedagógico, ao propor uma narrativa instigadora e problematizadora ao leitor (Testoni, 2010). Outrossim, os Quadrinhos, além de fazerem parte de nosso cotidiano, podem permitir uma ligação afetiva entre leitor e personagem/ enredo (Boyle *et al.*, 2012), potencializando seu uso como propositor de uma situação-problema que, de fato, movimenta os esquemas cognitivos discentes.

Tão importante quanto à proposição de problemas adequados, a proposta investigativa alicerça-se na produção de bons modelos explicativos, o que nos remete a potentes padrões argumentativos. De fato, a argumentação é uma peça central no processo de aprendizagem, sendo possível ser utilizada como instrumento avaliador, baseada em modelos postos pela literatura, como os de Toulmin (2006), Lawson (2004) e Jiménez-Aleixandre (2007).

À luz de tais modelos, a investigação trazida no presente artigo procurou analisar a evolução argumentativo-conceitual de uma aluna do 9º ano do Ensino Fundamental, acerca de modelos atômicos, inserida em um ambiente de aulas regulares, planejadas de acordo com os preceitos do Ensino por Investigação e focadas na utilização de uma História em Quadrinho, como disparadora da problematização. Além da observação dessas aulas, foram analisados desenhos e explicações sobre modelos atômicos, além de uma HQ confeccionada pela própria estudante.

Os resultados nos permitiram inferir as potencialidades do Ensino Investigativo, como metodologia pedagógica, haja vista que a discente apresentava uma pré-visão de modelo atômico próxima daquele proposto por Rutherford, porém, sem estabelecer relações entre este e fenômenos macroscópicos. Com o decorrer das aulas, foi possível observar um envolvimento da aluna com a proposta didática, particularmente com a situação-problema proposta na forma de História em Quadrinhos, que alavancou sua participação nas aulas e apropriação do conteúdo abordado. Tal apropriação pode ser visualizada na HQ confeccionada pela estudante, bem como no desenho final da representação atômica, aproximando-se do átomo proposto por Bohr, com elétrons pertencentes a níveis bem definidos, podendo estes liberarem energia luminosa, quando da movimentação entre as camadas, articulando fenômenos macroscópicos e submicroscópicos (Locatelli & Arroio, 2017).

A evolução argumentativo-conceitual da aluna também foi corroborada pela comparação do padrão de Toulmin (2006) antes e depois da atividade, demonstrando um aumento do nível de complexidade e utilização coerente de vocabulário específico do tema. Tais resultados foram reforçados por meio da interpretação dos padrões de Lawson (2004) e dos operadores epistemológicos (Jiménez-Aleixandre, 2007), trazendo, respectivamente, um incremento na utilização de conectivos no discurso argumentativo, deixando-o mais sólido e próximo do padrão científico, bem como propondo hipóteses e relações de causalidade, que levaram o modelo explicativo final proposto a um patamar de maior coesão e coerência com o fenômeno observado.

Referências

Al-Balushi, Sulaiman M. (2013). The effect of different textual narrations on students' explanations at the submicroscopic level in chemistry. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 9 (1), 3-10.

André, Marli. E.D.A. (2013a). *Etnografia da prática escolar*. Papirus editora.

André, Marli. E.D.A. (2013b). Estudo de caso: seu potencial na educação. *Cadernos de pesquisa*, 49, 51-54.

- Barboza, Laís D. (2011). *Concepções Alternativas dos Alunos do Ensino Médio Público de Diamantina relacionada a Átomo, Natureza do Ar e Estados Físicos*. UFVJM.
- Bogdan, Robert, & Biklen, Sari (2008). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto Editora.
- Boyle, Elisabeth A., Connolly, Thomas, M., Hailey, Thomas, & Boyle, James, M. (2012). Engagement in digital entertainment games: A systematic review. *Computers in Human Behavior*, 771-780, 2012.
- Bricker, Leah A., & Bell, Philip. (2008). Conceptualizations of argumentation from science studies and the learning sciences and their implications for the practices of science education. *Science Education*, 92 (3), 473-498.
- Camargo, Susan C., & Rivelini-Silva, Angélica C. (2017). Histórias em quadrinhos no ensino de ciências: um olhar sobre o que foi produzido nos últimos doze anos no ENEQ e ENPEC. *ACTIO Docência em Ciências*, 2 (3), 133-150.
- Capecchi, Maria C.V., & Carvalho, Anna M.P. (2016). Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos. *Investigações em Ensino de Ciências*, 5 (3), 171-189.
- Carmo, Alex (2009). Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de física. *Ciência e Educação*, 15 (1).
- Carvalho, Anna M.P. (2018). Fundamentos Teóricos e Metodológicos do Ensino por Investigação. *Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências*, 18(3), 765-794.
- Carvalho, Anna M.P. (2009). Enculturação Científica: uma meta do ensino de ciências. In: *atas do XIV Endipe*.
- Carvalho, Anna M.P. (2000). *As Pesquisas em Ensino de Ciências e suas Influências na Formação Docente*. São Paulo: FEUSP.
- Chinn, Clark, & Malhotra, Betina (2002). Epistemologically authentic inquiry in schools: theoretical framework for evaluating inquiry tasks. *Science Education*, 86 (2), 175-218.
- Cohen, Louis, Manion, Lawrence, & Morrison, Keith (2007). *Research methods in education*. Routledge.
- Jiménez-Aleixandre, María P. (2007). Capítulo 15. El papel de la justificación y la argumentación en la construcción de conocimientos científicos en el aula. In: *Cambio conceptual y representacional en el aprendizaje y la enseñanza de la ciencia*, 253-264.
- Jiménez-Aleixandre, María P., & Díaz de Bustamante, Joaquin (2003). Discurso de aula y argumentación en la clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas. *Enseñanza de las Ciencias*, Barcelona, 21 (3), 359-370.
- Lawson, Anton (2004). T. rex, the Crater of Doom, and the Nature of Science Discovery. *Science & Education*, 13, 155-177.
- Lemke, Jay (1997). *Aprender a hablar ciencia: lenguaje, aprendizaje y valores*.
- Locatelli, Rogério J., & Carvalho, Anna M.P. (2007). Uma análise do raciocínio utilizado pelos alunos ao resolverem os problemas propostos nas atividades de conhecimento físico. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 7 (3).
- Locatelli, Solange W., & Arroio, Agnaldo (2017). Dificuldades na transição entre os níveis simbólico e submicro-repensar o macro pode auxiliar a compreender reações químicas? *Enseñanza de las ciencias*, Extra, 4239-4244.

National Research Council (2000). Center for Science, Mathematics, Engineering and Education. *Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning*. Washington: National Academy Press.

Nascimento, Silvana, & Vieira, Rodrigo (2008). Contribuições e limites do padrão de argumento de Toulmin aplicado em situações argumentativas de sala de aula de ciências. *Revista brasileira de pesquisa em Educação em Ciências*, 8 (2).

Papageorgiou, George, Markos, Angelos, & Zarkadis, Nikolaos (2016). Understanding the Atom and Relevant Misconceptions: Students' Profiles in Relation to Three Cognitive Variables. *Science Education International*, 27 (4), 464-488.

Pizarro, Mariana V. (2009). As histórias em quadrinhos e sua relação com o ensino de Ciências: aproximações e reflexos nas dez últimas edições do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC). *XI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 11.

Pontecorvo, Clotilde, & Girardet, Hilda (1993). Arguing and reasoning in understanding historical topics. *Cognition and instruction*, 11 (3-4), 365-395.

Quella-Guyot, Didier (1994). *A História em Quadrinhos*. São Paulo: Unimarco Editora.

Ramos, Eugenio (1990). *Brinquedos e Jogos no Ensino de Física*. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física da Universidade de São Paulo, São Paulo.

Sasseron, Lúcia H., & Carvalho, Anna M.P. (2007). Alfabetização Científica desde as primeiras séries do ensino fundamental – em busca de indicadores para a viabilidade da proposta. *Atas Eletrônicas do XVII SNEF*, São Luiz, 1-10.

Sasseron, Lúcia H., & Carvalho, Anna. M.P. (2011). Uma análise de referenciais teóricos sobre a estrutura do argumento para estudos de argumentação no ensino de ciências. *Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, 13, 243-262.

Souza, Eder, Testoni, Leonardo, A., Brockington, G., & Souza, Paulo H. (2015). A perícia criminal vai à escola: uma proposta de utilização de elementos de física forense no ensino de ciências. In: *Anais de congresso X Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências—X ENPEC*, Águas de Lindóia, SP—24 a.

Tonidandel, Sandra M. (2013). *Superando obstáculos no ensino e na aprendizagem da evolução biológica. O desenvolvimento da argumentação dos alunos como evidências da seleção natural numa sequência didática baseada em investigação*. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação Universidade de São Paulo, São Paulo.

Testoni, Leonardo A. (2010). As histórias em Quadrinhos nos livros de física: uma proposta de categorização. *XII EPEF*, 2010.

Testoni, Leonardo A., & Abib, Maria L.V.S. (2014). *Caminhos Criativos na Formação Inicial do Professor de Física*. Paco Editorial.

Toulmin, Stephen (2006). *Os Usos do Argumento*. São Paulo: Martins Fontes.

Villani, Carlos E.P., & Nascimento, Silvânia S. (2003). *Os dados empíricos e a produção de significados no laboratório didático de física*.