

# Argumentação no ensino de ciências: uma análise baseada em uma adaptação do padrão de Toulmin

## Argumentation in science education: An analysis based on an adaptation of Toulmin's pattern

**Luiz Felipe de Moura da Rosa**

Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física - UFRGS

[luiz.rosa@acad.pucrs.br](mailto:luiz.rosa@acad.pucrs.br)

**Alexsandro P. Pereira**

Departamento de Física - UFRGS

[alexsandro.pereira@ufrgs.br](mailto:alexsandro.pereira@ufrgs.br)

### Resumo

Esse trabalho apresenta uma análise de discurso argumentativo no ensino de ciências, em uma atividade de ensino mediada por simulação computacional. Essa pesquisa faz parte de um projeto mais amplo que investigou o ensino de física quântica na formação inicial de professores. O objetivo desse estudo é explorar uma versão simplificada do padrão de argumento de Toulmin em práticas investigativas. Essa versão foi desenvolvida por Katherine L. McNeill e seus colaboradores e se baseia nas categorias *afirmação*, *evidência* e *raciocínio*. Os estudantes foram organizados em duplas e seus diálogos foram gravados em áudio e posteriormente transcritos para análise. Os resultados da análise mostram que as categorias fornecidas pelo modelo de McNeill tornaram mais simples a investigação do processo de construção de argumentos por parte dos estudantes.

**Palavras chave:** argumentação, modelo de McNeill, ensino de ciências

### Abstract

In this paper, we present an analysis of argumentative discourse in science education within a teaching activity mediated by computer simulation. This research is part of a larger study that investigated the teaching of quantum physics in the training of pre-service teachers. The aim of the study is to explore a simplified version of Toulmin's argument pattern in inquiry practices. This version was developed by Katherine L. McNeill and her colleagues and it is based on the categories of *claim*, *evidence* and *reasoning*. The students were organized in pairs and their dialogues were audio recorded and then transcribed for analysis. The results of the analysis show that the categories provided by McNeill's model made the investigation of the students' process of argument construction easier.

**Key words:** argumentation, McNeill's model, science education

## Introdução

Nos últimos anos, há uma crescente preocupação entre pesquisadores da área de Ensino com o discurso argumentativo nas salas de aula de ciências (SÁ; QUEIRÓZ, 2011). A argumentação é tida como um aspecto chave da atividade científica, o que a torna essencial para melhorar o entendimento público da ciência e aprimorar o letramento científico (DRIVER; NEWTON; OSBORNE, 2000). De acordo com Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007) a argumentação pode ser entendida de três maneiras distintas: como *justificação*, como *persuasão* e como *controvérsia*. A argumentação como justificação se refere à organização de linhas de raciocínio, ideias teóricas e evidências empíricas que são usadas para embasar uma afirmação. A argumentação como persuasão, por sua vez, está relacionada à tentativa de convencer uma audiência em particular, que pode ser a própria comunidade científica. Já a argumentação como controvérsia se refere ao debate entre duas partes, com posições divergentes sobre um dado tema.

Ainda segundo Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007), as pesquisas sobre argumentação nas salas de aula de ciências têm origens em dois campos de estudos relacionados. Um deles é o chamado “Estudos da Ciência”, que busca iluminar a importância do discurso na construção do conhecimento científico. O segundo deles é a perspectiva sociocultural, que aponta para o papel da interação social nos processos de aprendizagem, afirmando que as formas superiores de pensamento se originam em atividades socialmente mediadas pela linguagem. De acordo com Sampson e Clark (2008), existe uma variedade de quadros analíticos desenvolvidos para avaliar e caracterizar a natureza ou qualidade do argumento científico em termos de sua estrutura, justificativa e conteúdo. Os quadros mais proeminentes, no entanto, parecem ser o de Stephen Toulmin e o de Douglas Walton, sendo o primeiro mais adequado para monólogos e o último para o discurso de sala de aula (JIMÉNEZ-ALEIXANDRE; ERDURAN, 2007).

Esse trabalho apresenta uma análise de discurso argumentativo no ensino de ciências, em uma atividade de ensino mediada por simulação computacional. Essa pesquisa faz parte de um projeto mais amplo que investigou o ensino de física quântica na formação inicial de professores. O objetivo desse estudo é explorar uma versão mais simplificada do modelo de argumentação de Toulmin (1958), desenvolvido por Katherine L. McNeill e colaboradores (MCNEILL et al., 2006). O modelo de McNeill utiliza três elementos: *afirmação*, *evidência* e *raciocínio*. Nesse estudo, manteremos a distinção proposta por Sampson e Clark (2008) entre *argumento*, enquanto um “artefato” que os indivíduos criam quando justificam uma afirmação ou uma explicação, e *argumentação*, enquanto o processo de construção desse artefato. Os episódios analisados nesse estudo decorreram de uma atividade em grupo realizada com seis futuros professores de Física sobre tópicos de física quântica. Temas como a dualidade onda-partícula já foram abordados em estudos sobre argumentação no ensino em ciências (FERRAZ; SASSERON, 2017).

## O modelo de explicação/argumentação de McNeill

Após identificarem o modelo de argumentação de Toulmin como sendo o mais utilizado nas pesquisas em educação em ciências, McNeill et al. (2006) decidiram adaptá-lo ao invés de usá-lo diretamente por duas razões. Primeiro, para alinhar o modelo às recomendações que estão presentes em documentos oficiais norte-americanos, tais como o *American Association for the Advancement of Science* (AAAS), de 1993, e o *National Research Council* (NRC), de 1996. Segundo, porque os autores queriam criar um modelo instrucional que fosse mais acessível a professores e alunos da educação básica. Tendo em vista que o modelo de argumento de Toulmin é, muitas vezes, difícil de interpretar mesmo para pesquisadores e

filósofos, os autores entenderam que esse modelo seria difícil para alunos do ensino médio. A nossa escolha pelo uso do modelo de McNeill, em vez do modelo de Toulmin, segue a mesma justificativa.

O modelo de McNeill é composto por três elementos: a *afirmação*, a *evidência* e o *raciocínio*. A afirmação (A) é uma declaração ou conclusão que responde à pergunta original (questão de pesquisa). A evidência (E) é o dado científico que dá suporte a afirmação. O raciocínio (R) é a justificação que mostra por que a evidência dá suporte a afirmação. Os dados que constituem a evidência podem vir de uma investigação ou de outras fontes, como observações, materiais de leitura ou informações arquivadas. O importante é que os dados sejam apropriados e suficientes para sustentar a afirmação. Na componente raciocínio, os alunos são encorajados a articular a lógica por de trás do porquê a evidência dá suporte à afirmação, assim como a “garantia” (*warrant*) de Toulmin (1958). Da mesma forma, os alunos podem retornar o link entre afirmação e evidência ao incluir princípios físicos adequados, assim como o “apoio” (*backing*) de Toulmin (1958). O termo raciocínio é então usado por McNeill para limitar o número de componentes em seu modelo.

É importante destacar que o modelo original de McNeill et al. (2006) é um modelo de explicação e não de argumentação. Os autores foram criticados por não estabelecer uma distinção clara entre esses dois gêneros discursivos (OSBORNE; PATTERSON, 2011). De acordo com os autores da crítica, um aspecto essencial da explicação é que o fenômeno a ser explicado não está sob disputa. O objetivo da explicação é gerar novos entendimentos sobre o mundo. Já os argumentos servem para justificar afirmações. O objetivo da argumentação é mostrar que os dados disponíveis são consistentes com a teoria ou explicação proposta. Em resposta à crítica, Berland e McNeill (2012) argumentam que explicação e argumentação são práticas científicas complementares através das quais a comunidade científica constrói conhecimento. Explicação e argumento mantêm uma relação sinérgica entre si. Tendo em vista a complementariedade desses construtos, usaremos o modelo de McNeill como sendo um modelo de argumentação.

## **Delineamento do estudo**

Este estudo é um recorte de uma investigação mais ampla sobre o ensino de física quântica na formação inicial de professores. Os episódios analisados ocorreram em uma disciplina que aborda temas de física moderna da sétima etapa do currículo do curso de Licenciatura em Física da UFRGS. Os licenciandos (seis no total) foram levados ao laboratório de informática do Instituto de Física para explorar uma simulação virtual do interferômetro de Mach-Zehnder (OSTERMANN; PADRO; RICCI, 2006). Eles foram organizados em duplas e receberam um roteiro para orientá-los durante a atividade. Os diálogos entre as duplas foram gravados em áudio e, posteriormente, transcritos para análise. A atividade teve uma duração aproximada de 01 hora. O roteiro foi dividido em 05 itens. Devido à falta de espaço aqui, será apresentada a análise de apenas uma única dupla, conforme elas progrediam no último item do roteiro. Previamente a essa atividade, os alunos tiveram aulas de física quântica segundo a abordagem conceitual de Pessoa Jr. (2003).

## **Análise dos dados**

O item 05 do roteiro solicita que o interferômetro virtual de Mach-Zehnder seja configurado de acordo com a Figura 1. Na imagem, é possível identificar uma fonte de laser operando em regime monofotônico (emissão de um fóton por vez), dois divisores de feixe, dois espelhos e

três detectores de fótons. Além disso, o *software* apresenta um quadro de contagem de fótons no canto direito superior da tela. Na ausência do detector verde, todos os fótons emitidos pela fonte são detectados no detector azul.

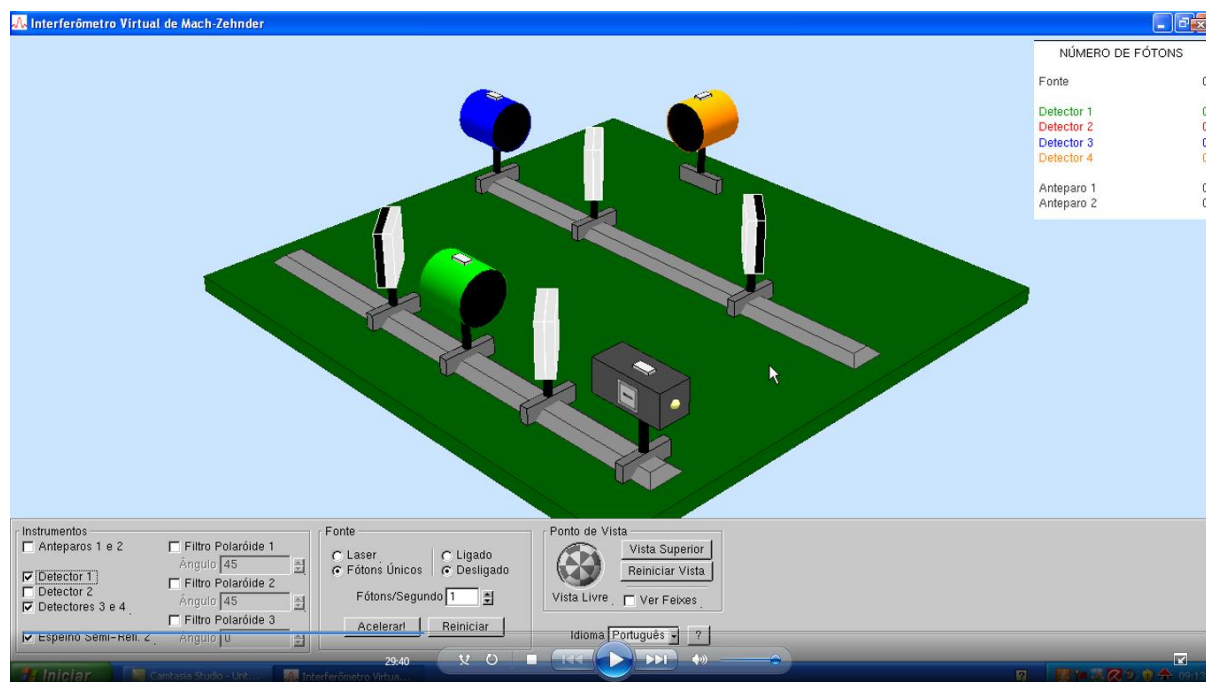


Figura 1. Captura de tela do interferômetro virtual de Mach-Zehnder.

### Episódio I: “vai ter uma detecção, mas não sei dizer em qual”

- [1] **Pedro:** Será que não vai acontecer alguma coisa por causa deste detector [verde]?
- [2] **João:** Isso! Justamente. É uma daquelas últimas questões que a gente ficou um tempão debatendo, lembra? De o que acontece se tu coloca um detector não interagente num dos braços aqui do interferômetro... Tu torna aquele fenômeno que era ondulatório em um fenômeno corpuscular. Tu obriga o fóton a passar por aqui, né.
- [3] **Pedro:** E obrigando o fóton a passar por ali, a gente não vai ter mais... (interrompido)
- [4] **João:** Não vai ter mais interferência, vai ter uma detecção, mas não sei dizer em qual dos dois, né.
- [5] **Pedro:** Tá, mas vai ser só 50% ou vai ser só em 1?
- [6] **João:** Vai ser só em 1, eu acho...
- [7] **Pedro:** Vamos ligar para ver o que é que acontece!?
- [8] **João:** Vamos ligar (liga a fonte). Detector 1... (olhando para contagem de fótons)
- [9] **Pedro:** Ah, se...
- [10] **João:** Oh, tá detectando nos dois.
- [11] **Pedro:** Se ele detecta no verde, ele detecta no laranja; se ele não detecta no verde...
- [12] **João:** Vamo até começar de novo para poder acompanhar bem direito. Mas é bem isso aí, se ele tá no verde, tá no azul. Se não tá...
- [13] **Pedro:** Será? Não...

Esse episódio é marcado por uma falha na “definição da situação” (WERTSCH, 1984). Os licenciandos assumem – equivocadamente – que o detector inserido em um dos braços do interferômetro (detector verde) é um detector de “não-demolição” (PESSOA JR, 2003). Partindo dessa premissa, João explica que: “Tu torna aquele fenômeno que era ondulatório

em um fenômeno corpuscular” (enunciado 2)<sup>1</sup>. Essa explicação os levou a formular a **afirmação** de que “*Não vai ter mais interferência, vai ter uma detecção, mas não sei dizer em qual dos dois*” (enunciado 4). Após ligar a fonte, eles apresentaram como **evidência** o fato de que “*tá detectando nos dois*” (enunciado 10). É interessante notar que essa mesma evidência acabou frustrando a tentativa deles de estabelecer uma correlação entre as detecções no detector verde e nos demais detectores, conforme mostram os enunciados de 11 a 13.

### Episódio II: “Então ele é interagente”

- [14] **João:** Oh, tá no verde. Mesmo assim tem uns que não são detectados... E aí se perdem, acho que por causa do detector [verde].
- [15] **Pedro:** Ah, se detecta aqui, não detecta nos outros. Ele é interagente.
- [16] **João:** Oh, não detectou no verde e está detectando aqui [no laranja]. Daí detecta no verde, detecta no azul...
- [17] **Pedro:** É, eu acho que seria instantâneo [...] Teriam que detectar nos dois, mas não. Se ele detecta em um lugar, então não vai detectar nos outros. Se ele detectar aqui, quer dizer que ele parou aqui, no verde.
- [18] **João:** Pois é, muito estranho isso... vamos acelerar para ver (clica várias vezes no botão ‘Acelerar!’)
- [19] **Pedro:** Tu tens um número de contagem igual ao da fonte somando os três. Então ele é [o detector verde] interagente.
- [20] **João:** É... ele tá pegando os fótons.
- [21] **Pedro:** Mas, se ele não pega, ele passa por aqui [braço direito do interferômetro] e aí então vai ser ou um ou o outro [detector].
- [22] **João:** ...só por causa desse [segundo semi-]espelho aqui.
- [23] **Pedro:** Sim, porque esse [semi-]espelho pode refletir, ou não. Aí ele, não sendo detectado no verde tem 50% de chances de ser detectado pelo laranja e 50% de chance de ser detectado pelo azul.
- [24] **João:** Então, o que a gente está vendo aqui é um fenômeno puramente clássico.
- [25] **Pedro:** Ah... Puramente? Peraí, se a gente pensar um pouquinho a gente tem detecções corpusculares que aniquilam com a onda, né. Se ela tava aqui, vai ser detectada aqui, não vai ser mais uma onda.

Nesse episódio, os licenciandos usaram toda a **evidência** disponível para formular uma nova **afirmação** sobre o detector verde: “*Ele é interagente*” (enunciado 15). Usando observações do tipo “*se detecta aqui, não detecta nos outros*” (enunciado 15), eles articularam um **raciocínio** com base na simultaneidade das detecções para mostrar que a **evidência** observada dá suporte a **afirmação**, conforme mostra o enunciado 17. A seguir, eles utilizam uma nova fonte de dado, o quadro de contagem de fótons. A **evidência** de que “*Tu tens um número de contagem igual ao da fonte somando os três*” (enunciado 19) permitiu que eles engendassem um **raciocínio** colaborativo, conforme mostram os enunciados 21, 22 e 23, que dá suporte a uma nova **afirmação** sobre a distribuição dos fótons: “*não sendo detectado no verde tem 50% de chances de ser detectado pelo laranja e 50% de chance de ser detectado pelo azul*” (enunciado 23). Esse argumento é usado para sustentar a explicação de que “*a gente tem detecções corpusculares que aniquilam com a onda*” (enunciado 25).

### Discussão

---

<sup>1</sup> É importante salientar que a parte da explicação que diz que “tu obriga o fóton a passar por aqui” é falsa.

Devido a falta de espaço, nossa análise se concentrou somente nos dois episódios apresentados nas subseções anteriores. Além de identificar, dentre outros elementos discursivos presentes no diálogo dos licenciandos (perguntas, hipóteses, etc.), os elementos do modelo de McNeill, nossa intenção foi examinar a dinâmica da argumentação, i.e., ver como afirmação, evidência e raciocínio estão relacionados. No primeiro episódio, e logo no início do segundo, é possível observar dois movimentos argumentativos: um que vai da afirmação para a evidência e outro que vai da evidência para a afirmação. Esse movimento é marcado pela ausência de raciocínio (ver Figura 2).

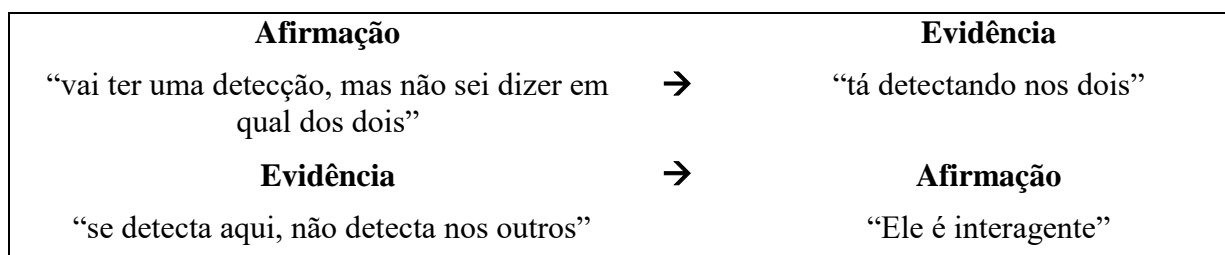


Figura 2. Dinâmica de argumentação do episódio I.

No restante do segundo episódio, podemos observar uma sequência que vai da evidência para o raciocínio e do raciocínio para a afirmação. Essa sequência é usada tanto para chegar à conclusão de que o detector é interagente quanto para apresentar uma afirmação para a distribuição estatística dos fótons nos detectores (ver Figura 3).

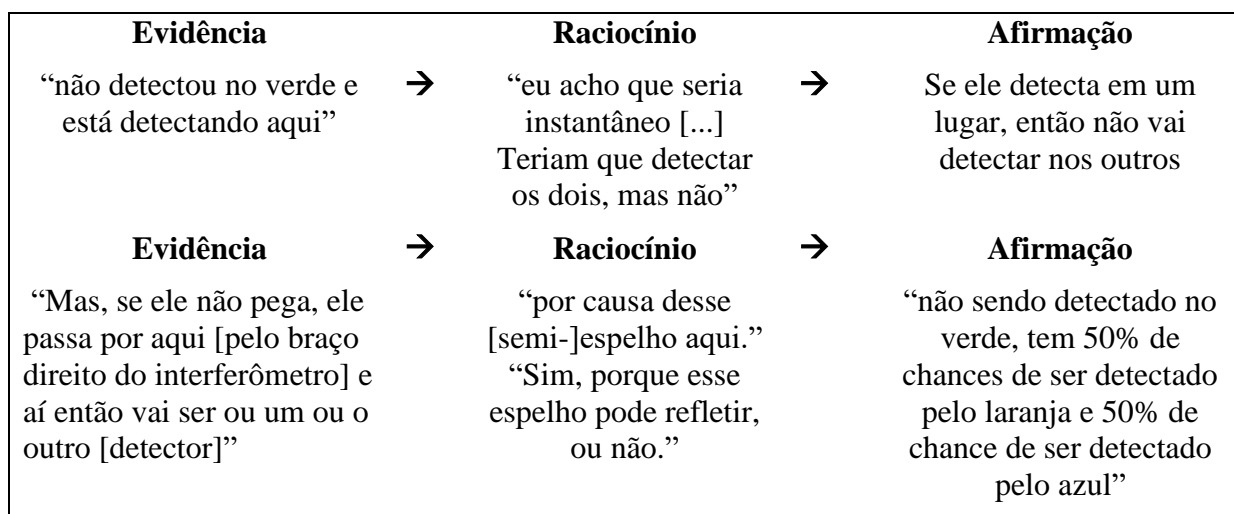


Figura 3. Dinâmica de argumentação do episódio II.

## Considerações finais

Esse trabalho apresentou uma análise de uma prática argumentativa no ensino de ciências, em uma atividade mediada por um simulador virtual de Mach-Zehnder. O objetivo desse trabalho foi explorar uma versão simplificada do modelo de argumentação de Toulmin, desenvolvida por McNeill et al. (2006). O modelo de McNeill divide o processo de argumentação em três componentes: afirmação, evidência e raciocínio. Esses elementos foram usados para analisar como estudantes da sétima etapa de um curso de Licenciatura em Física constroem

colaborativamente argumentos que dão suporte às conclusões que eles formulam em uma atividade de ensino. Parece natural a suposição de que há um caminho unilateral, que identifica as evidências e, a partir delas, desenvolve um raciocínio que leve até a afirmação. No entanto, percebemos que este procedimento linear não se observa. O caminho parece justamente ser o contrário: fazer uma afirmação, com base apenas em fundamentação teórica prévia frente aos conceitos envolvidos e usar um raciocínio para estabelecer uma relação entre conceitos estudados e a previsão dos resultados a serem obtidos, que servirão de evidência. Observou-se, inclusive, dinâmicas argumentativas em que não aparece o componente raciocínio. A organização proposta pelo modelo se mostrou uma ferramenta analítica de fácil utilização. Esperamos que este trabalho possa contribuir para divulgação do modelo de McNeill et al. (2006), assim como de suas potencialidades para o ensino de ciências.

## Referências

- BERLAND, L. K.; MCNEILL, K. L. For whom is argument and explanation a necessary distinction? A response to Osborne and Patterson. **Science Education**, v. 96, n. 5, p. 814–817, 2012.
- DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the norms of scientific argumentation in classrooms. **Science Education**, v. 84, n. 3, p. 287, 2000.
- FERRAZ, A. T.; SASSERON, L. H. Propósitos epistêmicos para a promoção da argumentação em aulas investigativas. **Investigações**, v. 22, n. 1, p. 42–60, 2017.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in Science Education: An Overview. In: ERDURAN, S.; JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Eds.). **Argumentation in Science Education**. New York: Springer, 2007. p. 3–27.
- MCNEILL, K. L. et al. Supporting Students' Construction of Scientific Explanations Using Scaffolded Curriculum Materials and Assessments. **The Journal of the Learning Sciences**, v. 15, n. 2, p. 153–191, 2006.
- OSBORNE, J. F.; PATTERSON, A. Scientific argument and explanation: A necessary distinction? **Science Education**, v. 95, n. 4, p. 627–638, 2011.
- OSTERMANN, F.; PADRO, S. D.; RICCI, T. DOS S. F. Desenvolvimento de um software para o Ensino de Fundamentos de Física Quântica. **Física na Escola**, v. 7, n. 1, p. 22–25, 2006.
- PESSOA JR, O. **Conceitos de Física Quântica**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2003.
- SÁ, L. P.; QUEIRÓZ, S. L. Argumentação no Ensino de Ciências: contexto brasileiro. **Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, n. 2, p. 13–30, 2011.
- SAMPSON, V.; CLARK, D. B. Assessment of the Ways Students Generate Arguments in Science Education : Current Perspectives and Recommendations for Future Directions. **Science Education**, v. 92, p. 447–472, 2008.
- TOULMIN, S. E. **The uses of argument**. New York: Cambridge University Press, 1958.
- WERTSCH, J. V. The zone of proximal development: Some conceptual issues. In: ROGOFF, B.; WERTSCH, J. V (Eds.). **Children's Learning in the "Zone of Proximal Development: New Directions for Child and Adolescent Development**. San Francisco: Jossey-Bars, 1984. p. 7–18.