

ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS: PRODUÇÃO E APLICAÇÃO NO ENSINO SUPERIOR DE QUÍMICA

Pablyana L. R. da Cunha^{a,b}, Raíla R. S. Almondes^b e Salete L. Queiroz^{b,*} ^aDepartamento de Química Orgânica e Inorgânica, Universidade Federal do Ceará, 60455-760 Fortaleza – CE, Brasil^bDepartamento de Físico-Química, Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, 13560-970 São Carlos – SP, Brasil

Recebido: 07/05/2025; aceito: 11/08/2025; publicado online: 26/08/2025

INTERRUPTED CASE STUDIES: PRODUCTION AND APPLICATION IN CHEMISTRY EDUCATION AT UNIVERSITY LEVEL. Most of the case studies disseminated in chemistry teaching environments in Brazil are short and end with a question to students about the subject. This paper focuses on a different type of case study, interrupted case studies, which are divided into parts, occupy several pages, and are characterized by the gradual addition of information to the narrative, usually inspired by original research texts, so that they portray a problem that has actually been faced by researchers. From this perspective, an innovative experience in undergraduate teaching is reported, involving the process of producing and applying interrupted case studies in a scientific communication course, and the perceptions of the students about the activity are analyzed. The aim is to contribute to the dissemination of the method, providing support for educators with regard to the resources and considerations necessary for its production, as well as for its application in classrooms.

Keywords: case studies; chemistry; biodegradable films.

INTRODUÇÃO

Conforme afirmam Passos *et al.*,¹ a divulgação do método de estudo de caso no ensino superior de química no Brasil foi iniciada a partir da publicação, em 2007, de dois artigos nesta revista,^{2,3} ambos oriundos do Grupo de Pesquisa em Ensino de Química do Instituto de Química de São Carlos da Universidade de São Paulo (GPEQSC).⁴ O primeiro é intitulado “Estudos de caso em química”,² e o segundo, “Promovendo a argumentação no ensino superior em química”.³ Desde então, o método difundiu-se de forma consistente, existindo relatos sobre a sua aplicação em todas as regiões do país, de acordo com Selbach *et al.*,⁴ que destacam iniciativas nos estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, na região Sudeste; Rio Grande do Sul e Paraná, na região Sul; Tocantins, na região Norte; Mato Grosso, na região Centro-Oeste; Sergipe, Pernambuco, Ceará e Bahia, na região Nordeste. Bernardi e Pazinato⁵ também apontam a sua excelente receptividade no Brasil.

O método baseia-se no uso de narrativas que abordam problemas da vida real, capazes de envolver os estudantes na busca de caminhos prováveis que levem à sua solução, com possibilidade de abordagem de uma grande variedade de temáticas.² Os estudos de caso disseminados nos ambientes de ensino de química no nosso país, doravante denominados estudos de caso convencionais (ECC), em sua maioria, são curtos (uma a duas páginas), elaborados seguindo as recomendações de Herreid,⁶ e finalizados com um questionamento aos estudantes sobre o assunto abordado.

Neste trabalho, uma modalidade distinta do ECC é alvo de atenção: os estudos de caso interrompidos (ECI).⁶ Divididos em partes (daí a denominação de “interrompidos”), nas quais são reportados dados fundamentais para a sua solução, os ECI ocupam várias páginas, caracterizam-se pela adição gradativa de informações à narrativa, usualmente inspirada em textos originais de pesquisa (artigos, teses, dissertações, trabalhos apresentados em eventos etc.), de modo a que retratem um problema que foi realmente enfrentado por pesquisadores.⁶

Até onde vai o nosso conhecimento, a primeira publicação de artigo em revista nacional sobre o uso de ECI no ensino de química ocorreu, em 2022, na revista *Química Nova na Escola*, abordando conhecimentos ambientais de graduandos sobre resíduos sólidos urbanos,⁷ tendo sido apontada a potencialidade do método no desenvolvimento de habilidades de trabalho em grupo, resolução de problemas, pensamento crítico e busca por informações.

Na literatura internacional é relatado o uso de ECI em cursos universitários de distintas áreas. Anderson,⁸ por exemplo, investiga a sua potencialidade no desenvolvimento do pensamento crítico de graduandos voltados ao estudo das teorias do desenvolvimento humano. No campo da biologia, Stewart *et al.*⁹ corroboram o valor da sua aplicação, uma vez que esta contribuiu para a compreensão, integração e aplicação de conceitos de genética. Temáticas relacionadas à química são também contempladas, como os impactos da mineração em recursos hídricos,¹⁰⁻¹² consequências ambientais do uso do herbicida atrazina,¹³ e perigos oferecidos pela acrilamida em alimentos.¹⁴ Em linhas gerais, pesquisas indicam que a aplicação de ECI tem sido associada à promoção da argumentação e do pensamento crítico, em um processo que abarca pausas, feitas pelo professor, propícias para elaboração de questionamentos, discussões e reflexões sobre um problema real, antes que se avance para a parte seguinte do caso.¹⁵

Tendo em vista o exposto, este artigo tem como objetivo relatar uma experiência inovadora no ensino de graduação, envolvendo o processo de produção e aplicação de ECI em componente curricular de comunicação científica, assim como analisar as percepções dos estudantes com relação à atividade realizada. Dessa forma, pretende-se contribuir para a divulgação do método no Brasil, fornecendo subsídios a educadores químicos com relação aos recursos e considerações necessárias para a sua produção, assim como para a sua aplicação em ambientes de ensino.

PRODUÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS

Colocar em funcionamento a atividade didática aqui reportada exigiu, inicialmente, a produção de três ECI, que tratassem de temática relevante para o aprendizado de graduandos em química

*e-mail: salete@iqsc.usp.br

Editor Associado responsável pelo artigo: Nyuara A. S. Mesquita

e que fossem compreensíveis e passíveis de solução inclusive para aqueles em estágios iniciais de formação. Além disso, os ECI deveriam trazer em seu bojo problemas que imitassem situações que os estudantes poderiam vir a enfrentar na prática profissional. Nessa perspectiva, a temática colocada em pauta nos ECI foi a produção de biofilmes com características biodegradáveis, como alternativa para a proteção e revestimento de frutas, com o intuito de minimizar os danos ao meio ambiente e preservar a qualidade dos produtos alimentícios. Dessa forma, os ECI ressaltaram um dos grandes desafios enfrentados atualmente pelo setor de comercialização de alimentos e garantiram a abordagem de fundamentos de química, estudados, inclusive na educação básica.¹⁶

Diferentemente dos ECC, que são produzidos com base em fontes de inspiração diversas,¹⁷ textos originais de pesquisa são as fontes mais promissoras na criação dos ECI,⁶ conforme mencionado anteriormente. Assim, definida a temática, os artigos originais de pesquisa, apresentados no Quadro 1, foram selecionados e inspiraram a produção dos seguintes casos: “As deliciosas uvas Crimson”; “As peras do senhor Jairo”; “Goiabas, filmes e mineral”.

Quadro 1. Títulos dos ECI e dos artigos originais de pesquisa que inspiraram a sua produção

Título do ECI	Título do artigo original de pesquisa	Referência
As deliciosas uvas Crimson	Filmes e coberturas comestíveis compostas à base de amidos nativos e gelatina na conservação e aceitação sensorial de uvas Crimson	18
As peras do senhor Jairo	Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola	19
Goiabas, filmes e mineral	Filmes de amido e de amido/zeólita aplicados no recobrimento e conservação de goiaba (<i>Psidium guajava</i>)	20

ECI: estudos de caso interrompidos.

Os ECI, na íntegra, estão disponíveis no site do GPEQSC (disponível na seção Declaração de Disponibilidade de Dados). O primeiro deles, “As deliciosas uvas Crimson”, tem Alice, graduanda em química, como protagonista. Ao presenciar as perdas de uvas em um supermercado devido ao rápido amadurecimento e escurecimento, ela procura solucionar o problema, contando com a ajuda da professora Rita, que sugere a preparação de filmes de amidos para revestir as uvas. Assim, Alice preparou os filmes, adicionando gelatina e amido de fontes diferentes (trigo, sorgo, batata e arroz), utilizando sorbitol como agente plastificante. Por solicitação da professora, Alice também realizou análises para caracterizar e avaliar a eficiência de cada um dos filmes.

No segundo ECI, “As peras do senhor Jairo”, o protagonista, senhor Jairo, preocupado com a deterioração de suas peras, busca a ajuda do doutor Alexandre, especialista em conservação de frutas, que decide preparar filmes de amido de mandioca e gelatina, em duas versões: uma com polpa de acerola com concentrações de 20% em relação à massa do amido e outra com concentrações de 40%. O objetivo dos filmes é possibilitar o revestimento das frutas, protegendo-as do rápido amadurecimento. Durante a pesquisa são realizadas análises para caracterizar e testar a eficiência de cada um dos filmes.

O terceiro ECI, “Goiabas, filmes e mineral”, trata da empresa Martins Frutas Tropicais S/A, que tem como objetivo aumentar o faturamento, por meio da produção de goiabas, e ampliar o raio de distribuição da fruta. Patrícia, gerente da equipe de pesquisa da empresa, propôs o desenvolvimento de filmes de amido de milho para

recobrimento das goiabas, atribuindo a tarefa ao químico Cláudio. Este, por sua vez, preparou filmes a partir de amido de milho e gelatina, tanto com quanto sem a adição de zeólita, com a finalidade de revestir as frutas e aumentar seu tempo de prateleira. Ao longo desse processo, análises para caracterização dos filmes ocorreram, assim como testes sobre a sua eficiência.

Cada ECI foi produzido de modo a ser constituído de três partes, e cada parte é composta por uma narrativa e por questões referentes ao caso. Em cada parte, foram dadas informações graduais sobre os procedimentos e análises de caracterização e eficiência dos biofilmes, bem como as ações das personagens, na busca daquele mais adequado para a aplicação. A seguir, é descrita a produção de cada uma das partes do caso “Goiabas, filmes e mineral” (partes I, II e III), sendo estabelecidas relações entre a narrativa do ECI e os dados presentes no artigo original de pesquisa.²⁰ A construção dos demais casos seguiu as mesmas diretrizes.

O artigo original de pesquisa que inspirou a produção do ECI reportou a preparação de filmes de amido e de amido com zeólita e sua aplicação no recobrimento das goiabas, assim como a avaliação das propriedades dos filmes, que foi realizada com base em parâmetros relacionados ao índice de maturação dos frutos.²⁰ Os autores lançaram mão de oito figuras, que subsidiaram a discussão da maioria dos dados obtidos, cujas legendas estão indicadas no Quadro 2, que destaca também o uso, ou não, das mesmas na produção do ECI e a forma como isso ocorreu, se na íntegra ou com adaptações.

Quadro 2. Figuras presentes no artigo original de pesquisa e indicação sobre o seu uso nos ECI

Legendas das figuras	Uso das figuras no ECI
1. Fotografia de uma goiaba recoberta com filme de amido	não
2. Micrografias eletrônicas da superfície dos filmes obtidos	sim, com adaptação: dados apresentados em Quadro na parte I
3. Perda de massa (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	sim, na íntegra: dados apresentados na parte II
4. Firmeza (kg) de goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	não
5. Vitamina C (mg 100 g ⁻¹) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	não
6. Acidez total titulável (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	sim, com adaptação: dados apresentados em gráfico de barras na parte III
7. pH das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	não
8. Sólidos solúveis totais (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento	sim, com adaptação: dados apresentados em gráfico de barras na parte III

ECI: estudos de caso interrompidos.

Parte I do ECI: O tempo das goiabas

A parte I do ECI, denominada “O tempo das goiabas”, é iniciada com a narrativa que relata que Cláudio, químico da empresa Martins Frutas Tropicais S/A, cumpriu a tarefa que lhe foi atribuída por Patrícia, gerente da equipe de pesquisa, e preparou dois tipos de filmes (filme de amido de milho e filme de amido/zeólita). Posteriormente, o químico avaliou macroscopicamente os filmes e fez suas anotações a respeito (Quadro 3).

Quadro 3. Aparência dos filmes mencionados no ECI

Filme	Aparência
Amido	filmes quase translúcidos
Amido/zeólita	filmes praticamente opacos

ECI: estudo de caso interrompido.

Com o propósito de caracterizar os filmes de forma mais robusta, Cláudio também fez análises de microscopia eletrônica de varredura (MEV) e, frente aos resultados obtidos, registrou mais informações (Quadro 4), a partir das observações sobre as imagens de micrografia.

Quadro 4. Observações, a partir de imagens de micrografia, dos filmes mencionados no ECI

Filme	Homogeneidade da superfície	Observações sobre a superfície
Amido	homogênea, sem rachaduras e bolhas	superfície com poucas irregularidades, sem evidência de resíduos ou grânulos de amido
Amido/zeólita	homogênea, sem rachaduras e bolhas	superfície rugosa, não sendo possível visualizar cristais zeolíticos expostos

ECI: estudo de caso interrompido.

As imagens de MEV do artigo original de pesquisa (Quadro 2) subsidiaram a elaboração do Quadro 4 do ECI, sendo os dados nelas dispostos apresentados de forma descritiva aos estudantes, uma vez que lidar criticamente com representações visuais bidimensionais, como as obtidas do MEV, não é uma habilidade trivial.²¹

A narrativa da parte I do ECI é finalizada com a seguinte observação: diante dos resultados obtidos, Cláudio acredita que pode auxiliar a empresa, no que diz respeito à solicitação colocada, sobre a possibilidade de ampliar o raio de distribuição das goiabas para venda. Em seguida, são apresentadas três questões.

Parte II do ECI: A cobertura das goiabas

A parte II do ECI, denominada “A cobertura das goiabas”, é iniciada com a narrativa sobre a apresentação dos dados obtidos por Cláudio (Quadros 3 e 4), à direção da empresa. Na ocasião, ele afirma que, para saberem se as soluções filmogênicas investigadas são apropriadas para a proteção das frutas, é necessário testá-las para recobrimento das goiabas. Posteriormente, é descrito o procedimento adotado por Cláudio para o recobrimento das goiabas e a forma como ele avaliou a perda de massa das frutas, por meio da diferença da massa inicial e a massa final obtida.

Dessa forma, Cláudio foi capaz de construir um gráfico de linhas, no qual o eixo y ilustra a porcentagem da perda de massa e o eixo x mostra o intervalo de tempo de oito dias do experimento, para as goiabas revestidas com filmes de amido e nas frutas do controle (sem revestimento). Este gráfico encerra a narrativa, que é seguida de duas questões. Este é o único gráfico extraído diretamente do artigo original de pesquisa e adicionado, praticamente na íntegra, ao ECI.

Parte III do ECI: O impasse das goiabas

A parte III do ECI, denominada “O impasse das goiabas”, é iniciada com a narrativa sobre as boas perspectivas de Cláudio frente aos resultados obtidos até então: os filmes pareciam promissores para utilização, pois diminuía a perda de massa das goiabas ao

longo do tempo considerado no experimento. No entanto, ainda restavam dúvidas: como decidir qual das soluções filmogênicas é a mais adequada para o recobrimento das goiabas? Teria a zeólita potencializado a ação dos revestimentos? Assim, ele foi impulsionado a realizar mais duas análises nas amostras de goiabas revestidas e nas frutas do controle: teor de acidez total titulável (ATT) e teor de sólidos solúveis totais (SST). A partir disso, Cláudio construiu os gráficos ilustrados na Figura 1. A apresentação dos gráficos encerra a narrativa e, na sequência, constam duas questões.

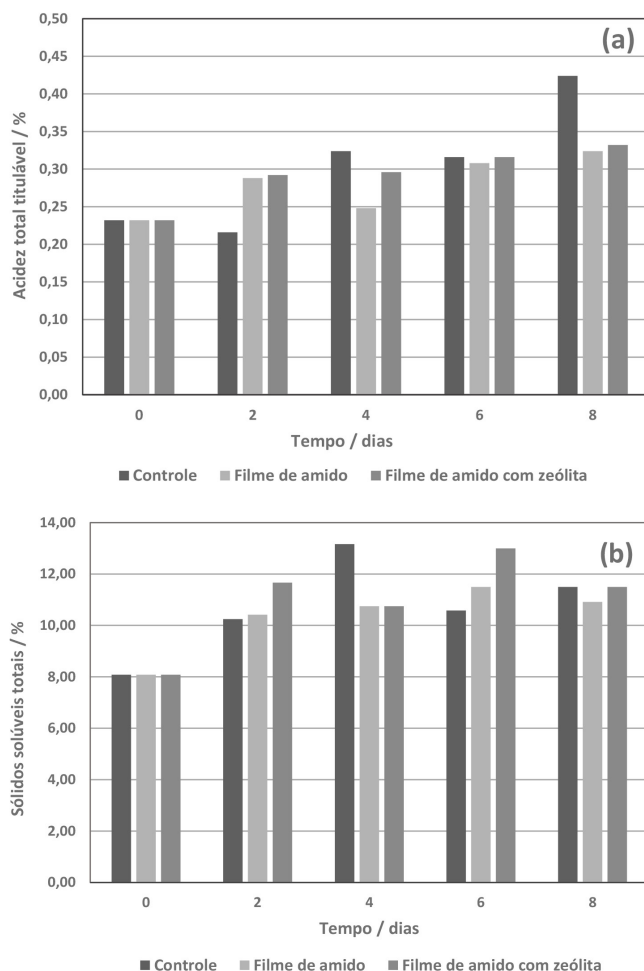


Figura 1. (a) Acidez total titulável (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento; (b) sólidos solúveis totais (%) das goiabas tratadas e não tratadas durante 8 dias de armazenamento

Os dados apresentados nos gráficos de barras (Figura 1) aparecem no artigo original de pesquisa representados em gráficos de linhas, tendo sido esta a única adaptação realizada para inserção no ECI, tendo em vista a diversificação de experiência dos estudantes com diferentes tipos de gráficos.²²

Considerando a exemplificação da construção do ECI “Goiabas, filmes e mineral”, é possível notar que, mesmo o artigo original de pesquisa sendo a fonte de inspiração, o autor do caso é responsável pela seleção dos dados nele apresentados, podendo empregá-los em sua totalidade, ou não. Ademais, a forma como os dados estão representados no artigo original de pesquisa também pode ser alterada, desde que não se perca a sua fidedignidade, a partir dos objetivos que se deseja alcançar na atividade e do próprio público-alvo.

Embora a construção do ECI “Goiabas, filmes e mineral” tenha sido dividida em partes I, II e III, teria sido perfeitamente plausível

a adição das partes IV e V, por exemplo, se mais dados, que estavam disponíveis no artigo original de pesquisa, como as Figuras 1, 4, 5 e 7 (Quadro 2), fossem adicionados à narrativa. Ou seja, o número de partes depende da abrangência que o autor deseja imprimir ao ECI. Com efeito, existem relatos na literatura de ECI que abarcam temáticas da área de química, compostos por quatro partes,¹⁰⁻¹² assim como se verifica a construção de um único ECI inspirado em mais de um artigo original de pesquisa.⁷

Com relação às questões que finalizam as partes I, II e III do ECI, foram elaboradas na perspectiva de oferecer aos estudantes a oportunidade de vivência de etapas usualmente seguidas na resolução de problemas enfrentados no dia a dia de muitos profissionais da química. As questões apresentadas para o ECI “Goiabas, filmes e mineral” são as mesmas encontradas nos outros dois ECI, ocorrendo apenas a substituição dos nomes dos protagonistas das narrativas. Por exemplo, enquanto Cláudio é citado no ECI “Goiabas, filmes e mineral”, doutor Alexandre é citado no ECI “As peras do senhor Jairo”, e Alice é mencionada no ECI “As deliciosas uvas Crimson”.

APLICAÇÃO DOS ESTUDOS DE CASO INTERROMPIDOS

Os ECI produzidos foram aplicados no componente curricular Comunicação e Expressão em Linguagem Científica II, oferecido no segundo semestre do Curso de Bacharelado em Química do Instituto de Química de São Carlos, da Universidade de São Paulo (IQSC-USP), a estudantes de duas turmas, doravante, denominadas Turma 1 (T1) e Turma 2 (T2), a primeira contando com 35 matriculados e a segunda com 31 matriculados.

Com o intuito de fornecer embasamento teórico que apoiasse os estudantes durante o processo de resolução dos ECI, em sete aulas que precederam o seu início, eles realizaram a leitura, interpretação e apresentação oral de dois artigos originais de pesquisa sobre a temática biofilmes poliméricos, intitulados: “Filmes de amidos de mandioca modificados para recobrimento e conservação de uvas”,²³ “Preparação, caracterização e propriedades de filmes poliméricos com potencial aplicação no recobrimento de sementes”.²⁴

Os ECI foram aplicados em quatro aulas consecutivas, no período regular, com duração de aproximadamente 90 minutos. Todas as atividades foram levadas a cabo em grupos, constituídos por quatro ou cinco membros, de modo que na T1 e T2 dois grupos ficaram com o ECI “As deliciosas uvas Crimson”, três grupos com o ECI “As peras do senhor Jairo” e dois grupos com o ECI “Goiabas, filmes e mineral”.

As recomendações de Herreid,⁶ no que diz respeito à aplicação de ECI, foram levadas em consideração na dinâmica de trabalho estabelecida nas aulas. Segundo o autor, uma vez distribuídos em grupos, os estudantes, de posse da primeira parte do ECI, discutem o seu conteúdo, relatando as hipóteses e ideias levantadas a respeito do problema. Em seguida, espera-se que sugiram maneiras de solucioná-lo, recebendo, posteriormente, informações fornecidas pelo professor, sobre a forma escolhida pelos autores do artigo original de pesquisa (fonte de inspiração do ECI) para abordá-lo e os métodos empregados. Paulatinamente, os dados presentes na seção de resultados do artigo são disponibilizados ao grupo, que os interpreta e faz ponderações sobre as hipóteses que haviam levantado inicialmente. Por fim, no encerramento da atividade, é revelada a interpretação dos autores do artigo e as respectivas conclusões.

Tendo em vista as recomendações citadas,⁶ as três primeiras aulas foram destinadas à leitura, discussão e resolução das questões associadas a cada uma das partes do caso (parte I, parte II e parte III) e a quarta aula à apresentação oral da resolução do ECI. As respostas às questões foram escritas à mão e entregues pelos grupos ao final de cada aula. Questões adicionais foram atribuídas como atividade para

realização, também em grupo, em horário extraclasse, e deveriam ser depositadas no ambiente virtual de aprendizagem adotado na disciplina, o Tidia-Ae.²⁵ A apresentação oral, deveria ser realizada em 15 minutos, por um expositor, selecionado pelos próprios membros do grupo.

Na primeira aula, concluída a leitura da narrativa da parte I, os estudantes solucionaram as três questões seguintes, que buscaram a identificação dos seus conhecimentos prévios e a aproximação com o problema em foco, a partir da análise de dados preliminares e da solicitação de proposição de questão a investigar e de levantamento de hipótese sobre possíveis respostas a ela:

- O que vocês já sabem sobre o caso? Ou seja, o que já leram sobre situações semelhantes? Quais experiências já tiveram que remetem ao assunto abordado no caso?
- Baseados na narrativa, proponham uma questão a ser investigada pelo grupo. Atenção: a questão deve considerar o contexto da narrativa e as possíveis respostas devem fornecer informações para que o personagem possa tomar providências para resolver o problema que está enfrentando.
- Baseados na narrativa, construam hipóteses sobre as possíveis respostas para a questão de pesquisa formulada pelo grupo.

Na segunda aula, a leitura da narrativa da parte II apresentou aos estudantes dados adicionais, com destaque para a caracterização dos biofilmes e também para o revestimento das frutas estudadas, com o intuito de alargamento da discussão e retomada de hipóteses formuladas previamente, solicitando respostas para as seguintes questões:

- Como os dados obtidos por Cláudio/doutor Alexandre/Alice auxiliam o grupo a responder as questões formuladas na etapa anterior? As hipóteses construídas na aula anterior podem ser corroboradas ou refutadas com os novos dados? Justifiquem a resposta.
- Estabeleçam relações entre os dados apresentados até o momento e, em seguida, elaborem afirmações que possam ser fornecidas a Cláudio/doutor Alexandre/Alice, de modo a esclarecê-lo(a) sobre a eficiência dos filmes na proteção das goiabas/peras/uvras e qual seria o melhor deles para essa aplicação. Quanto maior o número de afirmações, com as devidas justificativas, mais satisfatória será a resposta do grupo.

Na terceira aula, a finalização do processo ocorre com o fornecimento de mais dados e a solicitação de interpretação desse conjunto, na sua totalidade, acompanhado de reflexão sobre as conclusões dos personagens e dos próprios estudantes sobre a melhor solução para o ECI, com a demanda de respostas às questões a seguir:

- (i) Quais relações (similaridades, diferenças, curiosidades etc.) são possíveis de estabelecer entre a proposta do personagem e aquela oferecida pelo grupo de vocês para ajudar na decisão sobre qual seria o melhor filme para o recobrimento das goiabas/peras/uvras? (ii) Quais critérios foram utilizados por ele/ela que não foram contemplados pelo grupo de vocês e vice-versa? (iii) Vocês julgam pertinente alterar a proposta de procedimentos experimentais que escolheram, frente ao que a personagem decidiu? Argumentem a favor da resposta.
- Estabeleçam relações entre os dados apresentados (na parte III), e em seguida, elaborem afirmações que possam ser fornecidas ao personagem, de modo a ajudar no seu propósito, mencionado anteriormente. Quanto maior o número de afirmações e recomendações, com as devidas justificativas, mais satisfatória será a resposta do grupo.

No início da quarta aula foi aplicado um questionário, tendo em vista a obtenção das percepções dos estudantes sobre a atividade didática realizada. Os alunos responderam às questões anonimamente com o intuito de preservar a sua identidade. Fornecidas as respostas

aos questionários, foram iniciadas as apresentações orais sobre as resoluções dos ECI.

No questionário, com cinco afirmativas, foi utilizado uma escala de classificação de 5 pontos, a escala Likert, composta pelas opções: concordo fortemente (CF), concordo (C), indeciso (I), discordo (D) e discordo fortemente (DF). A primeira afirmativa (Eu já havia realizado atividades didáticas do tipo ECI), estava associada a duas questões (Em caso afirmativo, indique quando e em qual contexto; Descreva como ocorreu o processo de resolução do ECI no seu grupo na disciplina (etapas, conflito, empatia, tipos de diálogo etc.)). No que se refere à segunda afirmativa (Os conhecimentos que eu possuía sobre a temática biofilmes foram suficientes para solucionar o ECI apresentado ao meu grupo), as questões que a acompanhavam eram: Destaque conhecimentos sobre a temática que você possuía e que foram fundamentais para a resolução do ECI; Destaque novos conhecimentos sobre a temática que você adquiriu durante a resolução do ECI.

Na terceira afirmativa (Eu desenvolvi a minha habilidade de resolução de problemas a partir da resolução do ECI), a questão associada foi: Apresente ações realizadas por você durante a resolução do ECI que colaboraram para o desenvolvimento dessa habilidade.

Quanto à quarta afirmativa (Eu desenvolvi a minha habilidade tomada de decisão frente a problemas da vida real a partir da resolução do ECI), a questão apresentada na sequência foi: Apresente ações realizadas por você durante a resolução do ECI que colaboraram para o desenvolvimento dessa habilidade. Por fim, a quinta afirmativa (Eu desenvolvi o meu entendimento sobre a forma como é realizada uma pesquisa em química a partir da resolução do ECI), foi associada à questão: Apresente ações realizadas por você durante a resolução do ECI que colaboraram para o desenvolvimento desse entendimento.

PERCEPÇÕES DOS ESTUDANTES SOBRE A ATIVIDADE DIDÁTICA

As Figura 2 e 3 sintetizam as percepções dos estudantes da T1 e T2, respectivamente, sobre a atividade didática em pauta, a partir da quantificação da frequência das respostas ao questionário, mencionado anteriormente, em porcentagem. Na T1 o número de respondentes totalizou 31, enquanto na T2, 28. Dessa forma, 88,5% dos estudantes da T1 e 90,3% da T2, que estavam presentes em sala de aula no dia em que o questionário foi aplicado, responderam às questões nele contidas.

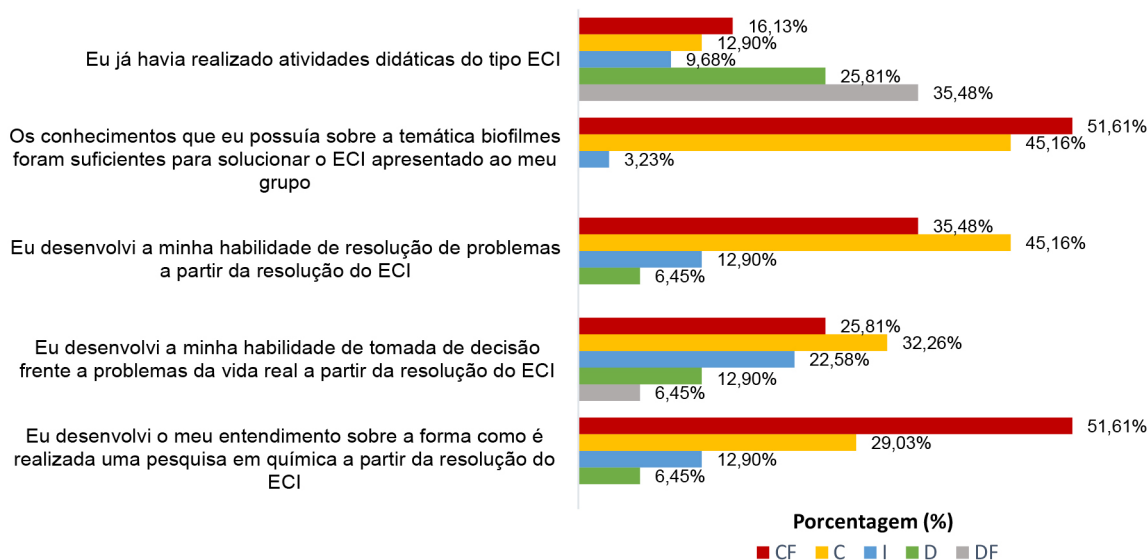


Figura 2. Percentual de respostas referentes às afirmativas presentes no questionário de percepção dos estudantes da Turma 1 sobre a atividade didática realizada (CF: concordo fortemente, C: concordo, I: indeciso, D: discordo e DF: discordo fortemente)

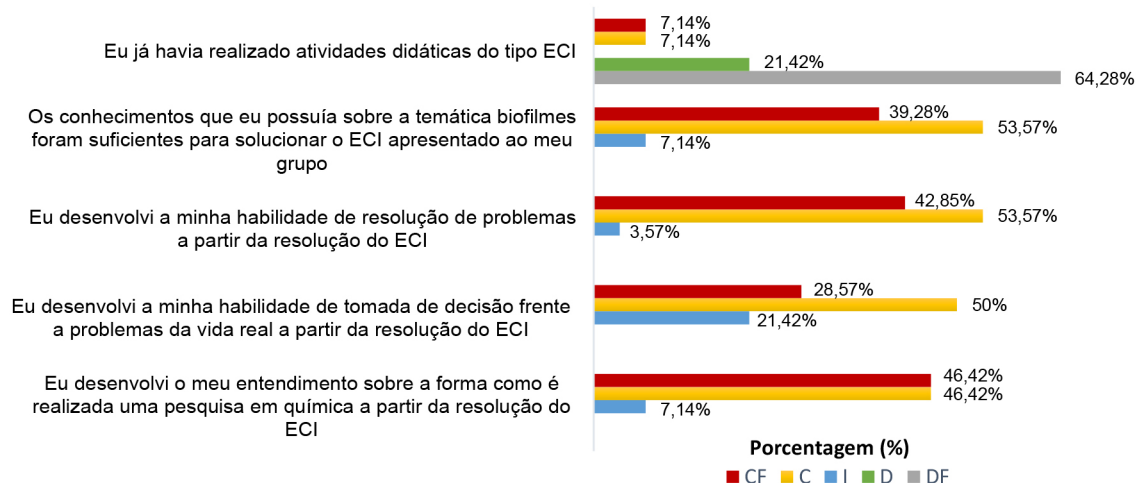


Figura 3. Percentual de respostas referentes às afirmativas presentes no questionário de percepção dos estudantes da Turma 2 sobre a atividade didática realizada (CF: concordo fortemente, C: concordo, I: indeciso, D: discordo e DF: discordo fortemente)

Considerando as informações existentes nas Figuras 2 e 3 e as respostas às questões abertas, que estavam associadas a cada uma das cinco afirmativas aí ilustradas, a análise das percepções dos estudantes é apresentada em quatro perspectivas:

- A primeira diz respeito às experiências anteriores que vivenciaram com atividades didáticas do tipo ECI e àquela vivenciada no componente curricular de comunicação científica;
- A segunda investiga conhecimentos adquiridos sobre a temática biofilmes poliméricos;
- A terceira contempla as habilidades desenvolvidas na resolução do ECI, na perspectiva de resolução de problemas e tomada de decisão frente a problemas da vida real;
- A quarta está relacionada às contribuições da resolução do ECI para o entendimento sobre como é realizada uma pesquisa na área de química.

Experiências vivenciadas com atividades didáticas do tipo ECI

De acordo com as respostas obtidas para a primeira afirmativa e para as duas questões abertas a ela associadas, constatou-se que 61,29% dos estudantes da T1 e 85,7% da T2 (somatório das respostas DF e D) relataram não ter tido experiência anterior com ECI durante a sua trajetória escolar. Por outro lado, 29,03% dos estudantes da T1 e 14,28% da T2 (somatório das respostas CF e C) afirmaram ter participado de práticas educativas desse tipo em disciplinas do curso de Bacharelado em Química do IQSC-USP, sendo o componente curricular Laboratório de Química Analítica a mais recorrente, citada por oito integrantes da T1 e dois da T2.

Um estudante da T2 fez referência a atividades de ECI no ensino médio e, um segundo, em um componente curricular de Legislação e Higiene de Alimentos. Na T1, um integrante mencionou ter realizado este tipo de atividade em outra graduação, sem especificar qual. Cabe destacar que 9,68% dos participantes da T1 mostraram-se indecisos quanto à realização de atividades do tipo ECI, sendo que apenas um deles, da T1, justificou a sua indecisão, comentando que em aulas de laboratórios são solucionados estudos de caso, mas não de caráter interrompido.

Os estudantes que afirmaram já ter entrado em contato com ECI em ambientes de ensino, indicaram, na maioria das vezes, os componentes curriculares nas quais isso ocorreu, no entanto, é muito provável que tenham confundido essa abordagem com os ECC. Isso porque os ECI ainda são pouco difundidos no ensino de química no Brasil, conforme mencionado na seção Introdução deste artigo.

Com relação à experiência vivenciada de resolução de ECI no componente curricular de comunicação científica, seis estudantes da T1 e oito da T2 não forneceram respostas sobre tal aspecto. Os demais, em ambas as turmas, relataram que as tarefas foram realizadas de forma tranquila e empática [1, 2], com base em diálogos e em debates [2, 3], ressaltando que esse processo se desenvolveu colaborativamente entre os membros das equipes [3]. Embora com baixa recorrência, cinco estudantes da T1 e um da T2 apontaram conflitos entre os integrantes, sobretudo envolvendo o gestor [4], conforme ilustram os excertos, a seguir.

[1] “No geral, durante as discussões, houve concordância e empatia no compartilhamento de informações.” (T2)

[2] “Foi tranquilo, diálogo contínuo, bem dividido e em grupo.” (T1)

[2] “A resolução ocorreu de forma fluida e fácil, tivemos muitos debates construtivos e todos auxiliaram na resolução do caso.” (T2).

[3] “O meu grupo desenvolveu bem as ideias referente ao estudo de caso e trabalhamos bem em grupo.” (T1)

[4] “Tivemos muitos problemas com a antiga gestora do grupo, que não participava ativamente das atividades e não depositava as tarefas. O restante do grupo trabalhou harmoniosamente para buscar resultados dialogando e pesquisando.” (T1)

Atividades didáticas pautadas em ECI, de acordo com Herreid,⁶ são mais proveitosas quando realizadas em grupo e tornam-se valiosas à medida que cada membro expõe seu ponto de vista e suas preocupações, colaborando no delineamento das possíveis soluções para o caso. As respostas oferecidas pelos estudantes indicam que as ações realizadas na resolução dos respectivos ECI ocorreram a contento, a partir de diálogos, debates, discussões construtivas, empatia e colaboração. As situações de desconforto frente ao processo de resolução foram poucas, e giraram em torno do papel que o gestor precisa desempenhar para que exista harmonia e sucesso no cumprimento das tarefas atribuídas ao grupo.

Conhecimentos sobre a temática biofilmes poliméricos

Quanto aos conhecimentos que os estudantes já possuíam sobre a temática de biofilmes poliméricos para solucionar o ECI, 96,77% da T1 e 92,85% da T2 (somatório das respostas CF e C) declararam ter algum conhecimento prévio sobre o tema. Importante ressaltar que apenas 3,23% dos estudantes da T1 e 7,14% da Turma 2 mostraram-se indecisos quanto ao fato de já possuírem algum conhecimento relacionado à resolução do caso. Ainda assim, ao justificarem suas escolhas, um dos alunos da T1 apresentou resposta contraditória, ao mencionar a importância dos testes de caracterização dos biofilmes e a função de cada equipamento que viabiliza tal caracterização, enquanto os outros dois, da T2, fizeram referência aos conhecimentos prévios relacionados aos artigos originais de pesquisa, que, segundo eles, teriam facilitado a compreensão da narrativa e fornecido ferramentas para as análises subsequentes. Nessa perspectiva, é possível afirmar que todos os estudantes possuíam conhecimentos prévios sobre a temática abordada.

Referências à leitura e interpretação de artigos originais de pesquisa, realizadas nas sete aulas que antecederam às relacionadas aos ECI, foram identificadas nas respostas dos estudantes, que relacionaram o estudo desses artigos com o processo de resolução do ECI [5, 6], sendo essas referências encontradas nas respostas de quatro estudantes da T1 e seis da T2, conforme ilustram os excertos, a seguir.

[5] “Os conhecimentos que eu possuía sobre o assunto eram referentes ao artigo das uvas usado na primeira parte dessa disciplina.” (T1)

[6] “Os conhecimentos prévios do estudo de caso, no artigo original de pesquisa, ajudaram na compreensão da narrativa e forneceu-nos ferramentas para análise.” (T2)

Também foram identificadas menções a técnicas e testes que permitiram a caracterização dos biofilmes poliméricos para o revestimento de frutas. Entre essas técnicas, destaca-se a de microscopia eletrônica de varredura (MEV), com dez menções, sendo quatro da T1 e seis da T2 [7, 8]. Quanto aos testes, tem-se a perda de massa, com um total de quinze menções, sendo oito na T1 e sete na T2, seguida da solubilidade em água, com treze menções, sendo seis da T1 e sete da T2 [7, 8]. Além disso, destaca-se que onze estudantes, sendo quatro da T1 e sete da T2, responderam a essa questão demonstrando saber quais são as propriedades desejáveis nos biofilmes para o recobrimento de frutas [9]. Os seguintes excertos destacam tais percepções.

[7] “Conhecimentos a respeito das propriedades dos filmes e suas análises, como: MEV, espessura, solubilidade, perda de massa.” (T1)

[8] “Os conhecimentos adquiridos no artigo original de pesquisa, como os testes de perda de massa, MEV, Tg, solubilidade, espessura, opacidade e como estes aspectos interferem na avaliação do biofilme.” (T2)

[9] “Eu tinha conhecimentos sobre quais características são desejáveis nas propriedades do filme e de recobrimento.” (T2)

Embora nem todos os estudantes tenham fornecido informações específicas determinando a fonte dos conhecimentos prévios, é possível sugerir que eles foram adquiridos por meio do estudo dos artigos originais de pesquisa nas aulas iniciais das disciplinas. Portanto, considera-se que a leitura e discussão desses artigos cumpriram o papel previsto de subsidiar a resolução dos ECI.

Em relação aos novos conhecimentos adquiridos sobre a temática abordada no ECI, conforme ilustram os excertos a seguir, mais uma vez as respostas dos estudantes foram direcionadas aos testes de caracterização dos biofilmes poliméricos para o revestimento de frutas [10], ressaltando que, além de já possuírem familiaridade com alguns deles, aprenderam e se aprofundaram em outros [11], com um total de dezessete menções, sendo dez da T1 e sete da T2.

[10] “A elaboração de novas análises de filmes para descobrir o mais indicado, como por exemplo, a análise sensorial.” (T1)

[11] “Foi inédito para mim os conceitos de SST e ATT.” (T2)

Ademais, oito alunos, seis da T1 e dois da T2, comentaram sobre a utilização da polpa de acerola, reconhecida por suas propriedades antioxidantes. Notadamente, tais comentários originaram-se de discussões referentes, especificamente, à resolução do ECI “As peras do senhor Jairo”. O mineral zeólita também obteve destaque nas respostas, somando oito registros, sendo cinco da T1 e três da T2. Menções à zeólita estavam vinculadas à resolução do ECI “Goiabas, filmes e mineral”.

Tendo em vista o exposto, é possível concluir que a maioria dos estudantes reconheceu a apropriação de uma variedade de novos conhecimentos, a partir da resolução dos ECI. Com efeito, vale destacar que apenas dois estudantes da T1 e quatro da T2 não forneceram resposta ao questionamento sobre aquisição de novos conhecimentos. A aplicação de ECI com o propósito de promover a aquisição de conhecimentos de química é reportada na literatura,^{10,14} de modo que as percepções dos estudantes a esse respeito corroboram tais resultados.

Habilidade de resolução de problemas e tomada de decisão frente a problemas da vida real

A afirmativa relacionada ao desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas, a partir da atividade com ECI, obteve a concordância de 80,64% dos estudantes da T1 e 96,42% da T2 (somatório das respostas CF e C). Por outro lado, 6,45% dos integrantes da T1 discordaram quanto ao seu desenvolvimento. Ressalta-se também que 12,90% de estudantes da T1 e 3,57% da T2 demonstraram indecisão quanto ao aprimoramento dessa habilidade. Apesar de indecisos, um aluno da T1 e um da T2 descreveram, em suas respostas, ações realizadas durante a atividade que contribuíram para o desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas, como a realização de pesquisas. Além disso, o estudante da T1 também relatou a análise de dados para a resolução do ECI, enquanto o da T2 destacou sua participação em discussões em grupo. Apenas dois alunos da T1 um da T2 não responderam a essa questão.

Entre os estudantes que concordaram com o desenvolvimento da habilidade de resolução de problemas, observou-se com maior frequência que, ao responderem à questão aberta que solicitava a menção a ações realizadas durante a resolução do ECI que colaboraram para o desenvolvimento dessa habilidade, houve elevada recorrência de indicações relacionadas à realização de pesquisas [12], encontradas em sete respostas da T1 e em onze da T2; à análise de dados e informações [13], mencionada catorze vezes pelos integrantes da T1 e dez vezes pelos da T2; e à participação em diálogos e discussões [14, 15], identificada em sete respostas da T1 e quatro da T2. A seguir, são apresentados os excertos vinculados à habilidade de resolução de problemas.

[12] “Pesquisas realizadas em relação à temática do assunto.” (T1)

[13] “As análises comparativas dos dados e também as sugestões de análise a serem feitas.” (T2)

[14] “Discussão em grupo, uso de conhecimentos aplicados à uma situação problema.” (T1)

[15] “Discussões em grupo, pesquisas fora da sala de aula.” (T2)

A afirmativa sobre o desenvolvimento da habilidade de tomada de decisão diante de problemas da vida real está estreitamente vinculada à habilidade de resolução de problemas, tendo obtido 58,07% de concordância por parte dos estudantes da T1 e 78,57% da T2 (somatório das respostas CF e C). Cabe destacar que 22,58% dos estudantes da T1 e 21,42% da T2 demonstraram indecisão quanto a essa afirmação. Ainda assim, entre os estudantes indecisos que justificaram suas respostas, um aluno da T1 afirmou que já havia desenvolvido essa habilidade anteriormente, mas que, no processo de resolução do ECI, precisou refletir sobre o que deveria ser prioritariamente considerado para uma tomada de decisão, enquanto outro ressaltou a importância de tentar resolver o problema em etapas para alcançar uma decisão mais adequada. Em relação aos integrantes da T2, um chamou a atenção para a necessidade de realizar discussões em grupo e de buscar informações complementares para adquirir maior domínio sobre o tema, enquanto dois declararam não perceber de que forma o ECI poderia ter contribuído para o desenvolvimento dessa habilidade. Vale destacar que 19,35% dos estudantes da T1 (somatório das respostas DF e D) afirmaram que não desenvolveram essa habilidade ao longo da atividade.

Com relação aos estudantes que concordaram sobre o desenvolvimento da habilidade de tomada de decisão diante de problemas da vida real, quando solicitados a apresentar as ações realizadas durante a resolução do ECI que levaram a isso, apresentaram, com frequência, de acordo com os excertos a seguir, como resposta, a análise cuidadosa dos dados [16], com um total de dezenove menções, sendo sete da T1 e doze da T2. Também foi citada a realização de discussões e debates em grupo [17], com um total de cinco menções, dois por parte dos estudantes da T1 e três da T2, enquanto a realização de pesquisas e leituras de artigos científicos [18] foi mencionada três vezes pelos integrantes da T1.

[16] “Análise dos dados são ideais para tomada de decisão.” (T2)

[17] “Foi possível tomar uma decisão ao debater com meus amigos.” (T2)

[18] “A realização de pesquisas e consultas a artigos científicos de casos reais.” (T1)

Os ECI empregados na atividade didática são de caráter interdisciplinar e solicitaram dos estudantes o aprofundamento do

conhecimento que possuíam sobre determinados problemas existentes na sociedade. Esse aprofundamento, conforme sugerem os resultados obtidos, conduziu a uma compreensão mais ampla dos obstáculos que existem na realidade. Portanto, quando os estudantes consideraram como muito relevantes a análise dos dados fornecidos pelo ECI, assim como as discussões em grupo e a realização de pesquisas, para o desenvolvimento das habilidades de resolução de problema e tomada de decisão, pode-se concluir que a atividade didática cumpriu o seu papel, impulsionando-os a incrementar, modificar ou manter as respostas para os problemas contidos nos ECI, possibilitando, dessa forma, vivência com a alta complexidade presente nas tomadas de decisão da vida real.

Entendimento sobre a forma como é realizada uma pesquisa em química

Considerando as respostas obtidas para a quinta e última afirmativa, observou-se que 80,64% dos estudantes da T1 e 92,84% da T2 concordaram ter desenvolvido o entendimento sobre a forma como uma pesquisa em química é realizada, a partir da resolução dos ECI (somatório das respostas CF e C). Apenas 12,90% dos estudantes da T1 e 7,14% da T2 mostraram-se indecisos quanto a essa afirmativa, enquanto 6,45% dos alunos da Turma 1 dela discordaram.

Os estudantes que concordaram, assim como aqueles que se mostraram indecisos, destacaram ações realizadas durante a resolução do ECI que contribuíram para o desenvolvimento desse entendimento. Entre essas ações, a análise de dados foi a mais recorrente [19, 20, 21], com um total de dezenove menções, sendo doze na T1 e sete na T2. Em seguida, o levantamento de hipóteses foi identificado em nove respostas [20, 21], distribuídas entre dois integrantes da T1 e sete da T2. A realização de pesquisas e a leitura de artigos científicos [22] também estiveram presentes nas respostas, com sete ocorrências, cinco na T1 e duas na T2. Por fim, a aprendizagem relacionada às técnicas e aos testes aplicados aos biofilmes poliméricos foi referida uma vez por um estudante da T1 e quatro vezes por estudantes da T2.

[19] “Entendi como os dados devem ser analisados, como o pesquisador deve buscar as informações.” (T2)

[20] “Elaboração de hipóteses e retomada delas ao longo da pesquisa, desenvolvimento de formas de análise e concluir com base em diferentes fontes de dados.” (T1)

[21] “Ações como propor hipóteses para um problema observado me mostrou sobre o método científico e a análise dos dados, sobre como entender um resultado.” (T2)

[22] “Na leitura do estudo de caso, aparecem diversos fatores que nos levam à pesquisa para um melhor entendimento. No ECI, o assunto faz com que você leia artigos e se embase melhor no tema, entendendo toda a cronologia e como deve ser resolvido um acontecimento, assim como apresentado no ECI.” (T1)

A aplicação dos ECI ocorreu a partir da apresentação gradual de dados extraídos de artigos originais de pesquisa, imitando a forma como muitas investigações são realizadas na área de química, o que favoreceu o entendimento de grande parte dos estudantes sobre a forma como a ciência é construída, de acordo com as percepções deles próprios. O delineamento das questões que foram apresentadas após a narrativa de cada uma das partes dos ECI também contribuiu para isso, pois remeteu a etapas de um percurso usualmente trilhado por cientistas no seu dia a dia, que envolve a tomada de decisão, muitas vezes a partir de dados ainda não completos, e a constante revisão das conclusões, à medida que mais informações são acessadas.⁶ Dessa forma, os resultados alcançados neste trabalho corroboram pesquisas

que apontam as atividades investigativas e os estudos de caso (atuais ou históricos) como contextos favoráveis para o desenvolvimento da compreensão sobre a natureza da ciência.^{26,27}

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho relata uma experiência inovadora no ensino superior de química, pautada em ECI, na qual os estudantes iniciaram as suas atividades de posse de alguns dados sobre os problemas abordados nos casos, foram convidados a criar hipóteses provisórias com base nos mesmos, posteriormente, analisaram dados complementares, aperfeiçoaram suas hipóteses e seguiram, em uma descoberta progressiva, em busca da solução dos casos.

O formato de caso “interrompido” propicia, aos estudantes, o estabelecimento de diálogos com seus pares, e, aos professores, a oportunidades de fazer questionamentos e analisar as respostas fornecidas, de forma gradual, podendo, dessa forma, dentre outras possibilidades, identificar concepções equivocadas sobre o assunto em estudo.²⁸

O processo de produção dos ECI, suas características e forma de aplicação foram aqui discutidos, assim como as percepções dos estudantes de uma disciplina de comunicação científica frente à vivência do método. Cabe destacar que o processo de produção dos ECI pode ser desafiador, se a temática que o professor pretende abordar não for amplamente contemplada em textos originais de pesquisa, o que pode obstaculizar a produção dos casos dessa natureza, constituídos por várias partes, inspiradas em tais textos.

As percepções positivas dos estudantes, no que diz respeito às habilidades desenvolvidas de resolução e tomada de decisão diante de problemas da vida real, à aquisição de conhecimentos sobre a temática em foco no ECI e ao entendimento sobre a forma como uma pesquisa em química é realizada, corroboram estudos reportados na literatura¹⁴⁻¹⁶ e fornecem indícios sobre quão promissor pode vir a ser o desenvolvimento de atividades didáticas dessa natureza.

Tendo em vista o exposto, este trabalho pode contribuir para a difusão do método no Brasil, a partir do fornecimento de subsídios aos professores para a sua aplicação, além da adaptação ou construção dos seus próprios ECI.

DECLARAÇÃO DE DISPONIBILIDADE DE DADOS

Todos os dados foram disponibilizados no texto e todos os ECI estão disponíveis, na íntegra, em <https://gpeqsc.iqsc.usp.br/estudos-de-caso-interrompidos/>.

AGRADECIMENTOS

Às agências de fomento Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, processo 2023/01936-1) e Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, processo 420662/2023-5 e processo 300448/2025-2) pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

1. Passos, K.; Campo, L. F.; Daniel, D. P.; Lima, F. S. C.; Passos, C. G.; *Quim. Nova* **2018**, *41*, 1209. [Crossref]
2. Sá, L. P.; Francisco, C. A.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2007**, *30*, 731. [Crossref]
3. Sá, L. P.; Queiroz, S. L.; *Quim Nova* **2007**, *30*, 2035. [Crossref]
4. Selbach, A. L.; Daniel, D. P.; Ribeiro, D. C. A.; Passos, C. G.; *Quim. Nova Esc.* **2021**, *43*, 38. [Crossref]
5. Bernardi, F. M.; Pazinato, M. S.; *J. Chem. Educ.* **2022**, *99*, 1211. [Crossref]

6. Herreid, C. F.; *Start With a Story: The Case Study Method of Teaching College Science*, 1st ed.; NSTA Press: Arlington, 2007.
7. Lima, M. S.; Oliveira, I. M.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova Esc.* **2022**, *44*, 149. [Crossref]
8. Anderson, B.; *Journal of the Scholarship of Teaching and Learning* **2019**, *19*, 123. [Crossref]
9. Stewart, R.; Stein, D. C.; Yuan, R. T.; Smith, A. C.; *Journal of Microbiology & Biology Education* **2014**, *15*, 36. [Crossref]
10. Lima, M. S.; Pozzer, L.; Queiroz, S. L.; *J. Chem. Educ.* **2023**, *100*, 722. [Crossref]
11. Lima, M. S.; Queiroz, S. L.; *J. Chem. Educ.* **2024**, *101*, 467. [Crossref]
12. Lima, M. S.; Pozzer, L.; Queiroz, S. L.; *J. Res. Sci. Teach.* **2025**, *65*, 1319. [Crossref]
13. Dinan, F. J.; *J. Coll. Sci. Teach.* **2006**, *36*, 38.
14. Matos, R.; Lima, M. S.; Balestiero, G.; Queiroz, S. L.; *J. Chem. Educ.* **2024**, *101*, 1361. [Crossref]
15. Hall, K.; Starzec, K.; *Journal on Empowering Teaching Excellence JETE* **2024**, *8*, 1. [Crossref]
16. Altmann, I.; Atz, N. R.; Rosa, S. M. L.; *Quim. Nova Esc.* **2018**, *40*, 53. [Crossref]
17. Queiroz, S. L.; Sá, L. P.; *Estudo de Casos no Ensino de Química*, 2^a ed.; Átomo: Campinas, 2010.
18. Fakhouri, F. M.; Fontes, L. C. B.; Gonçalves, P. V. M.; Milanez, C. R.; Steel, C. J.; Collares-Queiroz, F. P.; *Cienc. Tecnol. Aliment. (Campinas, Braz.)* **2007**, *27*, 369. [Crossref]
19. Jacobs, V.; Souza, F. S.; Hamm, J. B. S.; Mancilha, F. S.; *Revista Iberoamericana Polímeros* **2020**, *21*, 107. [Link] acessado em agosto 2025
20. Bessa, R. A.; Oliveira, L. H.; Arraes, D. A.; Batista, E. S.; Nogueira, D. H.; Silva, M. S.; Ramos, P. H.; Loiola, A. R.; *Rev. Virtual Quím.* **2015**, *7*, 2190. [Crossref]
21. Roth, W. M.; Pozzer-Ardenghi, L.; Han, J. Y.; *Critical Graphicacy: Understanding Visual Representation Practices in School Science (Contemporary Trends and Issues in Science Education, 26)*, 1st ed.; Springer Science & Business Media: Netherlands, 2005.
22. Lima, M. S.; Queiroz, S. L.; *Quim. Nova* **2020**, *43*, 987. [Crossref]
23. Vicentino, S. L.; Floriano, P. A.; Dragunski, D. C. E.; Caetano, J.; *Quim. Nova* **2011**, *34*, 1309. [Crossref]
24. Oliveira, A. F.; Soldi, V.; Coelho, C. M. M.; Miqueloto, A. E.; Coimbra, J. L. M.; *Quim. Nova* **2009**, *32*, 1845. [Crossref]
25. Tecnologia da Informação no Desenvolvimento da Internet Avançada - Aprendizado Eletrônico (Tidia-Ae), <https://ae4.tidia-ae.usp.br/portal>, acessado em agosto 2025.
26. Allchin, D.; Andersen, H. M.; Nielsen, K. H.; *Sci. Educ.* **2014**, *98*, 461. [Crossref]
27. Rozentaliski, E. F.; Porto, P. A.; *Quim. Nova* **2021**, *44*, 1210. [Crossref]
28. Prud'homme-Genereauz, A.; *J. Coll. Sci. Teach.* **2017**, *46*, 54. [Crossref]