ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO E PENSAMENTO COMPUTACIONAL: CONVERGÊNCIAS PARA O ENSINO DE QUÍMICA CONTEMPORÂNEO

Ismael Laurindo Costa Junior[1], Juliane Maria Bergamin Bocardi[2]
[1] Universidade tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Medianeira-PR, ismael@utfpr.edu.br
[2] Universidade tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Medianeira-PR, juliane@utfpr.edu.br

INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o **Ensino de Ciências por Investigação** (EnCI) tem se consolidado como abordagem que promove a participação ativa dos estudantes na construção do conhecimento, mobilizando práticas como a formulação de hipóteses, o planejamento de experimentos, a análise de dados e a elaboração de explicações (Carvalho, 2013). Esse movimento, alinhado às concepções de Dewey (1938) sobre pensamento reflexivo e de Hodson (1993) sobre práticas investigativas, destaca a importância da problematização e da articulação entre evidências e explicações para a aprendizagem científica.

Paralelamente, o avanço da cultura digital tem ampliado o debate sobre competências necessárias à formação científica contemporânea. O **Pensamento Computacional** (PC), conforme formulado por Wing (2006) e aprofundado por Grover e Pea (2013), tem sido reconhecido como um conjunto de práticas cognitivas que envolve decompor problemas, identificar padrões, abstrair informações e estruturar procedimentos lógicos. Essas habilidades, cada vez mais valorizadas no campo educacional, dialogam com processos centrais do raciocínio científico.

Apesar desse cenário, a integração entre PC e EnCI no ensino de Química permanece pouco sistematizada. Muitas iniciativas reduzem o PC a ferramentas digitais ou atividades de programação, sem explorar seu potencial como suporte cognitivo para a investigação científica. Pesquisas como as de Weintrop *et al*. (2016) sugerem que as dimensões do PC, sobretudo análise de dados, modelagem, resolução estruturada de problemas e pensamento sistêmico, podem fortalecer práticas investigativas típicas das Ciências da Natureza e Matemática, em particular a Química, como interpretar tendências experimentais, construir modelos representacionais e justificar explicações.

Diante disso, este artigo tem como objetivo **analisar convergências conceituais entre o EnCI e o PC na perspectiva do Ensino de Química**, discutindo como suas práticas podem se articular para qualificar processos investigativos, a construção de modelos e o desenvolvimento do raciocínio científico dos estudantes.

ENSINO DE CIÊNCIAS POR INVESTIGAÇÃO E O ENFOQUE EM QUÍMICA

O Ensino de Ciências por Investigação (EnCI) tem como uma de suas raízes epistemológicas as ideias de Dewey (1938), para quem a investigação constitui um processo experiencial no qual o estudante constrói significados por meio da interação reflexiva com situações problemáticas. A aprendizagem, nessa perspectiva, emerge da formulação de perguntas, da busca ativa por explicações e da reconstrução contínua da experiência, princípios que dialogam diretamente com as concepções contemporâneas de investigação presentes na educação em Ciências.

No contexto brasileiro, Carvalho (2013) sistematiza esse enfoque ao propor Sequências de Ensino Investigativas (SEI), nas quais os estudantes formulam hipóteses, planejam estratégias de testagem, realizam experimentos, analisam dados e constroem explicações. Para situar o EnCI no escopo de referenciais que sustentam sua fundamentação teórica, apresentamos no Quadro 1 conceitos-chave e contribuições de autores centrais à consolidação dessa abordagem.

Quadro 1. Contribuições teóricas para o Ensino de Ciências por Investigação

Autor(a)	Conceitos-chave	Contribuições para o EnCI
Dewey (1938)	• Pensamento reflexivo • Problematização • Experiência e interação organismo-ambiente • *Inquiry* como método educativo • Continuidade da experiência	Fundamenta a investigação como **processo intelectual disciplinado**, iniciado por uma dúvida genuína que leva à busca de evidências e à construção de explicações provisórias.
Hodson (1993)	• Crítica ao laboratório confirmatório • Integração *hands-on/minds-on* • Atividade investigativa completa • Natureza da Ciência como prática social • Dimensão sociopolítica da ciência	Oferece uma estrutura epistemológica e didática para a **atividade investigativa completa** (problema → hipótese → dados → explicação → argumentação), rompendo com o "experimento de receita".
Carvalho (2013)	• Sequência didática investigativa • Problema emergente • Produção e análise de evidências • Mediação docente • Explicação científica e validação social • Papel ativo do estudante	Sistematiza o EnCI no Brasil com uma **metodologia clara e operacionalizável**, articulando raciocínio, experimentação, explicação e argumentação.
Sasseron (2015)	• Alfabetização Científica • Tripé problema–evidências–explicações • Argumentação científica • Práticas discursivas e epistemológicas • Investigação como produção de sentidos	Consolida o EnCI como via para **Alfabetização Científica**, enfatizando a importância das evidências, da justificação e da argumentação, ampliando caráter discursivo e epistêmico no EnCI.

Fonte: Autoria própria (2026)

Em oposição ao ensino tradicional, o EnCI pressupõe um entendimento mais dinâmico e socialmente situado da construção do conhecimento, envolvendo negociação de significados, argumentação e elaboração de explicações fundamentadas em evidências. Assim, a investigação constitui oportunidade para que os estudantes ampliem sua compreensão sobre a natureza da ciência e participem ativamente de práticas discursivas próprias do fazer científico (Carvalho, 2013).

Zômpero e Laburú (2011) argumentam que atividades investigativas estimulam a curiosidade, a problematização de situações reais e a mobilização de conceitos para interpretar

fenômenos. De maneira complementar, Sasseron (2015) evidencia que o EnCI sustenta competências relacionadas à argumentação, ao uso de evidências, à elaboração de explicações e ao desenvolvimento do raciocínio conceitual, elementos centrais da formação científica na educação básica.

No campo específico do Ensino de Química, a abordagem investigativa ganha contornos ainda mais relevantes, sobretudo quando articulada ao trabalho experimental. Hodson (1993) defende que o laboratório não deve se limitar a atividades de verificação procedimental, mas deve constituir um espaço de problematização, tomada de decisões, análise de dados e construção de explicações. Essa perspectiva é aprofundada por Silva, Silva e Kasseboehmer (2019), que evidenciam que atividades experimentais investigativas favorecem a elaboração de hipóteses, a análise de dados e a construção de modelos explicativos, promovendo a interação entre observação, interpretação e justificação.

Estudos mostram que a experimentação investigativa favorece práticas epistêmicas como argumentação baseada em dados, modelagem e raciocínio químico, contribuindo para que os estudantes transitem entre diferentes níveis de representação da Química: macroscópico, submicroscópico e simbólico (Barbosa; Sousa, 2021; Santos; Reis; Kiouranis, 2018). Esses processos são fundamentais para o desenvolvimento de uma compreensão integrada dos fenômenos químicos.

Dessa forma, o EnCI constitui um referencial consistente para pensar práticas educativas alinhadas às demandas da educação contemporânea, marcada pela cultura digital, pela análise de dados e pela centralidade da modelagem na compreensão de fenômenos. Esses elementos aproximam, de modo natural, a abordagem investigativa das perspectivas emergentes do PC, cuja discussão desenvolvemos na próxima seção.

PENSAMENTO COMPUTACIONAL: PILARES E TAXONOMIAS PARA AO ENSINO DE QUÍMICA

Os elementos do PC são considerados competências cognitivas centrais na educação contemporânea. Sua formulação moderna é atribuída a Wing (2006), que introduz os pilares fundamentais do PC ao descrevê-lo como um modo de raciocinar baseado na **decomposição de problemas**, no **reconhecimento de padrões**, na **abstração** e na **construção de algoritmos conceituais**. Esses elementos envolvem uma forma de pensar aplicável a diferentes domínios, deslocando o PC de uma concepção restrita à programação para uma estrutura cognitiva transversal. Sob essa perspectiva, o PC envolve formular problemas, organizar informações, identificar regularidades e estruturar processos lógicos que orientam a tomada de decisões e a elaboração de explicações.

Grover e Pea (2013) ampliam essa compreensão ao definir o PC como um conjunto de práticas cognitivas que inclui, além dos pilares propostos por Wing (2006), processos de representação, modelagem, análise e manipulação de dados. Para os autores, o PC constitui um arcabouço mental que permite ao estudante raciocinar de modo estruturado sobre problemas complexos, mobilizando estratégias que favorecem tanto a abstração conceitual quanto o desenvolvimento de explicações fundamentadas em evidências. Essa ampliação aproxima o PC das práticas presentes nas ciências da natureza, como a construção de modelos, a organização de variáveis, a análise de regularidades e a elaboração de argumentos baseados em dados. A seguir, o Quadro 2 organiza os principais referenciais que estruturam o PC, destacando pilares, categorias e sua relação com práticas científicas.

Quadro 2. Contribuições teóricas para o PC no ensino de Ciências

Autor(a)	Conceitos-chave	Contribuições para o PC
Wing (2006)	• Decomposição de problemas • Reconhecimento de padrões • Abstração • Construção de algoritmos conceituais	Introduz o conceito moderno de PC, definindo seus pilares fundamentais. Defende o PC como forma de raciocínio transversal, não restrita à programação, e aplicável às Ciências ao favorecer organização de informações, resolução de problemas complexos e elaboração de explicações estruturadas.
Grover e Pea (2013)	• Abstração e representação • Pensamento algorítmico • Modelagem • Análise e manipulação de dados	Ampliam a definição de Wing (2006) ao incluir práticas cognitivas ligadas à representação, à análise de dados e à modelagem. Caracterizam o PC como conjunto de habilidades centrais para o raciocínio científico e para a construção de explicações baseadas em evidências.
Weintrop *et al*. (2016)	• Práticas de dados • Modelagem e simulação • Resolução de problemas computacionais • Pensamento sistêmico	Propõem uma taxonomia específica para o ensino de Ciências e Matemática, evidenciando como o PC se integra às práticas científicas: análise e representação de dados, construção e teste de modelos, resolução estruturada de problemas e compreensão de sistemas complexos. Fundamenta aplicações diretas do PC no ensino de Química.

Fonte: Autoria própria (2026)

O PC não se limita ao ensino de programação ou ao uso de linguagens computacionais. Trata-se, antes, de uma estratégia capaz de qualificar o ensino investigativo, pois fornece ferramentas conceituais para organizar dados, estruturar procedimentos, identificar variáveis relevantes e propor modelos explicativos. Assim, o PC pode ser compreendido como um modo de pensar que potencializa práticas científicas e investigativas, especialmente em contextos de Ensino de Química que exigem sistematização, análise de evidências e elaboração de hipóteses fundamentadas.

Nesse cenário, destaca-se a taxonomia proposta por Weintrop *et al*. (2016), que sistematiza dimensões do PC aplicáveis ao ensino de Ciências e Matemática. Os autores identificam quatro categorias: (1) *Data Practices*, (2) *Modeling and Simulation Practices*, (3) *Computational Problem-Solving Practices* e (4) *Systems Thinking Practices*.

As Práticas de dados (*Data Practices)* envolvem coletar, representar, organizar e interpretar dados. Essas competências são centrais em atividades investigativas no Ensino de Química, nas quais frequentemente se analisam curvas cinéticas, variações de concentração, propriedades físico-químicas ou tendências experimentais. Martorano e Marcondes (2014) evidenciam que a compreensão de fenômenos cinéticos requer a interpretação de gráficos, a análise de regularidades e a construção de explicações com base em variáveis experimentais, destacando que o ensino de cinética envolve necessariamente o trabalho com dados empíricos e sua articulação com modelos teóricos.

A Modelagem e simulação (*Modeling and Simulation Practices)* refere-se à construção, teste e revisão de modelos e simulações, dialogando diretamente com a natureza representacional da Química, que articula fenômenos macroscópicos, submicroscópicos e simbólicos. Melo e Silva (2019) demonstram que o uso de modelos e modelagens associados a atividades investigativas permite aos estudantes transitarem entre observações macroscópicas, interpretações submicroscópicas e expressões simbólicas, reduzindo dificuldades conceituais e promovendo explicações mais consistentes.

A Resolução de problemas computacionais (*Computational Problem-Solving Practices)* abrange a decomposição de problemas complexos, a elaboração de passos lógicos e a criação de algoritmos conceituais, habilidades fundamentais para investigar fenômenos químicos que demandam organização de variáveis, controle de parâmetros e tomada de decisões metodológicas. Por fim, as *Systems Thinking Practices* enfatizam a interpretação de sistemas interconectados, suas partes, relações e comportamentos emergentes, aspectos essenciais para compreender fenômenos químicos.

Nessas duas taxonomias o tipo de raciocínio está intimamente relacionado à resolução de problemas em Química. Fernandes e Campos (2017) mostram que resolver problemas químicos implica analisar variáveis interdependentes, compreender suas relações, selecionar caminhos metodológicos e elaborar sequências estruturadas de raciocínio, elementos que articulam pensamento sistêmico e técnicas de decomposição típicas do PC.

Diante disso, o PC pode enriquecer práticas científicas ao favorecer a análise de dados, a construção de explicações, a modelagem e o raciocínio sistêmico. Desse modo, o PC integra-se de forma natural às demandas do Ensino de Ciências por Investigação, constituindo um instrumento teórico relevante para pensar a educação científica contemporânea.

CONVERGÊNCIAS ENTRE EnCI E PC NA EDUCAÇÃO QUÍMICA

A articulação entre o EnCI e o PC revela aproximações epistemológicas, metodológicas e cognitivas que podem qualificar o processo de aprendizagem em Química. Embora originados em

campos distintos, ambos compartilham princípios estruturantes relacionados ao raciocínio, à análise de evidências, à organização de informações e à construção de explicações fundamentadas.

Do ponto de vista epistemológico, tanto o EnCI quanto o PC se baseiam na resolução de problemas autênticos. No EnCI, conforme proposto por Carvalho (2013), a investigação emerge de situações problemáticas que mobilizam os estudantes a formular hipóteses, planejar estratégias de testagem, analisar dados e construir explicações. De modo complementar, o PC, em sua formulação moderna (Wing, 2006; Grover; Pea, 2013), orienta os estudantes a decomporem problemas, reconhecer padrões e estruturar procedimentos lógicos, favorecendo o desenvolvimento de explicações sistematizadas. Assim, em ambos os enfoques, a aprendizagem ocorre a partir da mobilização ativa do pensamento, da análise crítica e da busca de coerência entre evidências e interpretações. Essas relações podem ser visualmente sintetizadas no Quadro 3, que integra as etapas da investigação científica com as dimensões do Pensamento Computacional.

Quadro 3. Articulação entre EnCI e as práticas de Pensamento Computacional

Fundamento Epistemológico (Dewey, 1938 e Hodson, 1993)	**EnCI (Carvalho, 2013)**	**PC (Weintrop *et al.*, 2016)**
Situação de dúvida; pensamento reflexivo; emergência do problema.	Problematização	Formulação e decomposição do problema (PPC)
Conjecturas; raciocínio inferencial.	Levantamento de hipóteses	Modelagem computacional inicial (MSC)
Organização racional da ação investigativa.	Planejamento da investigação	Algoritmos, sequências e procedimentos (PPC)
Produção de evidências; *hands-on + minds-on.*	Coleta e análise de dados	Organização, transformação e análise de dados (PCD)
Inferência, teste, modelagem e síntese	Construção de explicações	Simulação, comparação e ajuste de modelos (MSC)
Argumentação; justificativa e diálogo.	Comunicação e validação social	Justificação de algoritmos, visualizações e soluções (PPC/PCD)

Fonte: Autoria própria (2026)

No EnCI, conforme fundamentado por Dewey (1938), a investigação inicia-se a partir de uma situação de dúvida que mobiliza o pensamento reflexivo e conduz à formulação de um problema genuíno. Esse movimento encontra paralelo direto na etapa de formulação e decomposição de problemas presente nas **Práticas do Pensamento Computacional (PPC)** de Weintrop *et al*. (2016), que demandam compreender a situação, estruturar o problema e identificar variáveis relevantes.

No desenvolvimento da investigação científica, Hodson (1993) destaca que a produção e análise de evidências constituem momentos essenciais, nos quais o estudante coleta dados, avalia sua consistência e constrói inferências que sustentam explicações. Tal processo dialoga diretamente com as **Práticas de Computação de Dados (PCD)**, que envolvem organizar, transformar, visualizar e interpretar conjuntos de dados. Em ambos os casos, a análise sistemática das evidências constitui não apenas um procedimento técnico, mas uma prática epistêmica que qualifica a compreensão do fenômeno.

Além disso, a modelagem configura-se como ponto forte de convergência entre as duas abordagens. Enquanto Carvalho (2011) apresenta a explicação científica como síntese do processo investigativo, resultante da articulação entre hipóteses, dados e argumentação, o PC opera com **Práticas de Modelagem e Simulação Computacional (MSC)**, que permitem representar relações, testar premissas, explorar cenários e analisar comportamentos emergentes. Assim, a modelagem computacional amplia a potência explicativa do EnCI, oferecendo ferramentas para representar e refinar modelos científicos.

A partir dessa articulação, o PC não se limita a um conjunto de habilidades técnicas, mas constitui um conjunto coerente de **práticas de raciocínio** que potencializam e enriquecem o EnCI. A lógica da depuração (*debugging*), por exemplo, aproxima-se diretamente do pensamento reflexivo descrito por Dewey, uma vez que envolve testar hipóteses, identificar inconsistências e reconstruir procedimentos. Do mesmo modo, as práticas de modelagem e análise de dados reforçam o caráter epistêmico do EnCI e ampliam as possibilidades de representação e explicação no ensino de Ciências.

Dessa forma, a integração entre EnCI e PC na Educação Química constitui uma oportunidade para potencializar o desenvolvimento cognitivo, ampliando a capacidade dos estudantes de formular problemas, interpretar dados, construir modelos, justificar conclusões e compreender sistemas complexos. Ao reconhecer essas convergências, abre-se espaço para pensar práticas pedagógicas que articulem investigação, modelagem, raciocínio algorítmico e pensamento sistêmico, fortalecendo uma formação científica crítica e alinhada aos desafios contemporâneos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As análises desenvolvidas permitiram identificar convergências estruturais entre o EnCI e o PC no Ensino de Química. Apresentamos que ambos compartilham fundamentos centrados na resolução de problemas, na análise de evidências, na modelagem e na construção de explicações. As práticas investigativas propostas por Carvalho (2013) encontram correspondência nas taxonomias do PC sistematizadas por Weintrop *et al*. (2016), evidenciando que o PC pode funcionar como suporte cognitivo ao EnCI, ampliando a organização do pensamento, a análise de dados e a representação de modelos químicos.

Diante disso, integrar PC e EnCI não implica adicionar novos conteúdos, mas qualificar processos já presentes na investigação científica escolar, fortalecendo competências analíticas e cognitivas dos estudantes. Os resultados apontam caminhos promissores para o desenvolvimento de Sequências de Ensino Investigativas (SEI) que incorporem dimensões do PC, bem como para práticas docentes que articulem investigação, raciocínio algorítmico e modelagem. Assim, este

estudo contribui para a compreensão das potencialidades dessa integração e abre espaço para futuras pesquisas aplicadas no contexto da Educação Química.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, S. M.; SOUZA, N. S**.** Investigação orientada por argumentos no ensino de Química de nível médio: uma proposta em cinética. **Química Nova na Escola**, São Paulo, v. 43, n. 1, p. 74–85, 2021. DOI: https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160230.

CARVALHO, A. M. P. (Org.). **Ensino de Ciências por Investigação:** condições para implementação em sala de aula. São Paulo: Cengage Learning, 2013.

DEWEY, J. *Logic:* **The Theory of Inquiry**. New York: Henry Holt, 1938 (reimpressão: Carbondale, IL: SIU Press, 2008).

GROVER, S.; PEA, R. Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. **Educational Researcher**, v. 42, n. 1, p. 38–43, 2013. DOI: https://doi.org/10.3102/0013189X12463051.

HODSON, D. Re-thinking old ways: Towards a more critical approach to practical work in school science. **Studies in Science Education**, v. 22, p. 85-142, 1993. DOI: https://doi.org/10.1080/03057269308560022.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando a abordagem do tema cinética química nos livros didáticos dirigidos ao ensino médio a partir das ideias de Imre Lakatos. **Acta Scientiae**, Canoas, v. 16, n. 3, p. 114–132, 2014.

MELO, M. S.; SILVA, R. R. Os três níveis do conhecimento químico: dificuldades dos alunos na transição entre o macro, o submicro e o representacional. **Revista Exitus**, Santarém, v. 9, n. 5, p. 301–330, 2019. DOI: https://doi.org/10.24065/2237-9460.2019v9n5ID1109.

SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 17, n. spe, p. 49–67, 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-2117201517s04.

SILVA, M. S. B.; SILVA, D. M.; KASSEBOEHMER, A. C. Atividade investigativa teórico-prática de Química para estimular práticas científicas. **Química Nova na Escola**, v. 41, n. 4, p. 360–368, 2019. DOI: https://doi.org/10.21577/0104-8899.20160176.

SANTOS, L. dos; REIS, J. M. C.; KIOURANIS, N. M. M. Formação inicial de professores de Química: investigando o papel da experimentação**. Revista Valore**, v. 3, p. 322–333, 2018. DOI: https://doi.org/10.22408/reva302018170322-333

WEINTROP, D.; BEHESHTI, E.; HORN, M.; ORTON, K.; JONA, K.; TROUILLE, L.; WILENSKY, U. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. **Journal of Science Education and Technology**, v. 25, n. 1, p. 127–147, 2016. DOI: https://doi.org/10.1007/s10956-015-9581-5.

WING, J. M. Computational thinking. **Communications of the ACM**, v. 49, n. 3, p. 33–35, 2006. DOI: https://doi.org/10.1145/1118178.1118215.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades Investigativas No Ensino De Ciências: Aspectos Históricos E Diferentes Abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)**, v. 13, n. 3, p. 67–80, set. 2011. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-21172011130305