

A promoção da argumentação científica em aulas de Química na Educação Básica: habilidades e temas atuais¹

Lílian Moreira dos SANTOS²
Solange Wagner LOCATELLI³

RESUMO

O objetivo desta pesquisa foi compreender como o desenvolvimento de habilidades argumentativas tem se consolidado em aulas de Química na Educação Básica. Para isso, foi realizada uma revisão da literatura com 24 artigos de periódicos sobre Ensino de Química — *Chemistry Education Research and Practice*, *Educación Química* e *Química Nova na Escola* — considerando um período de 10 anos. Os resultados revelaram uma diversidade de cenários em que a argumentação é trabalhada em diferentes países, destacando os contextos nos quais seu desenvolvimento se mostrou promissor, como em atividades com o uso de questões sociocientíficas, ensino baseado em investigação e metodologias para análise dos níveis de argumentação científica. O modelo de análise de argumentos mais citado foi o proposto por Toulmin, seguido por Erduran *et al.* (2004). A argumentação científica foi considerada essencial para promover a compreensão da natureza da ciência, refletindo aspectos epistemológicos e conceituais fundamentais para o fazer científico.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Química. Ensino Médio. Toulmin.

¹ Agradecemos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

² Mestra em Ensino e História das Ciências e da Matemática pela Universidade Federal do ABC (UFABC). Licenciada em Química pela Universidade Federal da Bahia (UFBA). Docente de Química da Educação Básica da rede particular de ensino em São Paulo - SP. Orcid: <https://orcid.org/0009-0007-4635-5789>. E-mail: agentetemquimica@gmail.com.

³ Doutora em Ensino de Ciências pela Universidade de São Paulo. Professora adjunta na Universidade Federal do ABC. Docente do Programa de Pós-Graduação em Ensino e História das Ciências e Matemática (PEHCM). Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-7639-6772>. E-mail: solange.locatelli@ufabc.edu.br

The promotion of scientific argumentation in Chemistry classes in Basic Education: skills and current themes

Lílian Moreira dos SANTOS
Solange Wagner LOCATELLI

ABSTRACT

The objective of this research was to understand how the development of argumentative skills has been consolidated in Chemistry classes in Basic Education. To this end, a literature review was conducted based on 24 journal articles in Chemistry Education, specifically Chemistry Education Research and Practice, Educación Química, and Química Nova na Escola, covering a period of 10 years. The results revealed a diversity of contexts in which argumentation is addressed in different countries, highlighting situations where its development has proven promising, such as activities involving socioscientific issues, inquiry-based teaching, and methodologies for analyzing levels of scientific argumentation. The most frequently cited model for argument analysis was the one proposed by Toulmin, followed by Erduran *et al.* (2004). Scientific argumentation was considered essential for promoting an understanding of the nature of science, reflecting epistemological and conceptual aspects fundamental to scientific practice.

KEYWORDS: Chemistry education. High school. Toulmin.

El fomento de la argumentación científica en las clases de química en Educación Básica: competencias y temas de actualidad

*Lílian Moreira dos SANTOS
Solange Wagner LOCATELLI*

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue comprender cómo se ha consolidado el desarrollo de habilidades argumentativas en las clases de Química en la Educación Básica. Para ello, se realizó una revisión de la literatura con 24 artículos de revistas sobre Enseñanza de la Química —*Chemistry Education Research and Practice*, *Educación Química* y *Química Nova na Escola*— considerando un período de 10 años. Los resultados revelaron una diversidad de contextos en los que se trabaja la argumentación en distintos países, destacando aquellos en los que su desarrollo se mostró prometedor, como en actividades con el uso de cuestiones sociocientíficas, enseñanza basada en la indagación y metodologías para el análisis de los niveles de argumentación científica. El modelo de análisis de argumentos más citado fue el propuesto por Toulmin, seguido por Erduran *et al.* (2004). La argumentación científica fue considerada esencial para promover la comprensión de la naturaleza de la ciencia, reflejando aspectos epistemológicos y conceptuales fundamentales para la práctica científica.

PALABRAS CLAVE: Enseñanza de la Química. Escuela Secundaria. Toulmin.

Introdução

O início do século XXI chegou acompanhado de importantes tensões acerca do futuro da humanidade envolvendo aspectos sociais, políticos, econômicos e ambientais (Delors *et al.*, 2010). Esse cenário nos levou a refletir sobre as necessidades educacionais de uma sociedade que enfrenta desafios socioeconômicos generalizados e graves problemas ambientais (Sá; Paixão, 2016). Tudo isso ocorre sob o impacto do rápido avanço da internet e de tecnologias emergentes (Romaní, 2012). Ao mesmo tempo, assistimos à intensificação da globalização cultural, impulsionada pela circulação de informações e pelo conhecimento em rede (Flores, 2008), em um mundo tensionado por desenvolvimento assimétrico e desigual (Delors *et al.*, 2010).

Diante desse quadro de mudanças complexas e aceleradas, é essencial repensar demandas educacionais, de modo a valorizar o desenvolvimento de posturas analíticas e reflexivas, articuladas à capacidade de identificar e resolver conflitos e problemas contemporâneos (Suñe *et al.*, 2015). Nessa perspectiva, torna-se ainda mais imprescindível uma formação que articule consciência ambiental, apropriação crítica das tecnologias e uso ético da informação. Tais dimensões têm impulsionado debates curriculares nas instituições de ensino, que buscam alinhar seus conteúdos às transformações da sociedade contemporânea.

Santos (2011) ressalta a importância de promover uma formação cidadã que contemple os avanços científicos e tecnológicos, ao mesmo tempo em que reconheça os riscos e as desigualdades desse contexto, de modo a preparar estudantes mais ativos em suas comunidades e engajados em decisões que impactam a sociedade. Nesse sentido, observa-se, nos últimos anos, o surgimento de metodologias educacionais que incentivam, em suas propostas, uma maior participação e criticidade estudantis quanto aos seus processos de ensino e aprendizagem (Selbach *et al.*, 2020). Estas metodologias investem numa articulação mais intensa entre saberes escolares e do cotidiano, de modo que pareça mais evidente a presença e o uso da ciência em prol de temas vinculados ao desenvolvimento social (Segura; Kalhil, 2015), abrindo reflexões que sugerem a necessidade de revisitar o Ensino de Ciências, para que este possa dialogar com os desafios atuais e contribuir para uma aprendizagem mais crítica e significativa.

Em consonância com essa perspectiva, uma possível abordagem didática é o Ensino por Investigação (EI) com vistas à aprendizagem de conceitos científicos (Paz; Locatelli, 2023). Nesta abordagem, os estudantes são imersos em um cenário de investigação no qual são apresentados a problemas e instigados a encontrar soluções, compreendendo as relações causais entre as variáveis

identificadas ao observarem determinados fenômenos (Sasseron, 2015). Segundo Carvalho (2013), esta articulação permite que os alunos estruturem seu pensamento e desenvolvam competências linguísticas. Além disso, complementa Locatelli (2021), é oferecida uma oportunidade de abordar aspectos investigativos da ciência.

No ensino por investigação, competências linguísticas se desenvolvem por meio da linguagem e argumentação; estas, assumem papel central na construção do conhecimento científico, à medida que estudantes são incentivados a formular hipóteses (Santos; Locatelli, 2025), resolver problemas e buscar explicações para fenômenos por meio do raciocínio (Sasseron, 2015). Esse processo envolve práticas discursivas como a comparação, a análise, a avaliação de ideias e a interação com colegas, promovendo o desenvolvimento de modelos explicativos e a revisão conceitual (Trivelato; Tonidandel; 2015). Além disso, a valorização de erros, imprecisões e hipóteses baseadas em conhecimentos prévios revela o caráter formativo da argumentação, tornando a linguagem não apenas um meio de expressão, mas também conteúdo a ser aprendido e uma ferramenta fundamental para a construção de sentidos no contexto científico (Sasseron, 2015).

Em sala de aula, o desenvolvimento de argumentação favorece a compreensão de aspectos dinâmicos relacionados à evolução de conceitos científicos, estabelecendo conexões que promovem processos cognitivos à medida que os estudantes precisam expor suas opiniões, utilizando evidências, realizando avaliações, mantendo (ou não) seu posicionamento inicial ou buscando alternativas para explicar a situação que lhes foi exposta (Bianchini, 2011). Dessa maneira, a argumentação pode ser interpretada como uma atividade de caráter social, pois exige dos indivíduos inseridos em uma abordagem investigativa o estabelecimento de um posicionamento crítico que os coloca no patamar da razão (Capecchi; Carvalho, 2000).

Segundo Leitão e Damianovic (2011), ainda que promissora no âmbito educacional, a argumentação continua a ser pouco utilizada nas salas de aula. As autoras apontam que, embora professores reconheçam a importância da argumentação, muitos enfrentam dificuldades para implementá-la, especialmente quanto à adequação ao nível de ensino, à área do conhecimento e aos momentos apropriados para sua promoção.

Refletindo sobre as dificuldades relacionadas ao planejamento, implementação e desenvolvimento de práticas argumentativas, consideramos relevante investigar de que forma a argumentação científica tem se consolidado na Educação Básica, visando estimular o desenvolvimento de habilidades argumentativas em situações reais de ensino e aprendizagem.

No presente artigo, realizamos uma revisão da literatura com o objetivo de conhecer a conjuntura atual do desenvolvimento de habilidades argumentativas no Ensino Médio, especialmente na área de Química. Essa revisão representa uma etapa fundamental da pesquisa acadêmica, voltada para a identificação da promoção da argumentação científica em sala de aula, destacando os principais pontos de convergência das práticas pedagógicas, além dos referenciais teóricos mais empregados. A seguir, apresenta-se a metodologia desenvolvida para esta revisão.

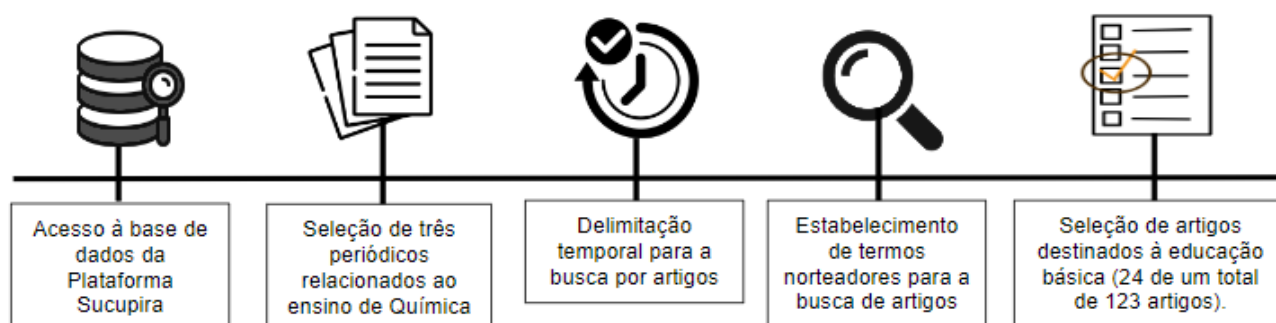
Percurso metodológico

A revisão da literatura foi iniciada a partir do acesso à base de dados da Plataforma Sucupira, utilizando como referência a classificação de periódicos do quadriênio (2017-2020). Por considerarmos importante o estabelecimento de um recorte para a análise, selecionamos a área de conhecimento *Química* nos títulos das revistas científicas e delimitamos os Qualis Capes A1 e A2, para identificar os periódicos com relevância na comunidade do ensino de Química, em específico. Com o intuito de realizar uma investigação que revelasse a situação global de pesquisas em diferentes países, realizamos uma seleção estratégica e identificamos três importantes periódicos, a saber:

- i) *Educación Química (EQ)*: Periódico internacional, Qualis A1 (2017-2020), publicado trimestralmente, visa aproximar professores e pesquisadores de ciências naturais e ensino de Química.
- ii) *Química Nova na Escola (Qnesc)*: Revista brasileira, Qualis A2 (2017-2020), publicada trimestralmente, focada em discussões sobre o trabalho, formação e atualização da comunidade do ensino de Química no Brasil.
- iii) *Chemistry Education Research and Practice (CERP)*: Periódico internacional, Qualis A1 (2017-2020), publicado trimestralmente, dedicado a conectar professores, pesquisadores e profissionais da Química com a sociedade.

Para a inclusão dos artigos na seleção, estabelecemos como limite temporal os anos de 2013 a 2023. Além disso, refinamos as buscas definindo termos norteadores que pudessem revelar os artigos que continham a argumentação em seu corpo textual. Para tal, utilizamos no campo de busca dos sítios eletrônicos dos periódicos os seguintes termos norteadores: “argumentação”, “argumentativo”, “argumentativa”, “argumentation”, “argumentación” e “discutidor”. Neste estágio, consideramos a presença dos termos em qualquer ponto do texto (título, resumo, palavras-chave e corpus textual). A Figura 1 apresenta, de forma resumida, o método empregado para realizar a seleção dos artigos para este estudo.

Figura 1 - Representação esquemática da metodologia empregada para a seleção de artigos.



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Importante informar que optamos por utilizar um termo de busca mais abrangente, acreditando ser possível detectar uma maior variedade de metodologias e estratégias pedagógicas. Seguindo este critério, foi possível encontrar 123 artigos, conforme pode ser observado na Figura 1.

A primeira ação sistemática foi realizar leituras dos títulos e resumos para identificar o contexto educacional de cada trabalho, bem como conhecer a extensão com a qual a argumentação havia sido abordada, separando-os por periódicos. No Quadro 1, apresentamos informações gerais dos artigos selecionados após esta ação.

Quadro 1- Informações gerais sobre os artigos pré-selecionados.

Contexto educacional	Descrição das características dos artigos para agrupamento	Número de artigos por periódicos			Número total de artigos
		Educación Química	Qnesc	CERP	
Educação superior	Artigos com pesquisas voltadas para o nível superior.	8	8	35	51
Educação Básica	Artigos com pesquisas voltadas para o nível básico (fundamental e médio).	17	7	19	43
Formação docente	Artigos com pesquisas voltadas para a formação de professores.	8	1	8	17
Outros	Artigos que abordam pesquisa em livros didáticos, aspectos filosóficos e epistemológicos da argumentação, revisão bibliográfica, cursos técnicos e disciplinas eletivas.	9	0	3	12

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

A sistematização de informações permitiu identificar que do total de 123 artigos, 43 relacionavam-se com a Educação Básica, nosso foco central para análise. Com isso, mantivemos apenas estes artigos em nosso campo de análise para a realização de leituras mais abrangentes que nos permitissem perceber a dimensão com a qual a argumentação científica havia sido abordada. Na sequência, realizamos uma nova etapa de seleção, na qual 21 artigos foram removidos por não abordarem a argumentação de forma direta. Sendo assim, para a etapa de revisão da literatura mantivemos 24 artigos, cujo escopo principal era a promoção da argumentação científica.

A análise qualitativa dos artigos seguiu a metodologia de Bardin (2011), o que incluiu a realização de pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, com posterior inferência e interpretação dos dados.

Resultados e discussão

Os resultados e discussões acerca da revisão da literatura serão apresentados nos próximos tópicos do presente artigo. Inicialmente, apresentamos no Quadro 2 as informações gerais dos 24 artigos selecionados para a revisão da literatura.

Quadro 2 - Informações gerais dos artigos selecionados.

Artigo	Periódico	Título e autores	País
A1	CERP	Improving students' argumentation skills through a product life-cycle analysis project in chemistry education (Juntunen; Aksela, 2014)	Finlândia
A2	CERP	Improving students' chemical literacy levels on thermochemical and thermodynamics concepts through a context-based approach (Cigdemoglu; Geban, 2015)	Turquia
A3	CERP	Learning with and about advertising in chemistry education with a lesson plan on natural cosmetics – a case study (Belova; Eilks, 2015)	Alemanha
A4	CERP	Investigating students' engagement in epistemic and narrative practices of chemistry in the context of a story on gas behavior (Pabuccu; Erduran, 2016)	*Europa
A5	CERP	The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid–base concepts and argumentation skills (Karpudewan; Roth; Sinniah, 2016)	Malásia
A6	CERP	Disciplinary literacy instructions on writing scientific explanations: a case study from a chemistry classroom in an all-girls school (Putra; Tang, 2016)	Singapura
A7	CERP	Research on evaluation of Chinese students' competence in written scientific argumentation in the context of chemistry (Deng; Wang, 2017)	China
A8	Educación Química	Argumentación y criterios epistémicos: Investigación de las razones de los aprendices como razonamientos (Duschl; Ellenbogen, 2018)	USA
A9	CERP	Epistemic games in substance characterization (Sevian; Couture, 2018)	EUA
A10	Educación Química	Determinação de níveis de letramento científico a partir da resolução de casos investigativos envolvendo questões sociocientíficas (Lima; Weber, 2019)	Brasil

A11	CERP	The influence of the explicit nature of science instruction embedded in the Argument-Driven Inquiry method in chemistry laboratories on high school students' conceptions about the nature of science (Eymur, 2019)	Turquia
A12	Educación Química	Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato (Montaño Hilario; Padilla Martínez, 2020)	México
A13	Qnesc	Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica (Oliveira; Cruz; Silva, 2020)	Brasil
A14	CERP	Exploring the impact of the reasoning flow scaffold (RFS) on students' scientific argumentation: based on the structure of observed learning outcomes (SOLO) taxonomy (LUO <i>et al.</i> , 2020)	China
A15	CERP	Pre-university students' perceptions about the life cycle of bioplastics and fossil-based plastics (De Waard; Prins; Van Joolingen, 2020)	Holanda
A16	CERP	Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical (Van Brederode; Zoon; Meeter, 2020)	Holanda
A17	Qnesc	Contribuições de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação para a inserção de estudantes na prática científica de argumentar (Ibraim; Justi, 2021)	Brasil
A18	Qnesc	Questão sociocientífica e emergência da argumentação no ensino de Química (Batinga; Barbosa, 2021)	Brasil
A19	Qnesc	Interações Argumentativas no Ensino de Química a partir de um texto histórico (Ramos; Mendonça; Mozzer, 2021)	Brasil
A20	Qnesc	Investigação Orientada por Argumentos no Ensino de Química de Nível Médio: uma proposta em cinética (Barbosa; Souza, 2021)	Brasil
A21	Qnesc	Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeletrônica em Sergipe (Oliveira; Cruz; Silva, 2021)	Brasil
A22	Qnesc	Utilização do Modelo de Debate Crítico como Estratégia Didática para a Construção do Conhecimento Químico na Perspectiva de uma Aprendizagem Significativa Crítica (Aquino; Queiroz; Aquino, 2021)	Brasil
A23	Educación Química	La argumentación y cambio químico en el aula multigrado (Villegas Monsalve; Ocampo Serna; Ruiz Ortega, 2022)	Colômbia
A24	Educación Química	Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base (Carrasco Monroy; Orellana Barahona; Quintanilla-Gatica, 2022)	Chile

O termo “*Europa” aparece na coluna de País em virtude dos pesquisadores não terem especificado o país europeu no qual a pesquisa foi conduzida.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Para conhecer o panorama de como as práticas argumentativas têm sido consolidadas em diferentes cenários educacionais, estabelecemos categorias utilizadas como parâmetros de análise dos artigos selecionados. São elas:

- (1) Concentrações dos artigos por periódicos e ano de publicação;
- (2) A origem geográfica das pesquisas realizadas;
- (3) Contextos epistêmicos para a promoção de argumentação em salas de aula;
- (4) Panorama sobre o nível da argumentação desenvolvida em salas de aula.

A seguir, apresentaremos os principais achados com base nos parâmetros de análise estabelecidos, buscando sentidos que contribuam para a compreensão das múltiplas dimensões envolvidas no desenvolvimento da argumentação em sala de aula.

Concentrações dos artigos por periódicos e ano de publicação

A revisão da literatura revelou o panorama da concentração de artigos por periódicos e anos de publicação. O Quadro 3 expõe os resultados para o período compreendido entre 2013 e 2023.

Quadro 3 – Panorama da concentração de artigos selecionados por periódicos e anos de publicação.

Ano	CERP 12 artigos	Educación Química 5 artigos	Qnesc 7 artigos
2014	A1	-	-
2015	A2, A3	-	-
2016	A4, A5, A6	-	-
2017	A7	-	-
2018	A9	A8	-
2019	A11	A10	-
2020	A14, A15, A16	A12	A13
2021	-	-	A17, A18, A19, A20, A21, A22
2022	-	A23, A24	-

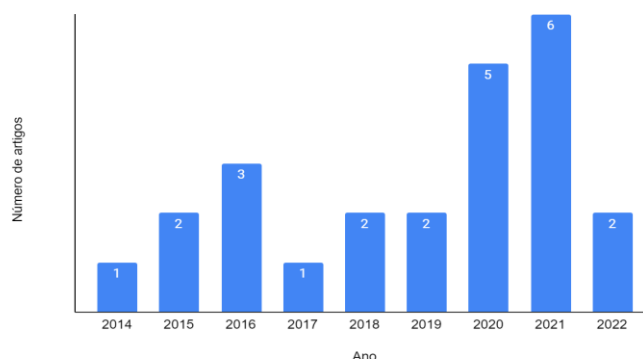
Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

A seleção dos artigos revelou uma maior concentração de trabalhos vinculados à argumentação científica no periódico CERP, totalizando metade dos artigos selecionados. Algo importante a ser ressaltado é que neste periódico, os artigos foram publicados sem uma concentração específica em determinados períodos — o que contrasta, por exemplo, com o que se observa no periódico Qnesc, onde seis dos sete artigos selecionados foram publicados em 2021.

A predominância de publicações da Qnesc em 2021 está relacionada ao lançamento do volume 43 desta revista, publicado em 1º de fevereiro daquele ano, que foi dedicado às práticas argumentativas em todos os níveis educacionais. Essa edição especial teve como objetivo estimular ações que promovessem o debate na área e divulgar pesquisas brasileiras sobre o tema.

A Figura 2 ilustra a distribuição de artigos nos últimos dez anos.

Figura 2 – Distribuição de artigos por ano (2013-2023).



Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

Ainda que as habilidades argumentativas estejam presentes há algum tempo em documentos oficiais de educação, tanto no Brasil quanto em âmbito internacional (NRC, 1996; NRC, 2000; Brasil, 2018), a análise revelou uma incidência modesta de publicações ao longo dos últimos dez anos, variando entre 2 a 3 por ano. No entanto, é possível perceber aumento no número de publicações nos anos de 2020 e 2021, com uma expressiva diminuição no ano de 2022. É importante trazer à memória a influência que a pandemia por Covid-19 pode ter exercido sobre o desenvolvimento de pesquisas na área, com a priorização de abordagens emergenciais que mostrassem os profundos impactos vivenciados pela educação em diferentes instâncias durante esse período, como, por exemplo, o ensino remoto e a restrição de aulas presenciais (Queiroz *et al.*, 2021).

A origem geográfica das pesquisas realizadas

A argumentação científica é posicionada como uma ferramenta importante para o desenvolvimento da linguagem e o raciocínio lógico, sendo, portanto, vislumbrada em diversos currículos ao redor do mundo. Sendo assim, optamos por analisar como as pesquisas se distribuíram em termos territoriais. No Quadro 4, apresentamos o número de publicações por origem geográfica.

Quadro 4 – Relação entre a origem das pesquisas desenvolvidas e o número de artigos.

Local de origem	Número de publicações por localidade
Alemanha, Chile, Colômbia, Europa*, Finlândia, Malásia, México, Singapura	1
China, EUA, Holanda, Turquia	2
Brasil	8

* Como citado anteriormente, o termo Europa aparece ao lado dos nomes dos demais países em virtude dos pesquisadores não terem especificado o país europeu no qual a pesquisa foi conduzida.

Fonte: Elaborado pelas autoras, 2025.

A promoção da argumentação científica em aulas de Química na Educação Básica:
habilidades e temas atuais

Das 13 localidades identificadas, o Brasil foi o país que apresentou o maior percentual de publicações, com 8 artigos no total. Esse destaque está relacionado com o periódico QNESC, vinculado à Sociedade Brasileira de Química, cuja iniciativa editorial focada na argumentação científica impactou a produção científica acerca do tema, no recorte temporal analisado.

A análise dos aspectos relacionados às pesquisas e seus locais de origem revelou influências culturais, ambientais, econômicas e necessidades educacionais. Por exemplo, em A23, os pesquisadores utilizaram a produção da chicha (bebida tradicional da Colômbia) para trabalhar os conceitos de fermentação alcoólica e acética, relacionando-os com o desenvolvimento de habilidades argumentativas em estudantes colombianos.

Em A21, foi desenvolvida uma pesquisa relacionando habilidades da argumentação com o debate sobre a implementação de uma termoelétrica em Sergipe, situação real utilizada para gerar debates acerca de impactos sociais, econômicos e ambientais com estudantes sergipanos. Nos artigos A7 e A14, pesquisadores chineses demonstraram atenção em relação às habilidades argumentativas na educação científica, considerando a forte tradição da China em concentrar-se no conhecimento científico sob uma perspectiva curricular, o que evidencia movimento em direção à ampliação das práticas argumentativas no país.

Concomitante ao levantamento bibliográfico, importantes desafios que envolviam a tomada de decisões quanto ao que seria analisado, foram surgindo. Afinal, artigos são objetos de análise complexa que exigem codificação. Segundo Bardin (2011), codificar envolve transformar dados considerados brutos do texto de modo que consigamos atingir uma representação do conteúdo, que pode ser feita por recorte e agregação. Com base nesse entendimento, organizamos os nossos dados com o intuito de conhecer, de forma mais abrangente, quais seriam os contextos epistêmicos — isto é, mapear as condições em que as práticas argumentativas foram construídas, validadas, comunicadas, transformadas ou atuaram como promotoras de conhecimento — em salas de aula. A seguir, apresentamos uma análise mais detalhada dessa etapa.

Contextos epistêmicos para a promoção de argumentação em salas de aula

A análise da natureza dos contextos com os quais os autores investigaram a consolidação de habilidades argumentativas revelaram os seguintes cenários:

a) Promoção de argumentação em abordagens contextualizadas ou com uso de questões sociocientíficas: Pesquisas indicam que o ensino apoiado por questões sociocientíficas (Sadler, 2004)

e por abordagens que considerem a realidade dos estudantes (Whitelegg; Parry, 1999) revela potencial no desenvolvimento de habilidades argumentativas. Em nossa análise, detectamos que os artigos A2, A4, A15, A18, A21, A22 e A24 promoveram a argumentação científica considerando a realidade dos estudantes ou debatendo questões sociocientíficas. Por exemplo, no A18, discutiu-se a suplementação alimentar, enquanto no A22, pesquisadores brasileiros debateram o uso de conservantes em alimentos. Tais abordagens possuem potencial de provocar conflitos cognitivos a partir da introdução de questões controversas que, articuladas a conceitos e intencionalidades pedagógicas, favorecem a criação de ambientes propícios à reflexão crítica sobre aspectos científicos, políticos, sociais, econômicos e ambientais presentes no cotidiano dos estudantes.

b) Promoção de argumentação por meio de metodologias ativas: Em nossa pesquisa, identificamos um elevado número de pesquisas (A1, A2, A3, A8, A9, A10, A11, A13, A14, A17, A20, A22) que desenvolveram a argumentação científica inseridas em metodologias consideradas ativas, nas quais os estudantes assumiram o papel protagonista da própria aprendizagem, atuando de maneira mais crítica, colaborativa e autônoma. Por exemplo, em A3, investigou-se a promoção de habilidades argumentativas empregando a metodologia do “*Estudo de Caso*” como forma de aproximar os estudantes de conceitos relacionados à área de cosméticos. Já no artigo A13, a argumentação foi desenvolvida em uma “*Sequência de Ensino Investigativo (SEI)*”, na qual os estudantes foram inseridos em investigações, realizaram perguntas e reflexões que promoviam o pensamento crítico, a criatividade e a resolução de problemas. Em A1, por exemplo, o “*Método Life-Cycle Analysis (LCA)*” foi usado para estimular a argumentação em estudantes submetidos a uma atividade na qual avaliaram o impacto ambiental gerado por plásticos. Na Educação Básica, esse *Método LCA* possibilita inserir estudantes em processos de avaliação de impactos ambientais associados a todas as etapas da vida de um produto, desde a extração de matéria-prima até o seu descarte final.

c) Promoção de argumentação por meio de abordagens com atividades experimentais: Neste grupo, reunimos artigos que integraram atividades experimentais ao desenvolvimento de habilidades argumentativas. Detectamos os artigos A5, A16, A20 como aqueles nos quais os pesquisadores optaram por estimular a argumentação associada à coleta de dados e discussão de resultados por meio de experimentos científicos. Observamos que, no artigo A5, o desenvolvimento da argumentação foi articulado à temática da Química Verde, mediante uma atividade experimental realizada em laboratório. O estudo mostrou que os alunos melhoraram o nível de argumentação ao se envolverem em práticas experimentais, discutindo dados e evidências colaborativamente. Em A20, pesquisadores investigaram como estudantes compreendiam o conceito de velocidade de reação com uma atividade

A promoção da argumentação científica em aulas de Química na Educação Básica:
habilidades e temas atuais

experimental envolvendo temperatura e superfície de contato. Os resultados mostraram que, ao exercitarem a argumentação, os estudantes aprimoraram seus discursos científicos e se aproximaram da linguagem científica, ampliando sua capacidade de expressão e análise.

d) Promoção de argumentação em abordagens relacionadas à alfabetização científica: Em algumas pesquisas, a argumentação fez parte da realidade na qual os pesquisadores investigaram como estimular a educação científica de crianças e jovens a partir de intervenções críticas na sociedade. Os artigos A2, A3, A6 e A10 exploraram o desenvolvimento de argumentação como uma etapa fundamental do processo de alfabetização científica de um indivíduo. Neste tipo de abordagem, os autores comungaram a ideia de que um indivíduo é considerado cientificamente letrado quando, uma vez despertada a curiosidade, ele seja capaz de observar, classificar e discutir o problema que lhe fora apresentado. Para tal, ele aplica conhecimentos científicos e relata, empregando linguagem científica, uma solução ou explicação para o fenômeno observado, debatendo ideias prós e contrárias às suas, sendo capaz de julgar os resultados, que podem ser confrontados ou validados por uma literatura científica específica, habilidades consideradas argumentativas.

e) Promoção de argumentação para a aprendizagem de conceitos químicos: Durante a análise, foi possível perceber a motivação de alguns pesquisadores (A2, A4, A5, A9, A19, A20, A23, 24), em potencializar a aprendizagem de conceitos químicos a partir da argumentação científica. De forma resumida, os pesquisadores pareceram convergir para a concepção de que o desenvolvimento da argumentação ajuda a estimular o pensamento crítico, conectando teoria e prática e aprimorando a comunicação científica, à medida que promove a reflexão e o autoquestionamento, fortalecendo a compreensão dos conceitos. Identificamos a presença de alguns conceitos químicos nos estudos analisados, tais como gases (A4 e A19); água, dissoluções, misturas, métodos de separação e estados físicos da matéria (A12); transformações químicas (A23); termodinâmica e termoquímica (A2); e, ácidos e bases (A5 e A24). Além disso, o ensino de Química apareceu fortemente relacionado a temáticas centrais como sustentabilidade, energia, economia, saúde e comportamento. Por exemplo, em A3, investigou-se a "química dos cosméticos" e sua aprendizagem influenciada por recursos midiáticos e publicidade, enquanto em A5, discutiu-se sustentabilidade através do ciclo de vida dos plásticos.

Panorama sobre o nível da argumentação desenvolvida em salas de aula

Ao investigar cada artigo, examinamos as diferentes formas com as quais os pesquisadores desenvolveram habilidades argumentativas em sala de aula. Encontramos uma variedade de dimensões da argumentação que nos orientaram para uma análise mais profunda, que compreendeu a sistematização de informações. As análises foram realizadas a partir dos seguintes pilares:

- i) as dimensões da argumentação científica nas pesquisas analisadas;*
- ii) os principais referenciais teóricos citados pelos autores em suas pesquisas;*
- iii) as principais ferramentas metodológicas empregadas para a análise da argumentação.*

Consideramos que essa segmentação contribui para a delimitação precisa das práticas argumentativas, ao evidenciar e descrever seus contornos, o que possibilita uma melhor compreensão das características e aplicações dos processos argumentativos desenvolvidos em diferentes contextos educacionais, a partir de uma visão epistêmica da argumentação científica, reconhecida como uma dimensão essencial no processo de construção do conhecimento (Jiménez-Aleixandre; Brocos, 2015).

● As dimensões da argumentação científica nas pesquisas analisadas

Os artigos analisados indicaram que a argumentação desempenhou um papel relevante na formação educacional dos estudantes, destacando-se como um componente essencial de natureza epistêmica, inerente aos processos investigativos, e aplicada em instâncias heterogêneas das práticas científicas (Oliveira *et al.*, 2020).

Sua versatilidade foi evidenciada ao ser mobilizada em múltiplas dimensões do processo educativo, manifestando-se tanto na forma escrita quanto na oral, frequentemente impulsionada por debates (A1 e A22) e discussões em sala de aula que envolviam a contação de histórias (A4), visando à detecção de elementos estruturais da argumentação, seja em textos lidos ou nas falas produzidas pelos estudantes. Ademais, como forma complementar a essas estratégias, em A19, o uso de textos históricos e fragmentos de respostas individuais dos alunos mostrou-se uma estratégia valiosa para identificar e avaliar habilidades argumentativas, oferecendo contribuições relevantes para o processo educacional.

● Os principais referenciais teóricos citados pelos autores em suas pesquisas

A análise dos referenciais teóricos evidenciou a recorrência de autores como Erduran *et al.* (2004); Toulmin (1958, 1977, 1979, 2003, 2006); Jiménez-Aleixandre e Erduran (2007, 2014); Duschl e Osborne (2002), Duschl (2008) e Kuhn (1989), que se destacaram como fundamentos nas discussões sobre argumentação científica conduzidas nos artigos. Suas obras refletem a diversidade

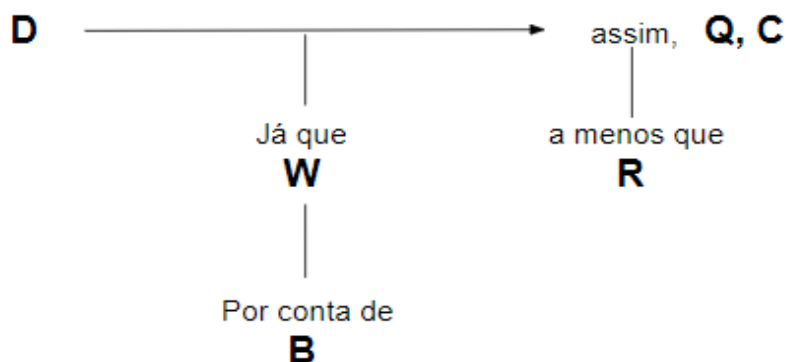
A promoção da argumentação científica em aulas de Química na Educação Básica: habilidades e temas atuais

de perspectivas teóricas que orientam o campo e contribuem significativamente para seu desenvolvimento. Toulmin foi o referencial teórico mais frequente, tendo sido empregado em 10 dos 24 artigos investigados. Além de Toulmin, também foram citados com maior destaque: Erduran *et al.* (2004) nos artigos A1, A4, A5; Erduran e Jiménez-Aleixandre (2007, 2008, 2014) em artigos como A7 e A8.

- **As principais ferramentas metodológicas empregadas para a análise da argumentação**

Em diversas pesquisas, os autores concentraram seus estudos analíticos no uso do modelo proposto por Stephen Toulmin ou em alguma de suas derivações, como forma de mensurar os níveis ou a qualidade dos argumentos elaborados pelos estudantes. Toulmin (1922–2009), filósofo reconhecido por suas contribuições à lógica, à argumentação e à filosofia da ciência, desenvolveu uma ferramenta analítica amplamente utilizada para avaliar o grau de comunicação argumentativa em interações discursivas. Seu modelo oferece subsídios para a identificação e compreensão dos elementos estruturais considerados essenciais à construção de um argumento. O modelo de argumento proposto por Toulmin conhecido como TAP (*Toulmin Argument Pattern*), é exposto na Figura 4.

Figura 4 - Esquema de *layout* de argumento proposto por Toulmin (2001).



Fonte: Esquema de padrão de argumento proposto por Toulmin (p. 150, 2001).

De forma simplificada, segundo Toulmin (2001), para que um texto seja considerado um argumento, ele deve apresentar dado (D), conclusão (C), garantia (W), apoio (B), qualificador (Q) e refutador (R) — elementos considerados essenciais e que constituem sua base, auxiliando no processo de compreensão, avaliação e validação de uma afirmação como argumento.

Muito embora o modelo de Toulmin tenha sido o mais lembrado nas pesquisas investigadas, esse modelo é criticado por alguns autores em virtude da ambiguidade, às supostas limitações na

análise crítica e à ênfase considerada excessiva na lógica formal, em detrimento de outros aspectos da argumentação. Em nossa investigação, o modelo mostrou-se aplicável em diversos contextos. No entanto, percebemos que alguns autores o aplicaram de forma complementar, associando-o a outras abordagens para conferir uma compreensão mais ampla do que representaria uma comunicação argumentativa em sala de aula.

Alguns pesquisadores, portanto, optaram por concentrar suas investigações analíticas em modelos adaptados a partir da proposta de Toulmin, com o objetivo de mensurar os níveis ou a qualidade dos argumentos. Um exemplo pode ser observado no estudo *A15*, no qual os pesquisadores aprimoraram o padrão de Toulmin para avaliar argumentos produzidos por alunos diante da questão: “Qual plástico você acha que é mais sustentável?”. Essa decisão foi motivada pela identificação de dificuldades no uso dos elementos estruturantes durante a construção dos argumentos científicos. O Quadro 5 apresenta a síntese elaborada pelos pesquisadores e utilizada como parâmetro para a análise dos argumentos.

Quadro 5 – Versão adaptada do modelo de argumentação de Toulmin (2003).

Dados empíricos	Experiências pessoais. Conhecimento geralmente aceito.
Aval e garantia	Vínculo entre os dados e a reclamação. Lógica para convencer que a afirmação é verdadeira. Referindo-se a uma autoridade (ciência, política, mídia).
Qualificador e refutação	Condições sob as quais a alegação é válida. Visão/declaração crítica contra a reivindicação. Declarações de dúvida contra a alegação fornecida.
Informações ausentes	Informações/dados que os alunos indicam que faltam para uma resposta bem fundamentada. Perguntas para as quais eles podem precisar de conhecimento a fim de fornecer mais dados, garantias e suposições.

Fonte: Waard, Prins e Van Joolingen (2020, p.11, tradução nossa).

Destacando a organização do discurso conforme interpretado pelo Padrão de Argumento de Toulmin (TAP), e considerando suas limitações estruturais e ambiguidades nos termos que o compõem, algumas pesquisas (*A5* e *A24*, por exemplo), optaram por utilizar um modelo argumentação proposto por Erduran *et al.* (2004), que descreve cinco níveis de argumentação capazes de revelar a qualidade de argumentos desenvolvidos por estudantes, exposto no Quadro 6.

Quadro 6 – Estrutura analítica usada para avaliar a qualidade da argumentação.

Níveis	Descrição
Nível 1	Argumentos que são uma <i>afirmação simples</i> versus uma <i>contra reivindicação</i> ou uma <i>reivindicação</i> versus uma <i>reivindicação</i> .
Nível 2	Argumentos consistem em uma <i>afirmação</i> versus uma <i>afirmação</i> com dados, garantias ou respaldos. No entanto, não possuem nenhuma refutação.
Nível 3	Argumentos possuem <i>reivindicações</i> ou <i>contra reivindicações</i> com dados, garantias ou apoios com uma refutação considerada frágil e ocasional.
Nível 4	Argumentos com uma afirmação com uma refutação claramente identificável. Nesse nível, o argumento pode apresentar várias <i>reivindicações</i> ou <i>contra reivindicações</i> .
Nível 5	Argumentos estendidos com mais de uma refutação.

Fonte: Erduran *et al.* (2004, p. 928, tradução nossa).

Em A5, os pesquisadores aplicaram um teste de habilidades argumentativas, no qual estudantes do Ensino Médio respondiam por escrito a duas questões sobre ácidos e bases. Com base nas respostas, eles desenvolveram e refinaram um método para analisar a qualidade da argumentação, focando na presença e na natureza das refutações expressas. A avaliação da argumentação foi realizada a partir do esquema de níveis apresentado no Quadro 6.

Um estudo adicional que aplicou o modelo de Toulmin adaptado por Erduran *et al.* (2004) foi descrito no artigo A24. No entanto, os pesquisadores utilizaram um quadro desenvolvido por Tamayo (2011) para classificar as respostas dos estudantes em cinco níveis diferentes. Tamayo distribuiu esses níveis argumentativos alinhando as contribuições de Toulmin às categorias criadas por Erduran *et al.* (2004), conforme apresentado no Quadro 7.

Quadro 7 – Níveis de argumentação segundo Tamayo (2011).

Níveis de Argumentação	
1	Compreende os argumentos que são uma descrição da experiência.
2	Inclui argumentos em que se identificam claramente os dados (dados) e uma conclusão.
3	Compreende argumentos com os quais se identificam com clareza os dados e justificativas.
4	Inclui argumentos compostos por dados, conclusões e justificativas com emprego de qualificadores ou suporte teórico.
5	Inclui argumentos que identificam dados, conclusão(ões), justificativa(s), apoio(s) e contra-argumento(s).

Fonte: Carrasco *et al.* (2022, p. 56, tradução nossa).

Uma pesquisa (A11) em especial, apresentou uma forma bem distinta de avaliar a qualidade dos argumentos expressos pelos alunos. Nela, os pesquisadores avaliaram o nível de argumentação científica utilizando um quadro de 8 etapas do modelo conhecido como *método ADI (Argument-Driven Inquiry)*, relacionado à natureza da ciência, conforme apresentado no Quadro 8.

Quadro 8 – As etapas do modelo instrucional ADI e o objetivo de cada etapa.

Níveis	Descrição
Identificação da tarefa e da questão de pesquisa	Atrair a atenção dos alunos. Ativar o conhecimento prévio dos alunos.
Desenvolvimento um método, coleta e análise de dados	Dar aos alunos a chance de projetar e conduzir uma investigação. Fornecer uma oportunidade para os alunos decidirem que tipo de dados eles precisam e como eles podem ser coletados.
Geração de um argumento provisório	Dar aos alunos a oportunidade de desenvolver um argumento provisório que inclua uma afirmação, evidência, e a justificação da evidência.
Sessão de argumentação	Oferecer aos alunos a oportunidade de discutir e compartilhar suas ideias. Fornecer aos alunos a chance de obter feedback sobre seus argumentos.
Discussão aberta e reflexiva	Oferecer aos alunos a oportunidade de difundir o conhecimento e as experiências que eles ganharam compartilhando com seus amigos em outros grupos.
Escrita de um relatório de investigação	Dar aos alunos a oportunidade de aprender como elaborar um argumento escrito. Promover a revisão por pares. Possibilitar aos alunos a chance de entender um relatório de investigação de alta qualidade; Oferecer uma oportunidade para os alunos obterem feedback de seus colegas.
Revisão dos relatórios de investigação	Fazer com que os alunos revisem e melhorem sua redação.

Fonte: Eymur (2019, p.02, tradução nossa).

Os autores optaram pelo método ADI com o intuito de se aproximarem do construtivismo social. Eles defendem que esse tipo de abordagem envolve uma construção pessoal do conhecimento e da compreensão, enquanto o aspecto social está relacionado às interações educativas e interpessoais. A argumentação foi abordada em seu trabalho sob a perspectiva de que pesquisas acadêmicas têm demonstrado o potencial do método ADI no desenvolvimento da alfabetização científica em disciplinas das ciências da natureza (Walker *et al.*, 2012; Strimaitis *et al.*, 2017), além de potencializar a compreensão conceitual de estudantes (Çetin; Eymur, 2017; Çetin *et al.*, 2018).

Considerações finais

Ao realizar a presente revisão da literatura, com o objetivo de compreender como a argumentação científica tem se consolidado na Educação Básica, foram identificados aspectos significativos. A análise dos periódicos *Chemistry Education Research and Practice*, *Educación Química* e *Química Nova na Escola* permitiu traçar um panorama da produção acadêmica em diferentes regiões do mundo.

Para mapear o desenvolvimento de habilidades argumentativas no Ensino Médio, com ênfase na área de Química, foi feita uma busca abrangendo o período de 2013 a 2023. Ao todo, localizaram-se 24 estudos distribuídos em 13 países, com destaque para o Brasil, responsável pela maioria das publicações no intervalo considerado.

Com relação às condições nas quais práticas argumentativas se consolidaram em espaços formativos, foi notória a pluralidade de abordagens contextualizadas em esferas sociocientíficas distintas. As pesquisas mostraram a importância da argumentação científica em ambientes educacionais, explorando sua estrutura e desenvolvimento para entender melhor essas dinâmicas.

Como evidenciado em nossas análises, o ensino apoiado por questões sociocientíficas e abordagens contextualizadas mostrou-se um caminho promissor para o desenvolvimento de habilidades argumentativas, uma vez que temas relevantes para os estudantes tendem a gerar conflitos cognitivos e a estimular a reflexão sobre aspectos científicos, políticos, sociais, econômicos e ambientais. Também se observou que fatores culturais influenciam a escolha dos cenários de investigação, buscando aproximar os alunos de situações do cotidiano e favorecer discussões contextualizadas sobre diferentes dimensões da realidade.

Metodologias ativas como o Estudo de Caso, Sequência de Ensino Investigativo (SEI) e o método Life-Cycle Analysis (LCA), foram algumas das metodologias ativas percebidas em nossos estudos como estratégias para o desenvolvimento da argumentação científica, promovendo espaços de protagonismo estudantil.

Um aspecto interessante foi a realização de atividades experimentais associadas ao desenvolvimento de habilidades argumentativas. De forma geral, as pesquisas indicaram que ações próprias do fazer científico como a coleta de dados e a discussão de resultados promoveram melhorias nos discursos científicos dos alunos e aproximação com a linguagem científica.

Além das práticas experimentais, algumas pesquisas avaliaram o nível de alfabetização científica a partir da qualidade da argumentação manifestada por estudantes. Estas pesquisas

apontaram que indivíduos considerados cientificamente letrados são capazes de observar, classificar, discutir problemas e aplicar conhecimentos científicos para construir explicações e defender soluções.

A argumentação científica mostrou-se relevante na potencialização da aprendizagem de conceitos químicos, conforme estudos que abordaram temas como gases, dissoluções, estados de agregação da matéria, transformações químicas, termodinâmica, ácidos e bases. Para além disso, o ensino de Química foi relacionado a temas centrais como sustentabilidade, energia, economia, saúde e comportamento, exemplificado por investigações sobre a química dos cosméticos e a sustentabilidade do ciclo de vida dos plásticos.

As múltiplas dimensões da argumentação científica foram evidenciadas a partir de seu desenvolvimento em diferentes contextos, como debates, contação de histórias, uso de textos históricos e experimentos científicos, seja por meio da escrita ou da oralidade. Os principais referenciais teóricos citados nas pesquisas incluem autores como Toulmin, Erduran, Jiménez-Aleixandre, Duschl e Kuhn, sendo Toulmin o mais referido, o que evidencia a influência de seu modelo na análise de argumentos. No entanto, foram apontadas críticas ao modelo de Toulmin, destacando suas limitações na aplicabilidade crítica e a ênfase excessiva na lógica formal.

Diversas ferramentas metodológicas foram utilizadas para analisar a qualidade da argumentação, com o modelo de Toulmin amplamente empregado e adaptado. Além disso, pesquisadores desenvolveram esquemas analíticos para avaliar níveis de argumentação, como os quadros de Erduran *et al.* (2004) e Tamayo (2011), que auxiliam na mensuração da qualidade dos argumentos produzidos pelos estudantes.

Esta revisão destacou a importância da argumentação científica no ensino de Química na Educação Básica, evidenciando que abordagens diversificadas e contextualizadas, aliadas a metodologias ativas e práticas experimentais, contribuem significativamente para o desenvolvimento das habilidades argumentativas e da alfabetização científica dos estudantes. Apesar da influência consolidada do modelo de Toulmin, as adaptações e críticas indicam a necessidade de instrumentos mais flexíveis para análise da argumentação. Assim, reforça-se a relevância de práticas pedagógicas que promovam o protagonismo estudantil e a reflexão crítica, orientando futuras pesquisas e intervenções educativas.

Referências

AQUINO, Kátia Aparecida da Silva; QUEIROZ, Géssica Karla de; AQUINO, Fabiana da Silva. Utilização do modelo de debate crítico como estratégia didática para a construção do conhecimento

químico na perspectiva de uma aprendizagem significativa crítica. **Química Nova Escola**, v. 43, n. 1, p. 119-128, 2021.

BARBOSA, Soledad Mureb; SOUZA, Nilcimar dos Santos. Investigação Orientada por Argumentos no Ensino de Química de Nível Médio: uma proposta em cinética. **Química Nova Escola**, v. 43, n. 1, p. 74-85, 2021.

BARDIN, Laurence. **Análise do conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2011. 229 p.

BATINGA, Verônica Tavares Santos; BARBOSA, Thiara Vanessa da Silva. Questão sociocientífica e emergência da argumentação no Ensino de Química. **Química Nova Escola**, v. 43, n. 1, p. 29-37, 2021.

BELOVA, Nadja; EILKS, Ingo. Learning with and about advertising in chemistry education with a lesson plan on natural cosmetics—a case study. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 16, n. 3, p. 578-588, 2015.

BIANCHINI, Thiago Bufeli. **O ensino por investigação abrindo espaços para a argumentação de alunos e professores do Ensino Médio**. 2011. 144 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2011.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular (BNCC)**. Educação é a Base. Brasília, MEC/ CONSED/UNDIME, 2017. Disponível em: http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518-versaofinal_site.pdf. Acesso em: 10 de jan. de 2023.

CAPECCHI, Maria Cândida Varone de Moraes; CARVALHO, Anna Maria Pessoa de; SILVA, Dirceu da. Relações entre o discurso do professor e a argumentação dos alunos em uma aula de física. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 2, p. 152-166, 2000.

CARRASCO MONRROY, Patricio Andrés; ORELLANA BARAHONA, Natalia Javiera; QUINTANILLA-GATICA, Mario Roberto. Argumentación y aprendizaje de la Teoría Ácido-Base. **Educación Química**, v. 33, n. 2, p. 50-63, 2022.

CARVALHO, Anna Maria Pessoa de. In: CARVALHO, Anna Maria Pessoa de (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 02-10.

CIGDEMOGLU, Ceyhan.; GEBAN, Omer. Improving students' chemical literacy levels on thermochemical and thermodynamics concepts through a context-based approach. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 16, n. 2, p. 302-317, 2015.

ÇETIN, Pinar Seda; EYMUR, Guluzar.. Developing Students' Scientific Writing and Presentation Skills through Argument Driven Inquiry: An Exploratory Study. **Journal of Chemistry Education**, v.94, n.7, p. 837-843, 2017.

ÇETIN, Pinar Seda; EYMUR, Guluzar; SOUTHERLAND Sherry A.; WALKER, Joi; WHITTINGTON, Kirby. Exploring the effectiveness of engagement in a broad range of

disciplinary practices on learning of Turkish high-school chemistry students. **International Journal Science Education**, v. 40, n. 5, p. 473 – 497, 2018.

DELORS, Jacques et al. Educação: um tesouro a descobrir. **Relatório para a UNESCO da Comissão Internacional sobre Educação para o século XXI**. 2. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2010.

DENG, Yang; WANG, Houxiong. Research on evaluation of Chinese students' competence in written scientific argumentation in the context of chemistry. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 18, n. 1, p. 127-150, 2017.

DUSCHL, Richard; ELLENBOGEN, Kirsten. Argumentación y criterios epistémicos: Investigación de las razones de los aprendices como razonamientos. **Educación Química**, v. 20, n. 2, p. 111-118, 2009.

ERDURAN, Sibel; SIMON, Shirley; OSBORNE, Jonathan. TAPping into argumentation: developments in the application of Toulmin's argument pattern for studying science discourse. **Science education**, v. 88, n. 6, p. 915-933, 2004.

EYMUR, Guluzar. The influence of the explicit nature of science instruction embedded in the argument-driven inquiry method in chemistry laboratories on high school students' conceptions about the nature of science. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 20, n. 1, p. 17-29, 2019.

FLORES, Paula Alves Quadros; ESCOLA, Joaquim José. O futuro hoje: ser professor no Sec. XXI. In: **Actas do Congresso Internacional em Estudos da Criança–Infâncias Possíveis, Mundos Reais**. 2008. p. 01-16.

IBRAIM, Stefannie Sá; JUSTI, Rosária. Contribuições de ações favoráveis ao ensino envolvendo argumentação para a inserção de estudantes na prática científica de argumentar. **Química Nova Escola**, v. 43, n. 1, p. 16-28, 2021.

JIMÉNEZ-ALEIXANDRE, María Pilar; BROCOS, Pablo. Desafios metodológicos na pesquisa da argumentação em ensino de Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. especial, p. 139-159, 2015.

JUNTUNEN, Marianne; AKSELA, Maija. Improving students' argumentation skills through a product life-cycle analysis project in chemistry education. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 15, n. 4, p. 639-649, 2014.

KARPUDEWAN, Mageswary; ROTH, Wolff Michae; SINNIH, Devananthini. The role of green chemistry activities in fostering secondary school students' understanding of acid–base concepts and argumentation skills. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 4, p. 893-901, 2016.

LEITÃO, Selma; DAMIANOVIC, Maria Cristina (Ed.). **Argumentação na escola: o conhecimento em construção**. Pontes, 2011.

LIMA, Mikeas Silva de; WEBER, Karen Cacilda. Determinação de níveis de letramento científico a partir da resolução de casos investigativos envolvendo questões sociocientíficas. **Educación Química**, v. 30, n. 1, p. 69-79, 2019.

LOCATELLI, Solange Wagner. Using alternative strategy for implementing simple investigative activities to learn chemistry in the classroom. **Natural Science Education**, v.18, n.2, p.87-92, 2021.

LUO, Xiuling; WEI, Bing; SHI, Min; XIAO, Xin. Exploring the impact of the reasoning flow scaffold (RFS) on students' scientific argumentation: based on the structure of observed learning outcomes (SOLO) taxonomy. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 4, p. 1083-1094, 2020.

MONTAÑO HILARIO, José Manuel; PADILLA MARTINEZ, Kira. Implementación y evaluación de la habilidad de argumentación en las clases de química del bachillerato. **Educación química**, v. 31, n. 2, p. 51-68, 2020.

MORK, Sonja. M. Argumentation in science lessons: focusing on the teacher's role. **Nordic Studies in Science Education**, v. 1, n. 1, p. 17-30, 2005.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **National Science Education Standards**. Washington, National Academy Press. 1996.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Inquiry and the National Science Standards: A guide for teaching and learning**. New York, National Academy Press. 2000.

OLIVEIRA, Filipe Silva de; CRUZ, Maria Clara Pinto; SILVA, Adjane da Costa Tourinho e. Desenvolvimento da argumentação em uma sequência de ensino investigativa sobre termoeletrônica. **Química Nova na Escola**, v. 42, n. 2, p. 186-201. 2020.

OLIVEIRA, Filipe Silva de; CRUZ, . Maria Clara Pinto; SILVA, Adjane da Costa Tourinho e. Argumentação sociocientífica em torno da implantação de uma usina termoeletrônica em Sergipe. **Química nova na escola**, v. 43, n. 1, p. 105-118, 2021.

PABUCCU, Aybuke; ERDURAN, Sibel. Investigating students' engagement in epistemic and narrative practices of chemistry in the context of a story on gas behavior. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 3, p. 523-531, 2016.

PAZ, Giovanni Scataglia Botelho; LOCATELLI, Solange Wagner. Repensar da prática docente considerando a perspectiva do Ensino por Investigação e da Metacognição. **Vivências (Uri Erechim)**, v. 19, p. 209-225, 2023.

PUTRA, Gde Buana Sandila; TANG, Kok-Sing. Disciplinary literacy instructions on writing scientific explanations: a case study from a chemistry classroom in an all-girls school. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 17, n. 3, p. 569-579, 2016.

QUEIROZ, Michele; SOUSA, Francisca Genifer Andrade; PAULA, Genegleisson Queiroz. Educação e Pandemia: impactos na aprendizagem de alunos em alfabetização. **Ensino em Perspectivas**, v. 2, n. 4, p. 1-9, 2021.

RAMOS, Tatiana Costa; MENDONÇA, Paula Cristina Cardoso; MOZZER, Nilmara Braga. Interações argumentativas no ensino de química a partir de um texto histórico. **Química nova na escola**, v. 43, n. 1, p. 51-61, 2021.

ROMANÍ, Cristóbal Cobo. Explorando tendências para a educação no século XXI. **Cadernos de pesquisa**, v. 42, p. 848-867, 2012.

SÁ, Patrícia; PAIXÃO, Fátima. Competências-chave para todos no séc. XXI: orientações emergentes do contexto europeu. **Revista Interações**, v. 11, n. 39, 2016.

SADLER, Troy D. Informal reasoning regarding socioscientific issues: A critical review of research. **Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching**, v. 41, n. 5, p. 513-536, 2004.

SANTOS, Lílían Moreira dos; LOCATELLI, Solange Wagner. Análise de hipóteses formuladas por estudantes do Ensino Médio em Ciências da Natureza. **Ensino em Re-Vista**, [S. l.], v. 32, n. Continua, p. 1-22, 2025.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Significados da educação científica com enfoque CTS. In: SANTOS, W. L. P. dos; e AULER, D. (Orgs.). **CTS e Educação Científica: Desafios, Tendências e Resultados de Pesquisas**. Brasília: Editora UnB, 2011, p. 21-48.

SANTOS, Wildson Luiz Pereira dos. Química e a formação para a cidadania. **Educación Química**, v. 22, n. 4, p. 300-305, 2011.

SASSERON, Lúcia Helena. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, p. 49-67, 2015.

SEGURA, Eduardo; KALHIL, Josefina Barrera. A metodologia ativa como proposta para o ensino de Ciências. **REAMEC-Rede Amazônica de Educação em Ciências e Matemática**, v. 3, n. 1, p. 87-98, 2015.

SELBACH, Ágatha Lottermann; DANIEL, Daniele Prestes; RIBEIRO, Daniel das Chagas de Azevedo; PASSOS, Camila Greff. O método de Estudos de Caso na promoção da argumentação no Ensino Superior de Química: uma revisão bibliográfica. **Química nova na escola**, v. 43, n. 1, p. 38-50, 2021.

SEVIAN, Hannah; COUTURE, Steven. Epistemic games in substance characterization. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 19, n. 4, p. 1029-1054, 2018.

STRIMAITIS Anna. M.; SOUTHERLAND Sherry A.; SAMPSON Victor; ENDERLE Patrick; GROOMS Jonathon. Promoting Equitable Biology Lab Instruction by Engaging All Students in a

Broad Range of Science Practices: An Exploratory Study. **School Science and Mathematics**, v. 117, n. 3-4, p. 92-103, 2017.

SUÑÉ, Leticia Sampaio; ARAÚJO, Paulo Jardel Leite; DE ARMAS URQUIZA, Roberto. Educação para desenvolver competências: uma necessidade do século XXI. **Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo**, 2015.

TAMAYO, Oscar Eugenio Alzate. La argumentación como constituyente del pensamiento crítico en niños. **Hallazgos**. v. 9, n. 17, p. 211-233, 2012.

TRIVELATO, Sílvia L. Frateschi; TONIDANDEL, Sandra M. Rudella. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 97-114, 2015.

TOULMIN, Stephen. **Os usos do argumento**. Trad. Reinaldo Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VAN BREDERODE, Marion E.; ZOON, Sebastian A.; MEETER, Martijn. Examining the effect of lab instructions on students' critical thinking during a chemical inquiry practical. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 4, p. 1173-1182, 2020.

VILLEGAS MONSALVE, Andrea; OCAMPO SERNA, Diana Marcela; RUIZ ORTEGA, Francisco Javier. La argumentación y cambio químico en el aula multigrado. **Educación Química**, v. 33, n. 4, p. 37-48, 2022.

WAARD, Esther F.; PRINS, Gjalt T.; VAN JOOLINGEN, Wouter R. Pre-university students' perceptions about the life cycle of bioplastics and fossil-based plastics. **Chemistry Education Research and Practice**, v. 21, n. 3, p. 908-921, 2020.

WALKER, Joi Phelps; SAMPSON, Victor.; GROOMS, Jonathon; ANDERSON, Brittany; ZIMMERMAN, Carol. Argument-driven inquiry in undergraduate chemistry labs: the impact on students' conceptual understanding, argument skills, and attitudes towards science, **Journal of college science teaching**, v. 41, n. 4, p. 74-81, 2012.

WHITELEGG, Elizabeth; PARRY, Malcolm. Real-life contexts for learning physics: meanings, issues and practice. **Physics Education**, v. 34, n. 2, p. 68, 1999.



Os direitos de licenciamento utilizados pela revista Educação em Foco é a licença *Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International* (CC BY-NC-SA 4.0)

Recebido em: 28/12/2024
Aprovado em: 24/08/2025