

A ESTRUTURA ARGUMENTATIVA E AS CARACTERÍSTICAS DOS ARGUMENTOS NO TEXTO QUE ABORDA A “NOVA TEORIA SOBRE LUZ E CORES” DE ISAAC NEWTON

Fábio Marineli*

Lúcia Helena Sasseron**

RESUMO: O presente trabalho busca analisar a estrutura argumentativa e as características dos argumentos que aparecem no texto em que Isaac Newton descreve sua “Nova teoria sobre luz e cores”, escrito em 1672. Para tanto, o padrão de Toulmin é utilizado como ferramenta analítica. A identificação da estrutura argumentativa de um texto científico pode ajudar na compreensão da construção do argumento na ciência e servir de apoio à utilização da argumentação na educação científica, inclusive na elaboração de textos didáticos. A análise realizada caracterizou os argumentos apresentados no texto e mostrou como se relacionam na elaboração da explicação de Newton para o fenômeno da formação de cores devido à refração da luz em um prisma.

Palavras-chave: Argumentação. Linguagem científica. Texto científico.

*Licenciado em Física, mestre em Ensino de Ciências e doutorando em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do curso de Física da Regional Jataí da Universidade Federal de Goiás (UFG).
E-mail: fabiomarineli@ufg.br

**Licenciada em Física, mestre em Ensino de Ciências e doutora em Educação pela Universidade de São Paulo (USP). Professora Doutora do Departamento de Metodologia de Ensino e Educação Comparada (EDM) da Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo (FEUSP).
E-mail: sasseron@usp.br

THE ARGUMENTATIVE STRUCTURE AND CHARACTERISTICS OF ARGUMENTS IN ISAAC NEWTON'S TEXT ABOUT HIS “NEW THEORY ABOUT LIGHT AND COLORS”

ABSTRACT: This paper aims to analyze the argumentative structure and the characteristics of arguments used in Isaac Newton's paper where he describes his “New theory about light and colors”, written in 1672. For this purpose, we have used “Toulmin's Argument Pattern” as analytical tool. The identification of argumentative structure in a scientific text can help to understand the construction of arguments in science and support the use of argumentation in science education, particularly in the organization of textbooks. This analysis has characterized the arguments presented in the text and shown its relation on Newton's explanation to the phenomenon of color in the refraction of light in a prism.

Keywords: Argumentation. Scientific language. Scientific text.

DOI - <http://dx.doi.org/10.1590/1983-21172014160206>

INTRODUÇÃO

A Alfabetização Científica pode ser considerada como uma meta da educação em ciências que, nessa perspectiva, deve ter objetivos mais amplos do que somente o ensino de conteúdos científicos. Apesar de a Alfabetização Científica ser um conceito complexo, que possui diferentes vieses e caracterizações, a revisão bibliográfica realizada por Sasseron e Carvalho (2011) identificou três eixos dela, chamados de eixos estruturantes, que se referem a: (1) compreensão básica de termos, conhecimentos e conceitos científicos fundamentais, (2) compreensão da natureza das ciências e dos fatores éticos e políticos que circundam sua prática e (3) entendimento das relações existentes entre ciência, tecnologia, sociedade e meio ambiente. Em linhas gerais, é possível afirmar que a Alfabetização Científica contribui para processos de análise de situações, de tomada de decisões e de posicionamentos sobre instâncias que envolvem as ciências e seus conhecimentos.

Devemos levar em consideração que essas análises, posicionamentos e decisões muitas vezes se dão em um âmbito que é coletivo, com várias pessoas tomando parte do processo. E isso envolve procedimentos de comunicação e argumentação, evidenciando o papel central da linguagem e da prática discursiva na construção de entendimentos sobre o mundo. Não podemos deixar de considerar que elas são dimensões fundamentais da própria ciência, bem como da educação científica (KELLY, 2008; LEMKE, 2006; SUTTON, 2003).

Jiménez-Aleixandre, Rodriguez e Duschl (2000) colocam que a argumentação é peça chave no trabalho científico, uma vez que um dos objetivos da pesquisa científica é a geração e a justificação de alegações de conhecimento, crenças e ações tomadas para entender a natureza. Na ciência, compromissos com teorias, métodos e objetivos são o resultado de uma avaliação crítica e de debates entre as comunidades de cientistas, o que envolve a argumentação. Dessa forma, podemos destacar a argumentação como prática comunicativa fundante e estruturadora da prática científica.

Considerando que no processo de construção de conhecimento científico existe destaque para os processos argumentativos, fica mais evidente a importância da argumentação na educação em ciências. Jiménez-Aleixandre e Agraso (2006) apontam que o raciocínio argumentativo é relevante para o ensino de ciências, pois para construir modelos e explicações sobre o mundo físico e natural, e operar com eles, os estudantes, além de aprenderem os conceitos científicos, precisam desenvolver a capacidade de escolher entre distintas opções ou explicações e pensar os critérios que permitem avaliá-las. Nesse sentido, podemos considerar que um trabalho em sala de aula que leva em consideração aspectos argumentativos favoreceria o entendimento das formas com as quais a ciência constrói seus conhecimentos, bem como o desenvolvimento de formas fundamentadas de pensar sobre o mundo.

Um importante aspecto dos estudos sobre argumentação é a identificação da estrutura dos textos científicos, com vistas a compreender melhor a natureza

da argumentação na ciência e, com isso, contribuir para pesquisas ou utilização da argumentação no ensino de ciências. Pesquisas sobre textos de cientistas, segundo Scarpa e Trivelato (2012), podem dar suporte à elaboração de textos didáticos a partir da adaptação dos textos originais, no intuito de garantir a permanência de características consideradas fundamentais do fazer científico.

Scarpa e Trivelato (2012, p.48), fazendo uma comparação entre artigos científicos e textos didáticos, afirmam que os primeiros possuem uma estrutura argumentativa, na qual “[...] os cientistas estão preocupados em oferecer justificativas para seus problemas de pesquisa, métodos escolhidos, dados e análises, além de oferecer evidências e apoios para suas interpretações”. Já a grande parte dos livros didáticos apresenta textos com caráter somente expositivo ou narrativo, com ausência de aspectos argumentativos, “[...] apresentando a produção do conhecimento científico muito mais como uma sequência de procedimentos mecânicos e inquestionáveis, do que como uma atividade de raciocínio apoiado em evidências”.

Pietrocola (2005) destaca que a linguagem nos principais textos públicos sobre ciência é “nominalizada” (HALLIDAY; MARTIN, 1993), uma vez que processos são transformados em objetos que recebem nomes. Pietrocola afirma ainda que o emprego de nomes é compatível com as etapas finais da produção científica, mas nas fases inicial e intermediária da investigação prevalece uma linguagem menos estável, mais interpretativa, permeada por especulações e ideias provisórias, e a argumentação é importante para a construção de consensos. Podemos considerar que quando a educação científica se foca somente nos produtos da ciência, relacionados à fase final da investigação, como em muitos textos didáticos, o processo do fazer científico é descaracterizado e o que prevalece é uma imagem distorcida da ciência.

Para que textos didáticos apresentem características mais realistas sobre a ciência, consideramos importante que estejam presentes neles elementos relacionados aos processos que a ciência utiliza para a construção de seus conhecimentos, inclusive alguns aspectos argumentativos que estão presentes nos textos dos cientistas. Levando isso em consideração, no presente trabalho pretendemos identificar a estrutura argumentativa e as características dos argumentos de um texto científico original que, mesmo sendo antigo, pode trazer elementos que caracterizam a construção do conhecimento na ciência.

OBJETO E REFERENCIAL DE ANÁLISE

Nosso objeto de análise será o primeiro trabalho publicado por Isaac Newton descrevendo sua concepção sobre a natureza da luz branca e das cores. Foi impresso nas *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, em 1672, escrito como uma carta endereçada ao editor da revista. Utilizaremos uma tradução feita por Cibelle Celestino Silva e Roberto Martins, publicada em 1996 na *Revista Brasileira de Ensino de Física* (SILVA; MARTINS, 1996).

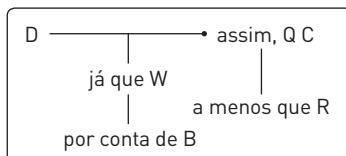
O texto de Newton trata basicamente do fenômeno da formação de cores devido à refração da luz em um prisma. Esse fenômeno já era conhecido quando Newton escreveu seu texto, mas foi ele quem deu uma explicação tal como é aceita hoje pela óptica clássica. A explicação apresentada por ele é que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios de diversas cores e que o prisma separa seus raios componentes sem produzir nenhuma mudança no feixe de luz.

Como foi dito anteriormente, a escolha da análise de um texto científico original se dá pelo entendimento de que os textos científicos são predominantemente argumentativos (SCARPA; TRIVELATO, 2012) e o que se busca no presente trabalho é investigar justamente a estrutura apresentada. Para essa investigação, será utilizado, como ferramenta analítica, o padrão de Toulmin (1958/2006¹), que estabelece uma interpretação estrutural do argumento, elencando seus elementos básicos e como eles se relacionam.

Um argumento, segundo Toulmin, é composto por dados (D), que são informações que dão suporte a uma alegação ou conclusão (C); mas, os dados não são suficientes para validar uma conclusão, por isso são necessárias garantias (W), que são informações que permitem essa validação; as garantias possuem avais que as tornam aceitáveis, chamados de conhecimento básico ou apoio (B); a força conferida pela garantia para ir dos dados à conclusão é chamada de qualificador modal (Q); e condições de refutação (R) são circunstâncias nas quais é preciso deixar de lado a autoridade da garantia.

O padrão de Toulmin possui a seguinte forma:

Figura 1: padrão do argumento segundo Toulmin.



Mesmo possuindo uma mesma estrutura, existem argumentos de diferentes tipos. Por exemplo, Toulmin (2006) faz a distinção entre argumentos que usam garantias e argumentos que buscam estabelecer garantias. Esses últimos podem ser encontrados, por exemplo, em um trabalho científico, uma vez que nesses trabalhos a aceitabilidade de uma garantia nova é que está em julgamento. E essa garantia seria uma espécie de “garantia em aberto”, sujeita a novas verificações.

Outro aspecto que pode diferenciar argumentos é que eles podem ser analíticos ou substanciais. Quando a informação que aparece na conclusão já se encontra nos dados ou garantia/apoio, o argumento é considerado analítico; nesse caso, a conclusão não apresenta ganho de informação, mas é uma reafirmação de dados que apareceram anteriormente. Já quando a informação transmitida na conclusão não apareceu antes – ou seja, se dá um passo *substancial* ao passar para a conclusão a partir das informações obtidas anteriormente –, o argumento é chamado de substancial.

As ideias apresentadas serão utilizadas na análise que realizaremos. Essa análise se dará por meio da seleção de trechos do texto escrito por Newton, nos quais aparece um argumento, e em seguida será feita a classificação de acordo com os elementos que compõem o padrão de argumento de Toulmin.

Vale ainda mencionar que o trabalho com o padrão de argumento de Toulmin tem sido apontado na literatura como uma tarefa árdua, sobretudo no que diz respeito à identificação de seus elementos (ERDURAN, 2007; JIMENEZ-ALEIXANDRE e ERDURAN, 2008; ZOHAR; NEMET, 2002). As dificuldades residem, sobretudo, em delimitar o que são apoio, garantia e condições de refutação. Entendemos que essas dificuldades provêm da tarefa de enquadrar, dentro dos elementos de um padrão de argumento, ideias que não são estáticas, que vão sendo articuladas e construídas através de um processo que se baseia em diversos elementos, e por meio de uma lógica que muitas vezes está buscando o convencimento a respeito de um ponto de vista. Outra questão que merece destaque em relação à dificuldade em se interpretar a estrutura do argumento é que em certos casos é necessário considerar também o contexto no qual o argumento aparece, evidenciando elementos que estão implícitos, sem os quais não é possível realizar o enquadramento e nem entender as razões de determinadas ideias aparecerem.

ANÁLISE DO TEXTO

A forma do artigo analisado, uma carta, não é a mesma dos artigos científicos atuais. Mas, nem por isso deixa de existir nele características do discurso da ciência ou a utilização de uma linguagem argumentativa.

Para efetuarmos a análise, dividimos a carta em cinco partes, descritas a seguir:

1. Na parte inicial (NEWTON, 1672, p.315-318), Newton se diz surpreso com a forma oblonga da imagem refratada dos raios solares após passarem por um prisma triangular de vidro, dizendo que esperava que a imagem fosse circular. Para obter essa imagem refratada, disse ter escurecido um quarto, feito um pequeno buraco em uma janela e, além disso, feito com que a luz que entrava pelo buraco passasse pelo prisma e fosse refratada em uma parede oposta. A partir da observação da forma oblonga da imagem, ele começa a traçar várias possíveis causas para ela, lançando hipóteses e as refutando uma a uma, com argumentos baseados em evidências experimentais, com exceção da hipótese que ele considera ter chegado à explicação correta. Essa primeira parte busca chegar à causa da existência das cores que, segundo Newton, se dá devido ao fato de a luz ser composta por “raios diferentemente refrangíveis”.
2. Em uma segunda parte (p.319-320), é feita uma digressão sobre telescópios e microscópios refletores e refratores, baseada nas ideias apresentadas na primeira parte.

3. Na terceira parte (p.320-324), formada pelo que Newton chamou de doutrina, ele fala sobre a origem das cores. É composta por 13 itens, também baseados nas ideias da primeira parte, mas com novas informações apoiadas em observações experimentais. Nessa terceira parte, muitas informações são apresentadas sem necessariamente haver uma preocupação com a argumentação, mas elas são anunciadas de forma expositiva. Isso talvez se dê pela natureza não problemática de algumas alegações que foram feitas ou devido ao autor considerar que as conclusões da primeira parte dariam suporte suficiente para as colocações feitas aqui. Nessa parte do texto a discussão se dá, basicamente, em torno das cores.
4. Na quarta parte (p.324) – que é uma nova espécie de digressão, bem curta – aparece um novo argumento para afirmar que a luz é uma substância.
5. Na quinta e última parte (p.324-325), é sugerido um experimento que poderia corroborar algumas das afirmações feitas por ele na terceira parte.

Nossa análise se centrará principalmente em duas partes do texto, a primeira e a quarta, uma vez que nelas Newton apresenta seus argumentos: na primeira parte os argumentos sobre a causa do formato da imagem da luz solar após atravessar um prisma; na quarta parte um argumento a respeito do caráter corpuscular da luz.

Argumentos da primeira parte – a busca da causa do formato da imagem

Vamos analisar aqui a estrutura argumentativa utilizada por Newton para tratar das possíveis causas do formato da imagem da luz solar após atravessar um prisma. Aparece nessa parte uma sequência de vários argumentos completos, cada um refutando uma hipótese diferente e estabelecendo como verdadeira aquela que Newton considera a causa do fenômeno.

No primeiro argumento apresentado, Newton (1672, p.315) afirma:

Pensei que dificilmente as várias *Espessuras* de vidro, ou a terminação com sombra ou escuridão, poderiam ter qualquer influência na luz para produzir tal efeito. Entretanto pensei que não era improcedente examinar aquelas circunstâncias, e assim testei o que aconteceria transmitindo luz através de partes do vidro de diversas espessuras, ou através de buracos na janela de diversos tamanhos, ou colocando o Prisma fora, para que a luz pudesse passar através dele e ser refratada antes de ser limitada pelo buraco. Mas não encontrei nenhuma dessas circunstâncias significativa. A aparência das cores era em todos esses casos a mesma.

Nesse trecho existe mais de uma alegação. Como a estrutura do argumento é a mesma para todas, vamos pegar somente uma para análise, a da espessura do vidro ter alguma influência sobre a luz solar e causar o formato da imagem. Evidenciando os componentes do argumento, temos:

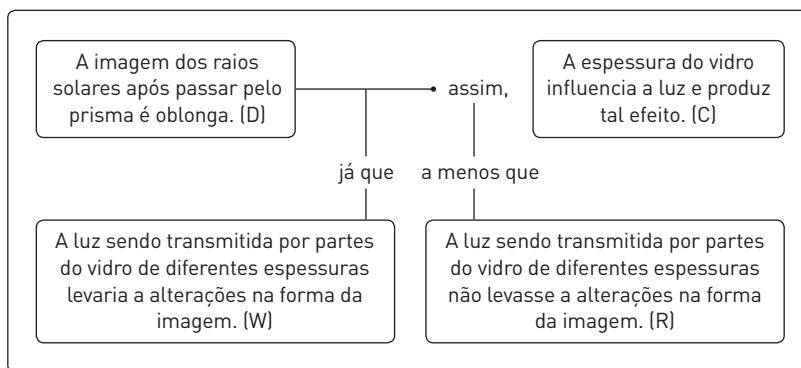
Pensei que dificilmente as várias Espessuras de vidro [...] poderiam ter qualquer influência na luz para produzir tal efeito. Entretanto pensei que não era improcedente examinar [...] [HIPÓTESE A SER VERIFICADA, POSSÍVEL CONCLUSÃO (C)].

e assim testei o que aconteceria transmitindo luz através de partes do vidro de diversas espessuras [...] [GARANTIA (W) A SER VERIFICADA].

Mas não encontrei nenhuma dessas circunstâncias significativa. A aparência das cores era em todos esses casos a mesma. [CONDICÃO DE REFUTAÇÃO (R)].

Na Figura 2 ilustramos as ideias apresentadas por Newton na estrutura de argumento proposta por Toulmin. O dado do argumento (D) não apareceu no trecho citado, mas foi anunciado antes dele. Esse dado é a informação de que “a imagem dos raios solares após passar pelo prisma é oblonga”, e também é o dado dos demais argumentos que aparecem nessa primeira parte do texto.

Figura 2: padrão do argumento que analisa a influência da espessura do vidro na imagem.



O que está em jogo aqui é a garantia (W), ou seja, é um tipo de argumento que busca estabelecer a garantia e, portanto, é ela que está em julgamento. Isso se repete ao longo de toda essa primeira parte do texto de Newton. Além disso, esse argumento é analítico, a conclusão não apresenta ganho de informações em relação ao que é encontrado anteriormente, e isso mesmo sendo um argumento que foi refutado.

Vamos a mais um trecho retirado da primeira parte do texto. Aqui Newton (1672, p.315) apresenta um segundo argumento:

Então suspeitei se por alguma *irregularidade* no vidro ou outra irregularidade contingente essas cores poderiam ser dilatadas assim. E para testar isso, tomei outro Prisma semelhante ao primeiro e coloquei-o de tal modo que a luz passando por ambos pudesse ser refratada de maneiras contrárias e assim, pelo último, retornar ao caminho do qual o primeiro a desviou. Pois por essa maneira pensei que os efeitos *regulares* do primeiro Prisma seriam destruídos pelo segundo Prisma, mas os *irregulares* mais aumentados, pela multiplicidade de refrações. Aconteceu que a luz que era difundida pelo primeiro Prisma em uma forma *oblonga*, foi reduzida pelo segundo a uma [forma] *arredondada* com tanta regularidade como quando não passava por eles. Assim, fosse qual fosse a causa daquele comprimento, não era qualquer irregularidade contingente.

Evidenciando os componentes do argumento, temos:

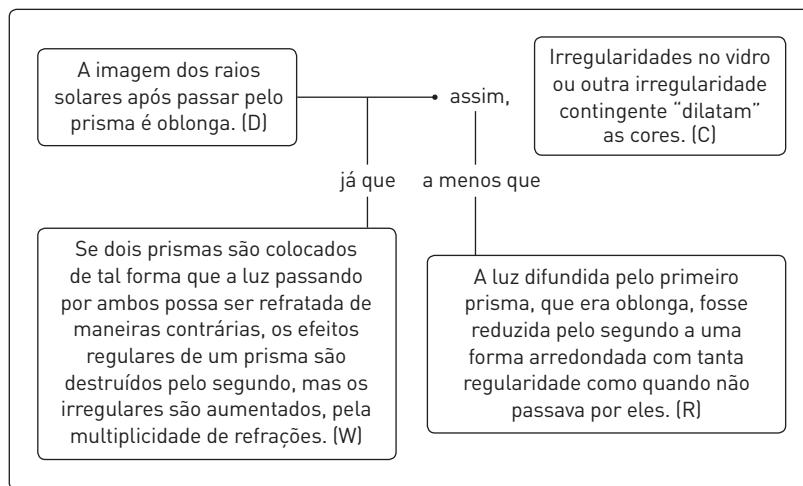
Então suspeitei se por alguma irregularidade no vidro ou outra irregularidade contingente essas cores poderiam ser dilatadas assim [HIPÓTESE A SER VERIFICADA, E POSSÍVEL CONCLUSÃO DO ARGUMENTO (C)].

[...] que os efeitos regulares do primeiro Prisma seriam destruídos pelo segundo Prisma, mas os irregulares mais aumentados, pela multiplicidade de refrações. [GARANTIA (W) A SER VERIFICADA].

Aconteceu que a luz que era difundida pelo primeiro Prisma em uma forma oblonga, foi reduzida pelo segundo a uma [forma] arredondada com tanta regularidade como quando não passava por eles. Assim, fosse qual fosse a causa daquele comprimento, não era qualquer irregularidade contingente. [CONDICÃO DE REFUTAÇÃO (R)].

Na Figura 3 ilustramos o padrão do argumento utilizado por Newton em relação à influência de irregularidades do vidro na imagem.

Figura 3: padrão do argumento que analisa a influência de irregularidades do vidro na imagem.



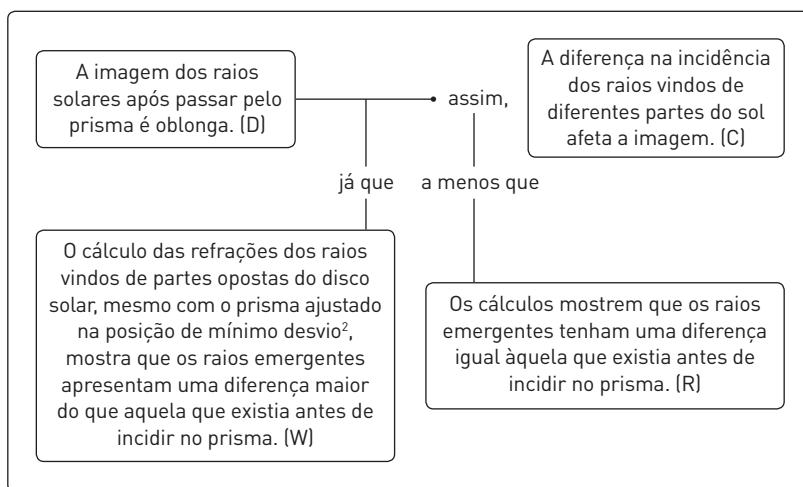
Assim como o argumento apresentado anteriormente, esse é um argumento analítico que busca estabelecer uma garantia que também é refutada.

Nos dois argumentos citados, o apoio (B) está ausente. Isso talvez aconteça porque são as próprias garantias as quais está se buscando estabelecer que fazem com que o apoio, que é o elemento que dá aval a elas, não seja algo definido. Devido ao fato de a garantia ser um conhecimento novo, a ausência do apoio talvez ocorra porque não haveria aporte em teorias/leis físicas que dariam subsídio a esse conhecimento. Assim, podemos considerar que seria com o estabelecimento da garantia, que é a caracterização de um novo saber, que o apoio poderia ser estabelecido posteriormente, com novos desenvolvimentos científicos relacionados ao tema.

Na sequência do texto, Newton refuta outro argumento em que afirma que a causa de a imagem ser oblonga são os raios que atingem o prisma vindos de diferentes partes do sol (1672, p.316). No texto de Newton esse é um trecho um pouco mais longo, que comporta um cálculo teórico e a descrição de um

experimento. Será apresentado, aqui, somente o padrão correspondente ao cálculo teórico, sem citar o trecho do texto, uma vez que tanto o cálculo quanto o experimento chegaram ao mesmo resultado: que os raios emergentes tinham uma diferença igual àquela que existia antes de incidir sobre o prisma. Desse trecho podemos derivar o seguinte argumento analítico:

Figura 4: padrão de um dos argumentos que analisa a influência na imagem de raios que atingem o prisma vindos de diferentes partes do sol.



Como nos casos anteriores, o apoio (B) às garantias também está ausente aqui. Mas, diferente dos outros casos, aqui o apoio (tipo de cálculo que deveria ser feito) era algo já estabelecido, vindo da matemática e da óptica geométrica³. No entanto, o apoio não deu aval à garantia e supomos que, por serem elementos conhecidos, Newton deve ter considerado que não seria necessária sua apresentação direta.

Um último argumento a ser refutado é o que se encontra no trecho a seguir (NEWTON, 1672, p.317). Nesse trecho, pela primeira vez aparece o apoio no argumento, mas, nesse caso, a garantia está implícita.

Então comecei a suspeitar se os Raios, após sua passagem através do Prisma, não se moveriam em linhas curvas e de acordo com sua maior ou menor curvatura: tendessem para diversas partes da parede. E minhas suspeitas aumentaram quando lembrei que freqüentemente vi uma bola de Tênis, golpeada com uma Raquete oblíqua, descrever tal linha curva. Pois sendo comunicado tanto um movimento circular como um progressivo a ela pelo golpe, suas partes daquele lado onde os movimentos se unem devem pressionar e bater o Ar contíguo mais violentamente do que no outro, e lá excitar uma relutância e reação no Ar proporcionalmente maior. E pela mesma razão, se os Raios de luz fossem possivelmente corpos globulares e por sua passagem oblíqua de um meio a outro adquirissem um movimento circular, eles deveriam sentir a resistência maior do Éter ambiente naquele lado onde os movimentos se unem e por isso serem continuamente encurvados para o outro. Mas apesar desse motivo plausível de suspeita, quando o examinei não pude observar tal

curvatura neles. E além disso (o que era suficiente para meu propósito) observei que a diferença entre o comprimento da imagem e o diâmetro do buraco através do qual a luz era transmitida era proporcional à sua distância.

Evidenciando os componentes do argumento:

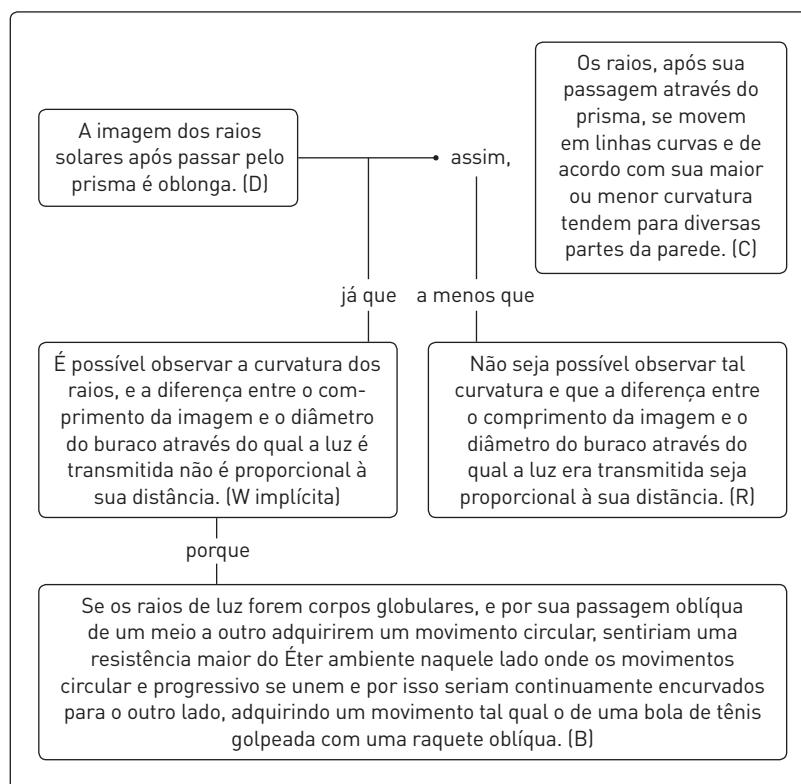
Então comecei a suspeitar se os Raios, após sua passagem através do Prisma, não se moveriam em linhas curvas e de acordo com sua maior ou menor curvatura tendessem para diversas partes da parede. [HIPÓTESE DO ARGUMENTO QUE PRECISA SER VERIFICADA, ESTABELECENDO UMA CONCLUSÃO (C)].

E minhas suspeitas aumentaram quando lembrei que frequentemente vi uma bola de Tênis, golpeada com uma Raquete oblíqua, descrever tal linha curva. [...] se os Raios de luz fossem possivelmente corpos globulares e por sua passagem oblíqua de um meio a outro adquirissem um movimento circular, eles deveriam sentir a resistência maior do Éter ambiente naquele lado onde os movimentos se unem e por isso serem continuamente encurvados para o outro. [APOIO À GARANTIA (B)].

Mas apesar desse motivo plausível de suspeita, quando o examinei não pude observar tal curvatura neles. E além disso (o que era suficiente para meu propósito) observei que a diferença entre o comprimento da imagem e o diâmetro do buraco através do qual a luz era transmitida era proporcional à sua distância. [CONDIÇÕES DE REFUTAÇÃO (R)].

Dessa forma, o argumento completo ficaria assim representado:

Figura 5: padrão do argumento que analisa se a luz se move em linhas curvas após sua passagem pelo prisma.



Como os demais, esse é um argumento analítico e que busca estabelecer uma garantia. Mas, nesse caso a garantia está implícita, ao passo que nos argumentos apresentados anteriormente ela era explícita. Em relação ao apoio que aparece no argumento, ele parece ser uma especulação. A frase começa com “se os raios...”, indicando um elemento condicional, e não uma afirmação. Além disso, esse apoio é construído por meio de uma analogia com o movimento de uma bola de tênis. Esse formato do apoio, com um elemento condicional e uma analogia, talvez venha do fato de a garantia não estar estabelecida (foi inclusive refutada).

Na sequência do texto é apresentado um último argumento sobre a possível origem oblonga da luz refratada pelo prisma. No entanto, diferente das outras vezes, o argumento dessa vez não será refutado, já que Newton considera que encontrou a origem do fenômeno, tanto que chamou o experimento relatado aqui de *Experimentum Crucis*, querendo designá-lo como um experimento decisivo.

Basicamente, a descrição do experimento e o argumento utilizado por Newton aparecem no seguinte trecho (1672, p.318):

[...] tomei duas pranchas e coloquei uma delas perto da janela e atrás do prisma de tal forma que a luz pudesse passar através de um pequeno buraco feito nela para esse propósito, e incidir na outra prancha, a qual coloquei a uma distância de cerca de 12 pés, tendo primeiro feito um pequeno buraco nela também, para um pouco de luz incidente passar através dele. Então eu coloquei outro Prisma atrás dessa segunda prancha, de tal modo que a luz que atravessou ambos os anteparos pudesse passar através dele também e ser novamente refratada antes de atingir a parede. Isto feito, tomei o primeiro Prisma na minha mão e o girei de um lado para outro lentamente em torno de seu Eixo de modo a fazer as diversas partes da Imagem, lançadas sobre o segundo anteparo, passarem sucessivamente através de seu buraco, para que pudesse observar para quais lugares na parede o segundo Prisma as refrataria. E vi pela variação daqueles lugares [na parede] que a luz, tendendo para aquela extremidade da Imagem em direção à qual a refração do primeiro Prisma foi feita, sofreu no segundo Prisma uma Refração consideravelmente maior que a luz tendendo para a outra extremidade. E assim a verdadeira causa do comprimento da Imagem foi detectada não ser outra, senão que a Luz consiste em Raios *diferentemente refrangíveis* que, sem qualquer diferença em suas incidências, foram, de acordo com seus graus de refrangibilidade, transmitidos em direção a diversas partes da parede.

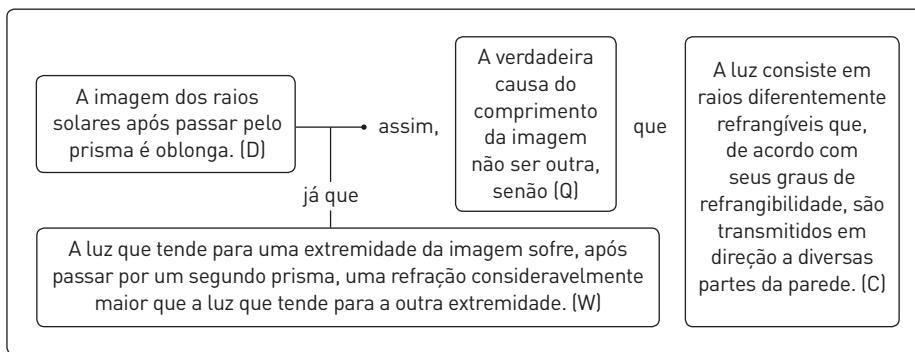
Nesse trecho, primeiro é apresentada a descrição do experimento e, após isso, é demonstrado o argumento:

E vi pela variação daqueles lugares [na parede] que a luz, tendendo para aquela extremidade da Imagem em direção à qual a refração do primeiro Prisma foi feita, sofreu no segundo Prisma uma Refração consideravelmente maior que a luz tendendo para a outra extremidade. [GARANTIA DO ARGUMENTO (W)].

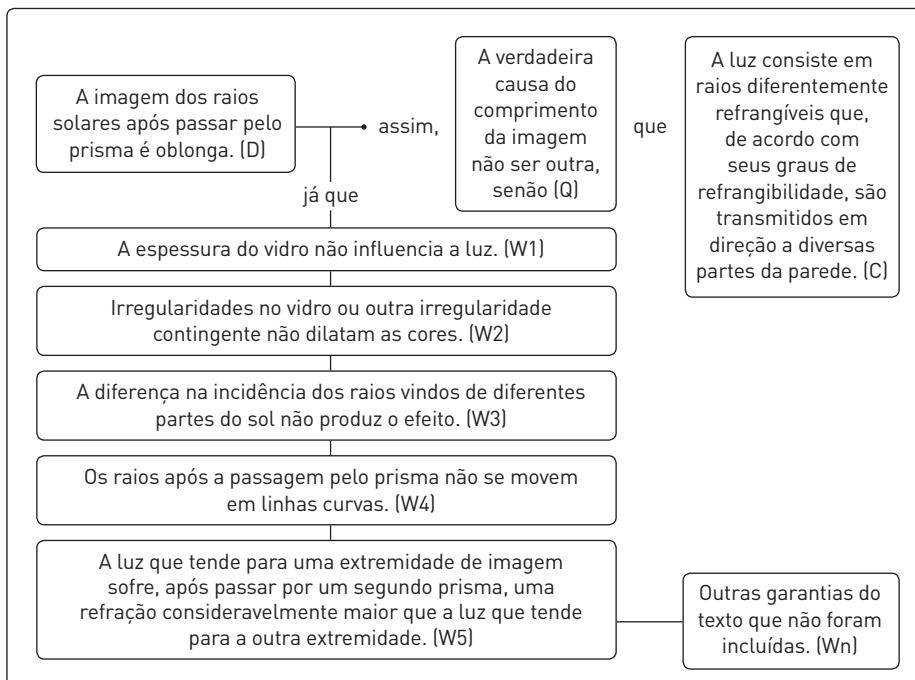
E assim a verdadeira causa do comprimento da Imagem foi detectada não ser outra, senão [QUALIFICADOR MODAL (Q)].

*[...] que a Luz consiste em Raios *diferentemente refrangíveis* que, sem qualquer diferença em suas incidências, foram, de acordo com seus graus de refrangibilidade, transmitidos em direção a diversas partes da parede. [CONCLUSÃO DO ARGUMENTO (C)].*

O argumento completo pode ser assim representado:

Figura 6: padrão do argumento que analisa se a luz consiste de raios differentemente refrangíveis.

O argumento dessa vez é substancial, pois nesse caso há ganho de informação na conclusão. Ela não é uma consequência lógica das outras informações que aparecem. Além disso, é usado, aqui, um qualificador modal, parecendo ser uma tentativa de dar força ao argumento justamente devido ao passo substancial que foi dado. Para a construção desse argumento, e para dar o passo substancial, Newton também utilizou o que foi caracterizado nos experimentos e cálculos anteriores – as garantias que foram estabelecidas anteriormente – para considerar o que ele chama de “a verdadeira causa do comprimento da imagem”. Dessa forma, o argumento completo de toda essa primeira parte do texto pode ser assim representado:

Figura 7: padrão do argumento completo sobre a explicação a respeito da imagem dos raios solares ser oblonga após passar pelo prisma.

Por uma questão de espaço, nós omitimos, na representação acima, os apoios das garantias. Os apoios seriam os resultados dos cálculos ou experimentos apresentados nos argumentos descritos anteriormente. Além disso, existem alguns elementos no texto que nós não incluímos na análise, como os que aparecem nos trechos relacionados à Figura 2 e à Figura 4, que também estabelecem garantias. Por isso colocamos, na representação acima, um quadro com “outras garantias” (Wn).

Como foi dito, o argumento aqui é substancial. Não é óbvia a conclusão a que Newton chega. Essa conclusão, inclusive, segundo Silva e Martins (1997), gerou controvérsias entre os cientistas da época. Por exemplo, a hipótese de que é o prisma que produz o efeito, e que esse efeito não depende da espessura do vidro, não foi refutada.

Argumento da quarta parte do texto – luz como substância

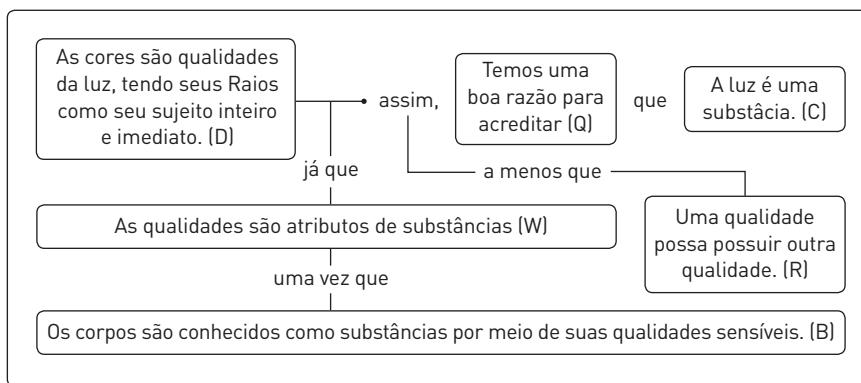
O último argumento que apresentaremos não faz parte da sequência de hipóteses sobre a causa do formato da imagem da luz que sai do prisma. Aqui, Newton apresenta um argumento para defender sua posição a respeito do caráter corpuscular da luz. Dessa vez citaremos o trecho e já indicar nele os componentes do argumento. Newton (1672, p.324) afirma:

Essas coisas sendo assim, não pode ser muito discutido se há cores no escuro ou se elas são qualidades dos objetos que vemos, nem se Luz é um Corpo. Pois como Cores são *qualidades* da Luz, tendo seus Raios como seu sujeito inteiro e imediato [DADO (D)], como podemos pensar aqueles Raios como *qualidades* também, a menos que uma qualidade possa ser sujeito e sustentáculo de outra [REFUTADOR (R)], o que de fato é chamá-la de *substância*. [GARANTIA (W), DE CERTA FORMA IMPLÍCITA]. Não poderíamos conhecer os Corpos como substâncias a não ser por suas qualidades sensíveis [APOIO (B)], e como agora encontramos que a Principal delas é devida a alguma outra coisa⁴, temos uma razão igualmente boa [QUALIFICADOR MODAL (Q)] para acreditar que aquilo é uma substância também [CONCLUSÃO (C)].

No trecho acima, a garantia não aparece de forma clara. Uma nota de rodapé do texto, escrita pelos tradutores, esclarece que:

Newton se refere [no trecho à] diferenciação aristotélica entre substância e qualidade como maneira de refutar algumas teorias sobre a luz nas quais a luz seria uma qualidade que se propaga em uma substância (o éter). Uma qualidade não pode possuir outra qualidade: as qualidades são atributos das substâncias. Portanto, as cores (que são qualidades) devem ser atributos de uma substância (a luz) e não de outra qualidade (SILVA e MARTINS, 1996, p.324).

Essa informação ajuda na construção do argumento completo, que ficaria assim representado:

Figura 8: padrão do argumento que confere à luz um caráter de substância.

Como vemos, todos os componentes do padrão de Toulmin aparecem nesse argumento. Ele é analítico e, diferente dos demais, não pretende estabelecer uma garantia, mas usa uma garantia já existente, baseada nas ideias de Aristóteles. Essa garantia que aparece nele, que é bastante discutível, é um dos elementos que Newton utiliza para defender sua concepção corpuscular da luz frente à interpretação ondulatória defendida por outros.

DISCUSSÕES

Por meio da análise realizada foi possível verificar a estrutura argumentativa e os tipos de argumentos que aparecem no texto escrito por Newton. Ao longo de toda a primeira parte de seu texto, Newton vai construindo evidências para a elaboração do seu argumento final sobre as causas do formato oblongo da imagem dos raios solares após a passagem pelo prisma. As garantias vão sendo estabelecidas por meio da refutação de argumentos analíticos. Ao final da primeira parte, a hipótese que ele considerou verdadeira é expressa por intermédio de um argumento substancial, que apresenta ganho de informação na conclusão. Esse ganho de informação é a inferência sobre a natureza da luz branca, dizendo que ela é uma mistura heterogênea de raios de todas as cores e que o prisma somente separa a luz em seus raios componentes. Esse tipo de inferência sobre a natureza da luz branca que é feita no texto corresponde a um processo abdutivo⁵.

Devido ao fato de o trabalho de Newton apresentar cunho científico, é razoável que os argumentos que aparecem no texto busquem estabelecer garantias (TOULMIN, 2006). E esse estabelecimento aconteceu na primeira parte dele, antes da utilização dessas garantias nas demais partes. Isso é característico da própria linguagem argumentativa, que precisa esclarecer as garantias que estão sendo utilizadas para se chegar a certas conclusões ou para serem feitas determinadas alegações.

As garantias que Newton estabeleceu por meio dos argumentos analíticos que foram refutados são uma consequência lógica dos experimentos ou cálculos

realizados. São situações que entendemos ser de “tudo ou nada”, ou seja, situações em que se pretende estabelecer a verdade ou a falsidade dessas garantias. Talvez por isso não apareça nelas o qualificador modal, as conclusões seriam consideradas verdadeiras ou falsas com certeza. No entanto, no argumento substancial apresentado (que não é refutado), o qualificador modal aparece com Newton usando a expressão “a verdadeira causa [...] não ser outra”, o que parece ser uma tentativa de dar força ao argumento, pois aqui existe o passo substancial, vindo do processo abdutivo. E esse passo foi o elemento criticado por outros cientistas. Não podemos perder de vista que a conclusão de um argumento substancial, usando uma inferência abdutiva – comum em trabalhos científicos –, é uma conclusão em aberto, sujeita a outras considerações. Dessa forma, as críticas são esperadas. Por exemplo, Hooke apresentou uma interpretação alternativa, considerando a luz como uma onda (um pulso propagado no éter) e a luz colorida corresponderia a modificações que o prisma imprime na luz branca (SILVA; MARTINS, 1997).

A ênfase dada às refutações no início do texto foi importante para o estabelecimento das garantias que possibilitaram o passo substancial dado no último argumento da primeira parte. Mas, além disso, podemos considerar que a forma como os argumentos foram sendo apresentados e refutados levaram o texto a ganhar, de certa forma, um caráter “dialógico”, que levou em consideração outras formulações de ideias e, com isso, até adiantando algumas das críticas que eventualmente poderiam ser feitas.

Erduran (2007), considerando diálogos argumentativos, afirma que diálogos em que há refutações possuem maior qualidade do que aqueles em que não há e as ideias apresentadas pelos indivíduos permanecem sem contestação. A apresentação de argumentos sem refutar ideias diferentes pode não alterar as crenças de outros que pensam de forma diversa. E isso parece ser coerente com o que Newton fez em seu artigo, uma vez que além de mostrar suas ideias sobre a razão do fenômeno, também refutou outras.

Podemos fazer, aqui, uma comparação entre a estrutura textual do artigo analisado e a estrutura de livros didáticos, que na maioria das vezes apresentam textos somente expositivos ou narrativos. Do ponto de vista da compreensão da natureza da ciência, um texto puramente expositivo é ruim, pois apresenta a ciência de forma parcial e, às vezes, até caricata, perdendo todo o seu processo e parte de seu conteúdo. Apesar de a estrutura da terceira parte do texto de Newton lembrar a estrutura de um texto didático, apresentando informações também de forma expositiva e sem uma preocupação com a argumentação, antes dessa parte aparecem no texto vários argumentos e o autor somente utiliza a exposição após as garantias terem sido estabelecidas. Além disso, diferente de muitos livros, existe no texto analisado uma preocupação com possíveis interpretações alternativas.

Outra questão a ser destacada é que alguns pontos do texto possuem uma linguagem que é mais interpretativa. O que deve ser levado em conta é que o conhecimento apresentado está em construção, ainda não há consensos estabelecidos, ou seja, o conhecimento ainda não tem *status* de fato. E esse

caráter interpretativo da linguagem também é perdido no livro didático, o que descaracteriza parte do processo de construção do conhecimento.

Uma última consideração a ser feita é sobre o argumento que aparece na quarta parte do texto. Ele é o único argumento que utiliza garantias em vez de ter objetivo de estabelecê-las. Talvez por se utilizar de um conhecimento já estabelecido (as ideias de Aristóteles), ele seja o argumento que possui forma mais completa, tendo sido possível identificar todos os elementos do padrão de Toulmin. Com esse argumento Newton tenta defender sua concepção corpuscular da luz frente à interpretação ondulatória defendida por outros. Apesar de aparentemente esse argumento não ter relação com os apresentados anteriormente, uma refutação de interpretações ondulatórias daria mais força ao seu argumento final da primeira parte, uma vez que existiam interpretações alternativas que eram ondulatórias (como a de Hooke, por exemplo), e que não estavam de acordo com a conclusão de Newton de a luz ser composta por raios diferentemente refrangíveis.

Consideramos que essa nossa análise trouxe elementos para uma melhor compreensão da estrutura argumentativa do texto em que Newton trata da sua “Nova Teoria sobre Luz e Cores”, o que permite adquirir uma visão mais realista da natureza da atividade desse cientista e, até, dar indicações sobre como a argumentação participa da estruturação do conhecimento científico. Entendemos que a explicitação dessas características é um aspecto importante para a construção de uma visão mais adequada a respeito do trabalho dos cientistas entre os estudantes de ciências. Evidenciar um trabalho científico como um processo de construção e de defesa de um ponto de vista certamente contribui para a formação de uma visão menos distorcida a respeito da ciência.

Sob essa perspectiva, entendemos que as informações aqui apresentadas, um exemplo das formas com as quais são elaboradas ideias científicas, poderiam dar suporte à preparação de textos didáticos que incorporassem aspectos argumentativos em sua estrutura. Sem desconsiderar as dificuldades referentes à transposição desse tipo de conhecimento para textos didáticos, entendemos que isso poderia contribuir para uma melhor compreensão acerca de aspectos da prática científica e, de uma forma mais ampla, para a promoção de uma educação que vise à Alfabetização Científica.

AGRADECIMENTOS

Fábio Marineli agradece à FAPEG e à CAPES pelo apoio financeiro.

NOTAS

¹ O trabalho de Toulmin foi editado pela primeira vez em 1958. A versão utilizada (impressa em 2006) é a segunda versão de uma tradução para a língua portuguesa organizada pela Editora Martins Fontes.

² Posição em que uma luz incidente monocromática deveria produzir uma imagem circular.

³ Newton chama o conhecimento da óptica usado aqui de “Hipótese da proporcionalidade dos senos da Incidência e da Refração”, que seria o que chamamos hoje de Lei de Snell-Descartes.

⁴ A referência à “principal das qualidades” aqui no trecho é uma alusão à cor. Está sendo feita menção a uma explicação que apareceu um pouco antes no texto sobre a origem da cor dos objetos, que aconteceria devido à reflexão de um determinado “tipo” de luz se dar em maior quantidade que as reflexões de outros “tipos”. Ou seja, a cor seria uma qualidade da luz. E o argumento aqui nesse trecho está sendo construído para dizer que se a cor é uma qualidade da luz, a luz é uma substância. Além disso, dizer que a causa da cor de um objeto é a reflexão preferencial de um “tipo” de luz está de acordo com a conclusão da primeira parte do texto, que a luz branca é uma mistura heterogênea de raios de diversas cores ou “tipos”.

⁵ Nesses casos, conforme esclarece Chibeni (1996), diferente dos processos dedutivos, a conclusão não segue logicamente das premissas e depende de seu conteúdo; e diferente dos processos indutivos, ela não necessariamente consiste na extensão uniforme das evidências. Uma inferência abdutiva seria a inferência da melhor explicação, que é considerada melhor em contraste com outras possíveis explanações ou hipóteses.

REFERÊNCIAS

- CHIBENI, S.S. A inferência abdutiva e o realismo científico. *Cadernos de História e Filosofia da Ciência*, Campinas, v.6, n.1, p.45-73, 1996.
- ERDURAN, S. Methodological Foundations in the Study of Science Classroom Argumentation. In: ERDURAN, S; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.) *Argumentation in Science Education: Perspectives from Classroom-Based Research*. Dordrecht: Springer, 2007. p.47-69.
- HALLIDAY, M.A.K.; MARTIN, J.R. *Writing Science: Literacy and Discursive Power*. London: Falmer Press, 1993.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P. e AGRASO, M.F. A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula. *Educação em Revista*, Belo Horizonte, v.24, p.13-33, 2006.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M.P.; BUGALLO RODRÍGUEZ, A.; DUSCHL, R.A., “Doing the Lesson” or “Doing Science”: Argument in High School Genetics. *Science Education*, v.84, p.757-792, 2000.
- JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, M. P.; ERDURAN, S. Argumentation in science education: An overview. In ERDURAN, S; JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. (Ed.), *Argumentation in science education: Perspectives from classroom-based research*. Dordrecht, the Netherlands: Springer, p. 3-27, 2008.
- KELLY, G.J. Inquiry, activity and epistemic practice. In: DUSCHL, R.A.; GRANDY, R.E. *Teaching Scientific Inquiry: recommendations for research and implementation*. Rotterdam: Sense Publishers, 2008.
- LEMKE, J. *Aprender a Hablar Ciencia: language, aprendizage y valores*. Barcelona: Paidós, 2006.
- NEWTON, I. (1672). Uma carta do Sr. Isaac Newton, professor de Matemática na Universidade de Cambridge; contendo sua Nova Teoria sobre Luz e Cores: enviada pelo Autor para o Editor da Cambridge, 6 de fevereiro de 1671/72; para ser comunidade à R. Society. Tradução de Cibelle Celestino Silva e Roberto de Andrade Martins. In: SILVA, C.C. e MARTINS, R.A. A “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton: uma Tradução Comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.18, n.4, 1996.
- PIETROCOLA, M. Linguagem e estruturação do pensamento na ciência e no ensino de ciências. In: PIETROCOLA, M. e FREIRE JR., O. (Org.) *Filosofia, Ciência e História: Michel Paty e o Brasil*, uma homenagem aos 40 anos de colaboração. São Paulo: Discurso Editorial, 2005. p.315-333.

- SASSERON, L.H. e CARVALHO, A.M.P. Alfabetização Científica: uma Revisão Bibliográfica. *Investigações em Ensino de Ciências*, Porto Alegre, v.16, n.1, p.59-77, 2011.
- SCARPA, D.L. e TRIVELATO, S.L.F. A linguagem e a alfabetização científicas: características linguísticas e argumentativas de artigos científicos. *Genética na escola*, Uberlândia, v.7, n.2, 2012.
- SILVA, C.C. e MARTINS, R.A. A “Nova Teoria sobre Luz e Cores” de Isaac Newton: uma Tradução Comentada. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, São Paulo, v.18, n.4, p.313-327, 1996.
- SILVA, C.C. e MARTINS, R.A. A teoria das Cores de Newton e as Críticas de Hooke. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA (EPEF), 5. 1997, Belo Horizonte. *Atas...* Belo Horizonte: FMG/CECIMIG/FAE, 1997. p.230-237
- SUTTON, C. Los profesores de ciencias como profesores de lenguaje. *Enseñanza de las Ciencias*, Vigo, v.21, n.1, 21-25, 2003.
- TOULMIN, S.E. (1958). *Os usos do argumento*. São Paulo: Martins Fontes, 2^a ed., 2006.
- ZOHAR, A.; NEMET, F. Fostering students' knowledge and argumentation skills through dilemmas in human genetics. *Journal of Research in Science Teaching*, v.39, n.1, p.35-62, 2002.

Data Recebimento: 25/11/2013

Data Aprovação: 27/05/2014

Data Versão Final: 30/05/2014

Contato:

Universidade Federal de Goiás
Rod. BR 364, KM 195, nº 3800 - Jataí, GO - Brasil
CEP: 75801-615