

Ensino por Investigação em aulas de Química: Construindo a argumentação através da problemática “Por que as bananas escurecem?”

Investigative Teaching in Chemistry classes: Developing argumentation through the problem: “Why do bananas darken?”

Enseñanza de la investigación en las clases de Química: Construyendo el argumento a través de la problemática “¿Por qué se oscurecen las bananas?”

Ercila Pinto Monteiro (monteiro@ufam.edu.br)
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Renan Martins Libório (renan_martinn@outlook.com)
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Yana Barbara da Silva Teixeira (ybarbarateixeira@gmail.com)
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Marcela da Silva Nascimento (marcella_pj@hotmail.com)
Universidade Federal do Amazonas-UFAM

Revista Insignare Scientia

Resumo: O presente relato apresenta uma sequência de ensino investigativo - SEI a partir da situação-problema “Por que as bananas escurecem?” para oferecer o ensino por investigação aos alunos do 5º período de Licenciatura em Química da Universidade Federal do Amazonas. O ensino por investigação é uma metodologia ativa que estimula os estudantes a realizarem um experimento, sem precisar de roteiro pré-estabelecido, o que mobiliza o pensamento. A metodologia segue uma sequência de ensino investigativo, que através de uma situação-problema incentiva os estudantes a levantar e testar as suas hipóteses, a buscar evidências para resolver o problema, a promover a construção de argumentos científicos e a fazer a articulação com situações reais. Os resultados mostraram que os estudantes de química demonstraram muito envolvimento, cooperação e motivação nas atividades. Durante o processo, os estudantes conseguiram identificar o tipo de reação responsável pelo escurecimento da banana e a compreender os fatores que influenciavam na reação (como, temperatura, enzimas da banana). Ademais, conseguiram articular o conhecimento de oxido-redução com outras situações reais. Assim, o ensino por investigação possibilitou construir em sala efetivas aprendizagens que devem ser consideradas pelos professores de química.

Palavras-chave: Ensino investigativo; Metodologia ativa; Sequência de Ensino Investigativo.

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

Abstract: This paper presents a sequence of investigative teaching - SEI from the problem situation "Why do bananas darken?" to offer the teaching by research to students of the 5th period of Chemistry Degree at the Federal University of Amazonas. Teaching by inquiry is an active methodology that encourages students to perform an experiment, without needing a pre-established script, which mobilizes thinking. The methodology follows an investigative teaching sequence, which through a problem situation encourages students to raise and test their hypotheses, to seek evidence to solve the problem, to promote the construction of scientific arguments, and to make the articulation with real situations. The results showed that the chemistry students demonstrated a lot of involvement, cooperation, and motivation in the activities. During the process, the students were able to identify the type of reaction responsible for browning the banana and to understand the factors that influenced the reaction (such as, temperature, banana enzymes). Furthermore, they were able to articulate their knowledge of oxide-reduction with other real situations. Thus, teaching through investigation allowed them to build effective learning in the classroom that should be considered by chemistry teachers.

Keywords: Investigative Teaching; Active Methodology; Investigative teaching sequence.

Resumen: Este trabajo presenta una secuencia de enseñanza investigativa - SEI a partir de la situación problema "¿Por qué se oscurecen los plátanos?" para ofrecer la enseñanza por investigación a los estudiantes del 5º período de la carrera de Química de la Universidad Federal de Amazonas. La enseñanza por indagación es una metodología activa que anima a los alumnos a realizar un experimento, sin necesidad de un guión preestablecido, que moviliza el pensamiento. La metodología sigue una secuencia didáctica investigativa, que a través de una situación problema estimula a los estudiantes a plantear y probar sus hipótesis, a buscar evidencias para resolver el problema, a promover la construcción de argumentos científicos y a realizar la articulación con situaciones reales. Los resultados mostraron que los estudiantes de química mostraron una gran implicación, cooperación y motivación en las actividades. Durante el proceso, los alumnos fueron capaces de identificar el tipo de reacción responsable del oscurecimiento del plátano y de comprender los factores que influyen en la reacción (como, por ejemplo, la temperatura, las enzimas del plátano). Además, fueron capaces de articular los conocimientos de óxido-reducción con otras situaciones reales. Así, la enseñanza a través de la investigación permitió la construcción de un aprendizaje efectivo en el aula, lo que debería ser considerado por los profesores de química.

Palabras-clave: Docencia investigativa; Metodología activa; Secuencia didáctica de investigación.

INTRODUÇÃO

A urgente necessidade de ressignificar o processo de ensino e aprendizagem na escola tem proporcionado intensos estudos sobre novas propostas de ensino que incentivam os professores a se emanciparem do ensino tradicional (POZO; CRESPO, 2009; CACHAPUZ et

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

al., 2011; FAUSTO, 2018). Dentre as propostas, cita-se, por exemplo, a sala de aula invertida, o design thinking, a aprendizagem baseada em problemas, o ensino por projeto, o ensino por investigação, o ensino multidisciplinar entre Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática - STEAM, o ensino híbrido, entre outras (BOROCHOVICIUS; TORTELLA, 2014; MARTINS FILHO et al; 2015; BERGMANN, 2018; BACICH; MORAN, 2018; SASTRE; ARAUJO, 2018).

Para que o professor deixe de ser a figura central em sala de aula e passe a ser mediador do processo de ensino-aprendizagem, a legislação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) tem incentivado dentre as dez metas a alcançar a oferta de um ensino menos fragmentado e vinculado a situações reais, que favoreça o entendimento dos estudantes sobre o sentido de estar na escola.

[...] a superação da fragmentação radicalmente disciplinar do conhecimento, o estímulo à sua aplicação na vida real, à importância do contexto para dar sentido ao que se aprende e o protagonismo do estudante em sua aprendizagem e na construção de seu projeto de vida (BRASIL, 2017, p. 15).

Há alguns anos, as metodologias ativas vêm sendo vinculadas a pedagogias construtivistas, cuja intenção é de o professor mudar a sua estratégia de ensino com vista a alcançar resultados mais positivos em sala de aula. Neste contexto, Oliveira (2013, apud SEGURA; KALHIL, 2015, p. 90) chega a afirmar que as metodologias ativas proporcionam interações de conhecimento, análise, estudos e pesquisas que ajudam o aluno a solucionar problemas reais, seja de um caso ou de um projeto particular.

Considerando a importância das metodologias ativas, esse trabalho se direcionou a compreender o ensino por investigação como metodologia ativa na formação de professores de Química, especificamente, na disciplina Experimentação para o Ensino de Química (IEQ121) oferecida aos estudantes de licenciatura do 5º período de uma Universidade Pública; principalmente, no que se destina a entender o seguinte questionamento: De que forma a construção de experiência de aprendizagem em ensino por investigação na formação contribui para a construção de argumentos científicos?

A importância de formar futuros professores comprometidos com o ensino de ciências, principalmente, construindo experiências docentes ainda na graduação é imprescindível. O relato de experiência de Parma et al. (2018), por exemplo, confirma esta hipótese. Ainda na graduação, os autores afirmam que o vínculo com o ensino por investigação por meio do

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID) contribuiu para que as suas ações educativas como professores fossem bem diferenciadas, planejadas e reflexivas. Outras experiências provenientes do ensino por investigação podem ser vistas nos trabalhos de Nascimento (2016), Azevedo e Fireman (2017), Zetóles e Trazzi (2020) e Barbosa et al. (2021).

Nesse contexto, a proposta da disciplina IEQ121, Experimentação para o Ensino de Química, conduziu os estudantes a compreender a importância do ensino investigativo para a produção de experimentos sem um roteiro pré-determinado, sobretudo, tendo como ponto de partida uma problemática: “Por que as bananas escurecem?”. Assim, os estudantes tiveram a oportunidade de se tornarem protagonista da sua própria aprendizagem por meio “da passagem da ação manipulativa para ação intelectual” (CARVALHO et al., 2013, p. 3).

O ensino por investigação, diferente de outras propostas de metodologias ativas, contribui para que o professor planeje a sua aula a partir de uma Sequência de Ensino por Investigação – SEI, um planejamento docente que usa situações reais como problemática para proporcionar aulas motivadoras e aprendizagem, incentivando a autonomia dos estudantes por meio da pedagogia do protagonismo.

O que é a sequência de ensino investigativo?

O objetivo principal da SEI é conduzir o professor a criar um ambiente propício para os alunos construírem seus próprios conhecimentos, como destacado por Carvalho et al,

[...] queremos criar um ambiente investigativo em salas de aula de Ciências de tal forma que possamos ensinar (conduzir/mediar) os alunos no processo (simplificado) do trabalho científico para que possam gradativamente ir ampliando sua cultura científica, [...] (2013, p. 9).

Neste sentido, para uso do ensino por investigação, o professor precisa orientar a turma sobre a resolução de um problema real que se quer resolver, normalmente, apresentado na forma de um texto, um vídeo, uma reportagem, entre outros. O docente já não é aquele que detém o saber e realiza todas as explicações, diferentemente, ele se torna aquele que incentiva os alunos ao levantamento e teste de hipóteses, a coleta e análise de dados e a busca de argumentos com evidências para a resolução do problema real. Por isso que Carvalho (2013, p. 2) afirma “ao fazer uma questão, ao propor um problema, o professor passa a tarefa de

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

raciocinar para o aluno e sua ação não é mais o de expor, mas de orientar e encaminhar as reflexões dos estudantes na construção do novo conhecimento [...]”.

Em todas as propostas de ensino investigativo, a sequência didática deve ser iniciada com uma problematização. Deste modo, é importante salientar a contribuição de Bachelard (1996, p. 18) ao destacar que “Se não há pergunta, não pode haver conhecimento”.

Apesar da problematização se tornar obstáculos para os alunos “é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado” (Bachelard, 1996, p. 17), pois a partir dela, os estudantes terão a oportunidade de “desenvolver a capacidade de raciocínio, melhorar as habilidades de comunicação, adotar comportamentos e atitudes profissionais, bem como desenvolver habilidades de autoavaliação e de avaliação de seus pares” (MENNIN et al., 2003, p.1).

Percebe-se que o espaço dado ao aluno para construir seu conhecimento possibilita a construção de uma cultura de pensamento, que o conduz a superar a fragmentação disciplinar e a estabelecer vínculos com o mundo real. É este tipo de aprendizagem que provoca nos estudantes o desenvolvimento de habilidades, que vem sendo recomendada pela legislação brasileira, através na nova Base Nacional Comum Curricular (BNCC) como segue:

[...] atuar com discernimento e responsabilidade nos contextos das culturas digitais, aplicar conhecimentos para resolver problemas, ter autonomia para tomar decisões, ser proativo para identificar os dados de uma situação e buscar soluções, conviver e aprender com as diferenças e as diversidades (BRASIL, 2017, p. 14).

Consoante a isto, o ensino por investigação favorece a oferta de uma educação integral aos estudantes por proporcionar “uma base de conhecimentos contextualizada, que prepara os estudantes para fazer julgamentos, tomar iniciativas, elaborar argumentos e apresentar proposições alternativas bem como fazer uso criterioso de diversas tecnologias” (BRASIL, 2017, p. 537), sendo esta de responsabilidade da área das Ciências da Natureza e suas Tecnologias. Ademais, o objetivo da BNCC (2017, p. 537) é provocar nos estudantes: (i) o entendimento de processos fenomenológicos; (ii) o desenvolvimento das habilidades investigativas e (iii) da linguagem argumentativa.

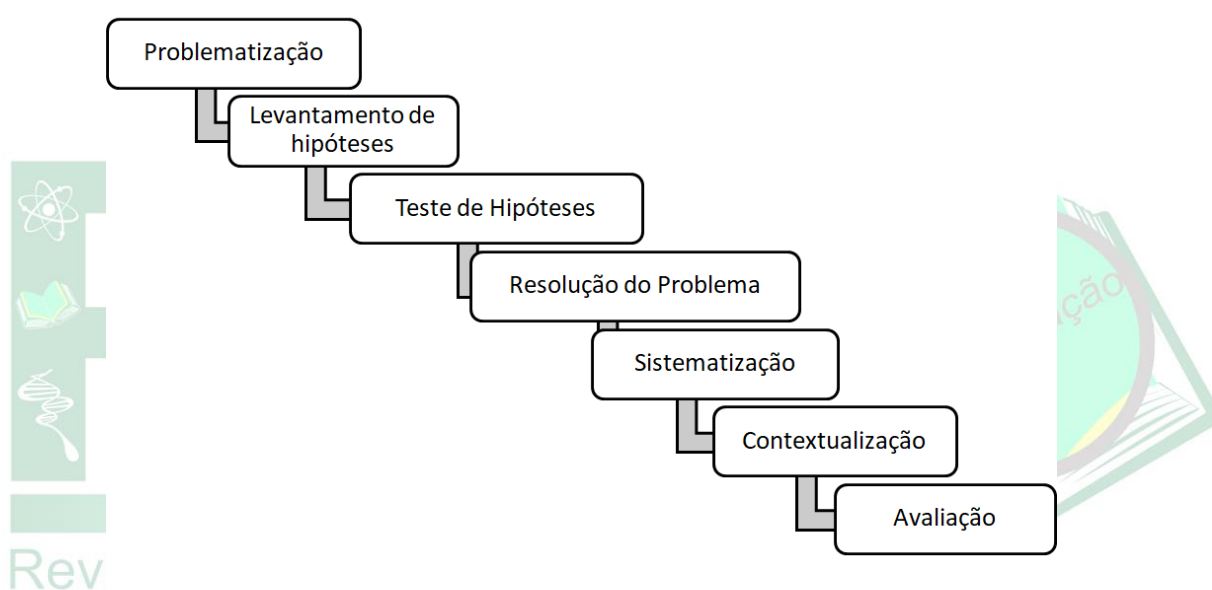
Essas características podem ser desenvolvidas pelo ensino por investigação, principalmente, o objetivo iii. Segundo Carvalho et al. (2013), o professor, ao preparar a sua sequência de ensino por investigação, deve garantir que os estudantes tenham entendimento de fenômenos, desenvolvam habilidades e linguagem argumentativa por meio da: (1) presença

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

de um problema real consoante a um conteúdo programático; (2) sistematização dos conceitos; (3) contextualização dos conceitos com situações do cotidiano; e (4) avaliações processuais.

O professor atuará como guia, orientando o aluno a pesquisar mais sobre o problema para que ele chegue a uma solução. No entanto, para se chegar à resolução final do problema, o aluno passará por etapas (Figura 1), como: levantamento e teste de hipóteses, identificação de evidências, sistematização dos conceitos envolvidos, contextualização e avaliação.



Fonte: Adaptado de Carvalho et al 2013.

Figura 1 - Momentos de aprendizagem em sala de aula com o ensino por investigação.

Compreende-se que os momentos de aprendizagem em sala de aula oportunizam o aluno a realizar: 1) coleta e análise de dados (levantamento e teste de hipótese); 2) argumentação por evidências (resolução do problema); 3) compartilhamento e reorganização das informações conceituais (sistematização), 4) conexão com outros contextos (contextualização) e 5) verificação de sua aprendizagem (avaliação). Conseqüentemente, o ensino por investigação mobiliza recursos cognitivos nos estudantes (comparar, analisar, refletir, perguntar, entre outros) que os conduz ao desenvolvimento da argumentação, coerente com a linguagem científica, de maneira que os estudantes façam uma nova leitura de

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

mundo fundamentada na cultura e também na visão proporcionada pelas Ciências da Natureza e suas Tecnologias.

A SEQUÊNCIA DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO: “POR QUE AS BANANAS ESCURECEM?”

A realização do ensino por investigação foi conduzida a partir da problemática “Por que as bananas escurecem?” sendo a turma da disciplina IEQ121 Experimentação para o Ensino de Química dividida em três grupos de quatro a cinco componentes. Ressalta-se que a problemática apresentada aos estudantes respeitou o poder de escolha da turma, pois foram responsáveis de escolher um tema, a fim de criar um ambiente de motivação entre os estudantes. O tema escolhido pelos estudantes foi “Por que as bananas escurecem?”. A partir dessa escolha, uma situação-problema foi criada dentro de um contexto e apresentada para os estudantes (Quadro 1).

Quadro 1 – Situação-problema – “Por que a banana escureceu?”

POR QUE A BANANA ESCURECEU?

Durante a manhã de Domingo, João foi à feira comprar dois cachos de banana prata. Ao chegar em casa, guardou um cacho na geladeira e outro colocou na fruteira. Ao longo da semana, a esposa de João foi percebendo que as bananas da geladeira começaram a “escurecer” mais rápido do que aquelas que estavam na fruteira.

João ao pegar as bananas que estavam na geladeira foi questionado por sua esposa: “João, você percebeu que as bananas na geladeira escureceram mais rápido do que as da fruteira?”. O que deverá ter contribuído para isso? João respondeu com incerteza: “acho foi o ar frio”. João ao descascar a banana percebeu que a banana só estava escurecida por fora, já que a fruta por dentro estava íntegra para o consumo.

Diante da situação apresentada, pergunta-se: O que poderia ter contribuído para que as bananas escurecessem mais rápido na geladeira?

Fonte: Autores, 2019.

De maneira a construírem experiência sobre a vivência da SEI, as etapas de ensino por investigação foram conduzidas no laboratório de ensino da Universidade, considerando os seis momentos de aprendizagem: (1) levantamento de hipóteses; (2) teste das hipóteses; (3) resolução do problema; (4) sistematização; (5) contextualização; e (6) avaliação, conforme a SEI adaptada de Carvalho et al (2013).

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

Após a apresentação da problemática, os estudantes foram incentivados a levantarem as suas hipóteses, registrando em uma folha de papel sobre o que poderia ter influenciado a banana escurecer mais rápido na geladeira. Em grupo, os estudantes foram orientados a refletir, discutir, explicar e relatar com os colegas sobre as ideias levantadas (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015). O objetivo do levantamento de hipóteses é saber qual era noção que os alunos traziam a respeito da temática. Após esse momento, houve uma socialização por 20 minutos das hipóteses levantadas com a turma e depois se seguiu com o teste das hipóteses.

Considerando que a situação do escurecimento da banana estava no plano textual e demandaria tempo para observá-la no laboratório, decorreu ao professor de realizar um experimento comparativo com o fenômeno do escurecimento da banana, que envolvia a reação de oxido-redução entre permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio. O objetivo do experimento era fazer com que os estudantes identificassem a característica do fenômeno de oxido-redução, uma vez que esse tipo de reação é a mesma responsável pelo escurecimento da banana. Este foi o caminho escolhido para que os estudantes chegassem à resolução do problema.

O experimento foi realizado (demandou 20 minutos) para que os alunos visualizassem as mudanças percebidas resultante da reação. O que se esperava? O aparecimento de uma substância escura (MnO_2) e a liberação de gás oxigênio (O_2). Assim, a turma foi conduzida a discutir sobre o que observavam; quais fatores provocavam a mudança, se havia variação do número de oxidação e quem eram os agentes oxidantes e redutores da reação (10 minutos). A pergunta direcionada a eles para pensar a reação foi “Explique como podemos definir a substância que sofreu oxidação durante a reação. Utilize como exemplo alguma reação”. Era muito importante que os alunos nessa discussão identificassem aspectos peculiares da reação de oxido-redução. Por exemplo, o escurecimento ou a liberação de gás é típico de uma reação de oxido-redução, devido à presença de um agente responsável pela oxidação.

Ora, conhecendo uma reação de oxido-redução, os estudantes foram conduzidos a identificar os fatores que provocaram o fenômeno do escurecimento da banana para a resolução do problema. Entende-se que somente com a tomada de consciência do que era um fenômeno de oxido-redução é que os estudantes poderiam testar as suas hipóteses iniciais e buscar respostas para o problema. Para tal, os grupos foram incentivados a argumentar trazendo as evidências observadas no experimento, pensando na seguinte pergunta: “Como o

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

experimento da oxidação de permanganato de potássio está relacionado ao escurecimento da banana?”. Além disso, tiveram 10 minutos para pesquisarem sobre o assunto, a fim de articularem os conhecimentos prévios (construído no experimento) com os da pesquisa para chegarem a uma conclusão.

Para Driver et al., (2000, p.302) construir argumentos é o que “as pessoas em situações específicas realmente buscam desde as premissas até as conclusões”. A argumentação foi usada para encontrar “evidências” que expressassem o raciocínio através da linguagem dos locutores em um contexto real de aprendizagem. Dessa forma, os estudantes foram incentivados a compartilharem por meio da prática discursiva as suas ideias gerais sobre os motivos que provocavam o escurecimento mais rápido da banana em ambientes frios. A prática discursiva em grupo garantiu o desenvolvimento da capacidade de construir argumentos essenciais para a compreensão da ciência (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015).

Sabendo da importância de reorganizar as informações e se chegar a uma conclusão geral do que se aprendeu, o professor iniciou a sistematização dos conceitos envolvidos. Neste contexto, os argumentos da classe foram registrados no quadro branco e a ideia era alcançar uma solução para o problema. A visão geral dos argumentos possibilitou aos estudantes enxergarem quais eram aqueles argumentos que estavam desajustados e aqueles que acrescentavam informações importantes.

A sistematização foi um momento em que a turma conseguiu reorganizar as ideias para se chegar a uma solução consensual do problema. Após o entendimento da turma sobre a solução para a situação-problema, o professor direcionou a seguinte questão aos estudantes: “Que outro experimento poderia ser utilizado para explicar a oxidação de substâncias? Descreva-o e explique-o”. A ideia era que os estudantes fossem capazes de pensar em que situação eles poderiam aplicar o aprendido. Esse foi o início da contextualização.

Para a avaliação dos estudantes de licenciatura, propôs-se a entrega de um relatório sobre a experiência de aprendizagem construída com a experimentação investigativa. Em todo o processo de aprendizagem questões foram conduzidas aos estudantes com o propósito de trazer evidências da aprendizagem sobre aquilo que estavam aprendendo (Tabela 1), o que serviu também como instrumento de avaliação para o professor.

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

Tabela 1 – As indagações aos estudantes em relação ao ensino por investigação.

Perguntas	Finalidades
Explique como podemos definir a substância que sofreu oxidação durante a reação. Utilize como exemplo alguma reação.	Analisar se o aluno compreendeu o conceito de oxidação. O que aprendi?
Como o experimento da oxidação de permanganato de potássio está relacionado ao escurecimento da banana?	Observar se ficou clara para a turma a relação entre o experimento feito e o escurecimento da banana. Como aprendi?
Que outro experimento poderia ser utilizado para explicar a oxidação de substâncias? Descreva-o e explique-o.	Compreender se o estudante busca fazer outras reações com situações de oxido-redução, reforçando os conceitos e a relação com o escurecimento da banana. Em que situação posso aplicar o aprendido?

Fonte: Autores, 2019.

RESULTADOS DA ATIVIDADE DE ENSINO POR INVESTIGAÇÃO NO LABORATÓRIO DE ENSINO

Em classe, os estudantes de química demonstraram muito envolvimento, cooperação e motivação na realização das atividades. Observou-se que a motivação ajudou a criar um ambiente de interação em sala de aula e compreende-se que escolha dos estudantes pela problemática em questão foi o principal “ingrediente”. Segundo Stumpfenhorst (2018, p. 45), o poder de escolha dos estudantes não só contribui para elevar a motivação bem como em envolvê-los em uma aprendizagem mais profunda. Ademais, Carvalho (2018, p. 767) acrescenta que o problema proposto desencadeia o raciocínio dos alunos dando liberdade intelectual para exporem seus pensamentos, seus raciocínios e suas argumentações.

Foi nesse contexto motivacional, que os estudantes trocaram ideias para a elaboração das possíveis explicações sobre o fenômeno, após a apresentação da questão motriz. Das hipóteses sugeridas pelos estudantes como fatores responsáveis pelo escurecimento da banana na geladeira (Tabela 2), destacam-se (1) a umidade; (2) o calor; e (3) a temperatura.

Tabela 2 - Hipóteses dos grupos

Ensino investigativo	Evidências
Hipóteses	G1- A umidade presente na geladeira influencia na oxidação da casca e consequentemente no seu escurecimento.
	G2- A banana não estraga por dentro e escurece por fora devido a transferência de energia da fruta para o ambiente.
	G3- Devido à baixa temperatura a reação da oxidação ocorre mais

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

rápido. O **potássio** enquanto a casca está na cor amarelada **está no estado reduzido**, quando escurece o **está no estado oxidado**.

Fonte: Autores, 2019.

A elaboração de hipóteses na ciência ocorre como “uma tentativa de explicação de determinado fato ou fenômeno” (TRIVELATO; TONIDANDEL, 2015, p. 109). Neste contexto, pergunta-se se realmente a água, o calor e a temperatura seriam fatores responsáveis por acelerar a reação de escurecimento na banana dentro da geladeira. Conforme os diálogos iam se desenrolando, os estudantes apresentaram evidências de que ainda tinham as suas dúvidas, porém, compreendiam que o processo de escurecimento da banana era o resultado de um processo de oxidação ocorrido apenas na casca, conforme os argumentos:

G1 “[...] na oxidação da casca e conseqüentemente no seu escurecimento [...]”,

G3 “[...] a reação da oxidação ocorre mais rápido. O potássio enquanto a casca está na cor amarelada está no estado reduzido, quando escurece o está no estado oxidado”

G2 “A banana não estraga por dentro e escurece por fora [...]”.

A literatura aponta que o oxigênio e a temperatura são fatores responsáveis pela aceleração do processo oxidativo da banana na geladeira. O que acontece é que o catecol presente na casca da banana, quando em contato com o oxigênio, ativa a enzima polifenoloxidase (PPO) que provoca uma reação oxidativa em cadeia (MELO; VILLAS BOAS, 2006; SANTOS, 2009). A primeira reação é a transformação do catecol em quinona e, a segunda, a transformação em quinona em melanina, que é a substância responsável pelo escurecimento. O fenômeno do escurecimento é, portanto, causado pela oxidação enzimática de substâncias presentes naturalmente em vegetais, que em contato com o oxigênio libera pigmentos escuros durante o processo oxidativo (RAMIREZ et al., 2003). Entretanto, quando a banana é submetida a uma baixa temperatura, a ação da enzima PPO é rapidamente ativada, acelerando o processo oxidativo da banana em ambientes frios. Por conta disso, as bananas que ficam na geladeira escurecem mais rápido quando comparadas aquelas que estão em temperatura ambiente.

Apesar de os estudantes não saberem explicar quais eram as substâncias envolvidas na reação, havia a compreensão de que o escurecimento resultava de uma reação de caráter

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

oxidativo (conforme os relatos acima). Em geral, os estudantes ainda acreditavam que a umidade e o calor colaboravam de alguma forma para o escurecimento da banana.

Carvalho et al. (2013, p. 3) afirmam que há determinados momentos no ensino por investigação em que “o professor precisa, ele mesmo, tomar consciência da importância do erro na construção de novos conhecimentos”, porque por meio do erro será possível criar um espaço comunicativo, em que o desencontro de perspectivas poderá ser conduzido para o crescimento mútuo entre os participantes, através da negociação de significados. É neste sentido que Mortimer e Scott (2002, p. 284) afirmam que o papel da negociação de sentidos pela mediação do docente se torna essencial para a resolução de um problema.

Com intuito de favorecer a construção de argumentos científicos para o fenômeno de escurecimento da banana, os estudantes foram conduzidos a testar as suas hipóteses a partir da observação de um experimento simples entre permanganato e peróxido de hidrogênio (Tabela 3). Ferreira et al. (2010, p. 102) aponta neste quesito “que a abordagem investigativa entre outros aspectos, busca planejar investigações e usar montagens experimentais para coletar dados seguidos da interpretação e análise para comunicação os resultados”. Tal proposta foi considerada a fim de que estudantes superassem a dificuldade de explicar os processos bioquímicos ocorridos na banana e ir construindo passo a passo argumentos científicos.

Tabela 3 - Observações dos grupos sobre o experimento com o permanganato de potássio.

Experimento investigativo	Evidências
Observações sobre o fenômeno	G1 -Inicialmente quando se adicionou o permanganato de potássio houve mudança da coloração para o lilás ao adicionar o peróxido de hidrogênio, houve reação, constada pela liberação de gás oxigênio e mudança de cor do lilás para o preto.
	G2 -A cor modificou-se. De roxo escuro para preto amarronzado, ficou com aspecto de refrigerante. Várias bolhas são liberadas de baixo para cima. Sem odor.
	G3 -Mudança de cor da mistura de $KMnO_4$ e água. De violeta para uma cor vermelha mais escura; Produção de bolha; Produção de precipitado.

Fonte: Autores, 2019.

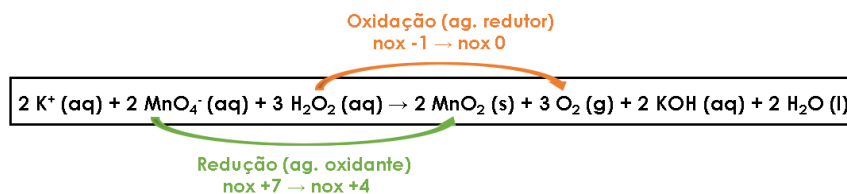
Ao apresentar a reação química, os estudantes conseguiram identificar rapidamente a ocorrência da reação por dois aspectos comuns observados na reação: (1) mudança de cor e (2) liberação de gás (produção de bolhas) (Figura 2). Assim, por meio dos relatos de observação, afirmaram:

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

G1 “[...] houve reação, constada pela liberação de gás oxigênio [...]”.

G3 “[...] de violeta para uma cor vermelha mais escura; Produção de bolha; Produção de precipitado”.



Fonte: Autores, 2019.

Figura 2 - Reação de oxido-redução entre permanganato de potássio e peróxido de hidrogênio.

Considerando as observações de cada grupo, era muito importante que os alunos identificassem os elementos que provocaram a reação oxido-redução, como, por exemplo, a presença de agentes oxidantes e redutores, a variação do número de NOX, entre outros (Tabela 4).

Tabela 4 - A compreensão dos estudantes sobre: O que aprendi?

Pergunta	Evidências
Explique como podemos definir a substância que sofreu oxidação durante a reação. Utilize como exemplo alguma reação.	G1 - Observamos que há oxidação do oxigênio, devido ao aumento do seu número de oxidação.
	G2 – A substância que sofre a oxidação provoca a redução do agente oxidante. Logo, aquele que sofre a oxidação tem seu número de NOX aumentado.
	G3 – Sabendo o seu número de NOX nos produtos e nos reagentes, pois quem oxidou (perdeu elétron) e quem reduziu (ganhou elétrons).

Fonte: Autores, 2019.

As evidências demonstram que os alunos tinham conhecimento sobre a existência de agentes oxidantes e redutores na reação, conforme os relatos:

G2: “[...] a oxidação provoca a redução do agente oxidante”. Além disso, que em uma reação redox há variação de NOX,

G1: “[...] aumento do seu número de oxidação”

G2: “Logo, aquele que sofre a oxidação tem seu número de NOX aumentado”. E, sobretudo que neste processo há perda e ganho de elétrons, conforme os argumentos de G3: “[...] quem oxidou (perdeu elétron) e quem reduziu (ganhou elétrons)”.

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

Durante o processo, os estudantes foram construindo argumentos científicos para resolverem a situação-problema em questão. O primeiro passo era de favorecer a tomada de consciência sobre os processos envolvidos em uma reação de oxido-redução para conduzir o aluno à ação intelectual (CARVALHO et al. 2013).

As evidências mostram que o conhecimento científico foi sendo construído durante a atividade em busca da resolução do problema, pois quando questionados sobre: Como o experimento da oxidação de permanganato está relacionado ao escurecimento da banana? Os estudantes argumentaram que a relação se deve a “oxidação” presente nas duas reações (Tabela 5). O grupo G2, por exemplo, argumentou que “As enzimas liberadas vão oxidar os compostos. Inicia-se uma cadeia de reações bioquímicas que irão ao final produzir pigmentos escuros. O pigmento escuro é a melanina na casca da banana”.

Tabela 5 - A compreensão dos estudantes sobre: Como aprendi?

Pergunta	Evidências
Como o experimento da oxidação de permanganato de potássio está relacionado ao escurecimento da banana?	G1–Relaciona-se com a mudança de cor da banana, tornando-se um indicativo da oxidação.
	G2 - As enzimas liberadas vão oxidar os compostos. Inicia-se uma cadeia de reações bioquímicas que irão ao final produzir pigmentos escuros. O pigmento escuro é a melanina na casca da banana.
	G3 – A cor que caracteriza a oxidação.

Fonte: Autores, 2019.

Pode-se dizer que o ambiente de interação e diálogo ajudou muito para que os estudantes se envolvessem com a atividade e não se sentissem intimidados em participar (MUNFORD; LIMA, 2007), o que ajudou na construção dos argumentos científicos pela cooperação entre os pares.

O processo de sistematização demonstrou que os estudantes começaram a tomar consciência de seus erros e da possibilidade ou impossibilidade de ter validade ou não sobre as suas hipóteses iniciais. O objetivo da sistematização não foi de expor os alunos, mas de compreender as suas dificuldades, as suas dúvidas e o que deveriam superar para se apropriar dos conceitos envolvidos. Além disso, a condução das atividades com a realização do experimento possibilitou que os alunos conseguissem compreender o fenômeno do escurecimento da banana chegando se à conclusão de que os processos bioquímicos de

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

oxidação aconteciam na banana tanto fora quanto dentro da geladeira, porém com certa rapidez sobre aquela que estava submetida à baixa temperatura, devido à ativação “precoce” da enzima PPO.

Durante a contextualização, evidências demonstraram que os estudantes conseguiram fazer articulação do fenômeno redox com outros contextos, por exemplo, escurecimento da maçã e da batata cotada, da palha de aço misturada ao vinagre e da reação entre iodeto de potássio, água oxigenada e ácido sulfúrico (Tabela 6).

Tabela 6 - A compreensão dos estudantes sobre: Em que situação posso aplicar o aprendido?

Pergunta	Contextualização	Evidências
Que outros experimentos poderiam ser utilizados para explicar a oxidação de substâncias?	Palha de aço e vinagre	G1 - Ferrugem da palha de aço misturada ao vinagre. O vinagre irá tirar a camada protetora da palha de aço, ficando mais escura, devido a formação do óxido de ferro de cor alaranjada (enferrujou), havendo, portanto, a oxidação.
	Oxidação da batata e da maçã	G2 - Apodrecimento da batata e da maçã. Ambos os alimentos são expostos ao ar e os dois, após aproximadamente uma hora, apresentam partes escuras em sua estrutura.
	Iodeto de potássio e ácido sulfúrico	G3 - Mistura entre iodeto de potássio, ácido sulfúrico e água oxigenada, onde a reação irá produzir sulfato de potássio, iodeto e água.

Fonte: Autores, 2019.

Revista Insignare Scientia

Com a construção dessa experiência os estudantes de química tiveram a oportunidade de compreender que um ensino por investigação é bem diferente do ensino tradicional. Pode-se dizer que ensino por investigação propicia um ambiente acolhedor e participativo, permitindo os estudantes se apropriarem do conhecimento científico de modo processual e, sobretudo, tomando consciência de seus próprios erros. Ademais, Carvalho (2018) afirma que “o ensino por investigação cria condições em sala de aula para os alunos pensarem; falarem; lerem e escreverem”.

Durante as atividades, os estudantes realizaram tarefas que os conduziram ao desenvolvimento de habilidades cognitivas potentes, como: observações, registros, coleta de informações, escrita, comparação, análise, identificação, reflexão e investigação. A construção dessa experiência de aprendizagem contribuiu para que os futuros docentes de química possam aplicar o ensino por investigação em sala de aula, compreendendo que é uma

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

proposta de ensino que pode fazer a diferença nos resultados de aprendizagem. Assim, considera-se, que o ensino por investigação se torna uma proposta cada vez mais necessária à formação de estudantes de química e deve ser sempre incentivada pelos docentes universitários.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para a atividade em questão, os estudantes de licenciatura mobilizaram os conhecimentos prévios sobre a reação de óxido-redução, fazendo conexões com os novos conhecimentos adquiridos durante o processo. A observação do fenômeno redox através do experimento mobilizou o pensamento os estudantes para compreender os aspectos particulares de uma reação redox, como a presença de agentes oxidante e redutor, mudança de estado oxidativo, etc. Essas informações ajudaram os alunos a identificar evidências que pudessem conduzir a construção de argumentos sobre a situação-problema.

A proposta dos estudantes de química construir experiência de aprendizagem durante a graduação incentiva-os a assumirem um compromisso social de preparar os seus futuros alunos a resolverem problemas reais. Sobretudo, de construir argumentos baseados em evidências para proporcionar validade as suas afirmações. Neste contexto, considera-se importante que o ensino por investigação seja valorizado e realizado pelos docentes universitários. As abordagens tradicionais não conseguem garantir o desenvolvimento dessa capacidade nos estudantes e nem os preparam para o enfrentamento de problemas reais. Portanto, cabe destacar o papel imprescindível do ensino por investigação na construção de argumentos científicos, ressignificando a sala de aula, principalmente, no que se refere a tratar o aluno como sujeito da aprendizagem e não mais como objeto.

REFERÊNCIAS

AZEVEDO, L.B.; FIREMAN, E.C. Sequência de Ensino Investigativa: Problematizando aulas de Ciências nos Anos Iniciais com Conteúdos de Eletricidade. **REnCiMa**, v.8, n.2,

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

p.143-161, 2017. Disponível em:
revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/1223. Acesso em 27/01/2021.

BACHELARD, G. **A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento**. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BACICH, L.; MORAN, J. **Metodologias ativas para uma educação inovadora - uma abordagem teórico-prática**. Porto Alegre: Penso, 2018.

BARBOSA, D. F.; MONTEIRO, J.; ARAÚJO, M.; MALHEIRO, J. M. Ensino por Investigação em Ciências: Concepção e Prática na Educação não formal. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 4, n. 1, p. 25-41, 19 fev. 2021. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11529>. Acesso em 27/01/2021.

BERGMANN, J. **Sala de aula invertida: uma metodologia ativa de aprendizagem**, 1ª edição, Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BOROCHOVICIUS, E.; TORTELLA, J. C. B. Aprendizagem Baseada em Problemas: um método de ensino-aprendizagem e suas práticas educativas. **Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação**, n. 83, v. 22, p. 263-293, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/ensaio/v22n83/a02v22n83.pdf>. Acesso em 20/12/2020.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular: Educação Infantil e Ensino Fundamental**. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica. 2017.

CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A.M.P.; PRAIA, J.; VILCHES, A. **A necessária renovação do ensino das ciências**. 3ª edição, São Paulo: Cortez, 2011.

CARVALHO, A. M. P. (Org). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. Cap. 1, São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 1-20.

CARVALHO, A.M.P. Fundamentos teóricos e metodológicos do ensino por investigação. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 18, n. 3, p. 765-794, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/rbpec/article/view/4852>. Acesso em 12/12/2020.

DRIVER, R.; NEWTON, P.; OSBORNE, J. Establishing the Norms of Scientific Argumentation in classrooms. **Science Education**, v.84, issue 3, p. 287-312, 2000. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/%28SICI%291098-237X%28200005%2984%3A3%3C287%3A%3AAID-SCE1%3E3.0.CO%3B2-A>. Acesso em 10/12/2020.

FAUSTO, C.A. **A sala de aula inovadora: estratégias pedagógicas para fomentar o aprendizado ativo**. Porto Alegre: Penso, 2018.

FERREIRA, L.H., HARTWIG, D.R.; OLIVIERA, R.C. Ensino experimental de química: uma abordagem investigativa contextualizada. **Química Nova na Escola**, v. 32, n. 2, p. 101- 106, 2010. Disponível em: http://webeduc.mec.gov.br/portaldoprofessor/quimica/sbq/QNEsc32_2/08-PE-5207.pdf. Acesso em 27/01/2021.

MARTINS FILHO, V.; GERGES, N.R.C.; FIALHO, F.A.P. Design thinking, cognição e educação no século XXI. **Revista Diálogo Educação**, Curitiba, v. 15, n. 45, 2015, p. 579-596, 2015. Disponível em:

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

<https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/5029/14774>. Acesso em 27/12/2020.

MELO, A.A.; VILLAS BOAS, E.V.B. Inibição do escurecimento enzimático de banana maça minimamente processada. **Ciência Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 26, n. 1, p. 110-155, 2006. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612006000100019. Acesso em 10/12/2020.

MENNIN, S, GORDAN, P.A.; MAJOON, G. Position paper on problem-based learning. **Education for Health**, v. 16, n. 1, p. 98-113, 2003. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/8904019_Position_Paper_on_Problem-Based_Learning. Acesso em 13/01/2021.

MORTIMER, E.F.; SCOTT, P. Atividade discursiva nas salas de aula de ciências: Uma ferramenta sociocultural para analisar e planejar o ensino. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 7, n. 3, p. 283-306, 2002. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/562>. Acesso em: 02/01/2021.

MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. Ensinar ciências por investigação: Em quê estamos de acordo? **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** (Belo Horizonte), v. 9, n. 1, p. 89-111, 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172007000100089. Acesso em 01/01/2021.

NASCIMENTO, S. S. B. “Onde está o ar?”: sequência de ensino investigativo para a promoção da alfabetização científica de alunos do 3º ano do ensino fundamental. 2016. 136 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação para Ciências e Matemática, Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí. Disponível em: [https://www.ifg.edu.br/attachments/article/1279/Dissertacao-Stephany-Siqueira-BarbosaNascimento-2016-\(.pdf1.873kb\).pdf](https://www.ifg.edu.br/attachments/article/1279/Dissertacao-Stephany-Siqueira-BarbosaNascimento-2016-(.pdf1.873kb).pdf). Acesso em março de 2020.

PARMA, M.; BRUGNAGO, E. L.; EBELLUCO, A. Replanejando uma Sequência de Ensino Investigativa sobre Conservação da Energia. **Experimentação em Ensino de Ciências**, v. 13, n. 5, p. 92-114, 2018. Disponível em: https://if.ufmt.br/eenci/artigos/Artigo_ID529/v13_n5_a2018.pdf. Acesso em 07/12/2020.

POZO, J.I.; CRESPO, M.A.G. **A aprendizagem e o ensino de ciências-do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. 5ª edição, Porto Alegre: Artmed, 2009.

RAMÍREZ, E. C.; WHITAKER, J. R.; VIRADOR, V. M. **Polyphenol Oxidase**. Chapter 39. In: Handbook of Food Enzymology. Whitaker, J. R.; Voragen, A. G. J.; Wong, D. W. S. (eds.). Marcel Decker, 2003.

SANTOS, I. R. C. **Escurecimento enzimático em frutos: polifenoloxidase de atemóia (Annona cherimola Mill. X Annona squamosa L.)**. Dissertação: Mestrado – UNESP – Araraquara, 2009. 119 f.

SASTRE, G.; ARAÚJO, U.F. **Aprendizagem baseada em problemas no ensino superior**. 4ª edição, São Paulo: Summus, 2018.

SEGURA, E.; KALHIL, J. B. 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. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/reamec/article/view/5308>. Acessado em 30/11/2020.

Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022

STUMPENHORST, J. **A nova revolução do professor – práticas pedagógicas para uma geração de alunos.** Petrópolis, RJ: Vozes, 2018, p. 44-57.

TRIVELATO, S.L.F.; TONIDANDEL, S.M.R. Ensino por investigação: eixos organizadores para sequências de ensino de biologia. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, v. 17, n. especial, p. 97-114, 2015. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1983-21172015000400097&script=sci_abstract&tlng=pt. Acesso em 02/01/2021.

ZETÓLES, M.; TRAZZI, P. O ensino por investigação na escola do campo: uma relação entre as plantas medicinais e saúde. **Revista Insignare Scientia - RIS**, v. 3, n. 4, p. 477-490, 20 nov. 2020. Disponível em: <https://periodicos.uffs.edu.br/index.php/RIS/article/view/11831/7562>. Acesso em 27/01/2021.



Recebido em: 16/06/2021

Aceite em: 11/03/2022