

ENSINANDO BIOLOGIA POR MEIO DA INVESTIGAÇÃO: O CASO DO AMADURECIMENTO DOS FRUTOS

Tiago Maretti Gonçalves 

Universidade Federal de São Carlos
– UFSCAR
tiagobiol@hotmail.com

Klenicy Kazumy de Lima Yamaguchi 

Instituto de Saúde e Biotecnologia
da Universidade Federal do
Amazonas – ISB/UFAM
klenicy@gmail.com

Resumo

O uso de Sequências Didática Investigativas (SDI) se desponta como um valioso recurso metodológico para a aprendizagem dos alunos na disciplina de Biologia. O objetivo deste trabalho é apresentar uma proposta de sequência didática investigativa como ferramenta facilitadora para a compreensão dos fenômenos biológicos que envolvem o processo de maturação dos frutos ocasionado pelos hormônios vegetais. A proposta metodológica da SDI consiste em cinco etapas: 1) Introdução ao tema: pergunta norteadora aos alunos sobre a temática da maturação dos frutos, problematização e apresentação dos conhecimentos prévios dos discentes; 2) Prática de campo: visita ao supermercado ou feira local para observação da diversidade e maturação dos frutos; 3) Experimentação: utilização de uma prática experimental sobre o processo de amadurecimento dos frutos (banana e maçã), submetido a diferentes condições; 4) Proposição de hipóteses, discussão dos resultados observados; 5) Avaliação. Como resultados esperados, espera-se que a sequência didática proposta contribua como um valioso recurso metodológico para potencializar facilitar a aprendizagem do conteúdo hormônios vegetais nas aulas relacionadas com sobre fisiologia vegetal, além de despertar o senso científico e crítico dos alunos.

Palavras-chave: Ensino por investigação. Fisiologia Vegetal. Hormônios Vegetais. Sequencia didática.

TEACHING BIOLOGY THROUGH INVESTIGATION: THE CASE OF FRUIT RIPENING

Abstract

The use of Investigative Didactic Sequences (IDS) emerges as a valuable methodological resource for student learning in Biology. The objective of this work is to present a proposal for an investigative didactic sequence as a facilitating tool for understanding the biological phenomena that involve the maturation process of fruits caused by plant hormones. IDS's methodological proposal consists of five steps: 1) Introduction to the topic: guiding question to students on the subject of fruit maturation, problematization and presentation of students' prior knowledge; 2) Field practice: visit to the supermarket or local fair to observe the diversity and maturation of the fruits; 3) Experimentation: use of an experimental practice on the ripening process of fruits (banana and apple), subjected to different conditions; 4) Proposition of hypotheses, discussion of the observed results; 5) Evaluation. As expected results, it is expected that the proposed didactic sequence will contribute as a valuable methodological resource to enhance and facilitate the learning of plant hormones content in classes related to plant physiology, in addition to awakening students' scientific and critical sense.

Keywords: Inquiry-based teaching; Plant Physiology; Plant Hormones; Didactic Sequence.

1. INTRODUÇÃO

Uma Sequência Didática Investigativa (SDI) é uma metodologia de ensino que tem como objetivo promover a aprendizagem ativa, encorajando os alunos a explorar e investigar fenômenos científicos por meio de uma sequência estruturada de atividades (GIORDAN et al., 2011). Ela contempla uma estrutura ordenada de atividades que se articulam, tendo um objetivo educacional delimitado e no qual tanto docentes como discentes são conhecedores de seu início ao seu fim. (ZABALA, 1998).

Assim, dentro desse conjunto de atividades ordenadas, destaca-se a SDI sequência didática investigativa (SDI) é como uma estratégia de ensino que envolve uma série de etapas que orientam os alunos a desenvolverem suas próprias perguntas, investigá-las e chegarem às suas próprias conclusões com base em suas observações e análise de dados. Dentro dessa sequência, Motokane (2020), reitera que o ato de realizar atividades investigativas na sala de aula permite trazer os estudantes para o mundo da Ciência, não perdendo a importância de se ensinar definições, termos e acontecimentos científicos.

Na literatura, Brito; Brito e Sales (2018), enfatizam que a Biologia é uma disciplina muito rica em termos, sendo um obstáculo para a plena contextualização dos alunos. Assim, o professor é um ator principal no processo de ensino, pois o mesmo irá propor metodologias alternativas de ensino, como é o caso do ensino por investigação. Nessa metodologia é trabalhado o ato de se planejar, questionar e construir o conhecimento, iniciado geralmente por meio de uma questão problema, além de sua organização e aplicação em sala de aula.

O ensino baseado em investigações, envolve uma combinação de atividades teóricas e práticas que são projetadas para engajar os alunos no processo de aprendizagem, estimular suas habilidades de pensamento crítico e aprimorar sua compreensão do assunto estudado (SANTANA; MOTA, 2022). Para tanto, a atividade pode ser iniciada com a proposta de uma problematização ou uma pergunta, a na qual será resolvida ou respondida pelos alunos terão que resolvê-lo ou respondê-la após discussões tendo com seus colegas, realização de buscas, pesquisas em livros, internet e outros meios. O professor entra como um mediador no processo de ensino, colocando os alunos no centro da aprendizagem, aumentando o protagonismo deles.

Nesse valioso recurso metodológico, o professor pode trabalhar com os alunos o ato da experimentação científica, ou seja, o uso de aulas práticas investigativas, tornando-os um participante no processo de aprendizagem, eliminando a passividade e déficit de atenção

dos alunos gerada pelas aulas expositivas (KRASILCHIK, 2019), método que ainda perdura como sendo comumente praticado no cotidiano escolar.

Sobre o impacto do uso de aulas experimentais, muitos autores ressaltam que é um recurso metodológico de ensino muito valioso, permitindo aguçar o ato de proposição de hipóteses (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011), além de popularizar o ato de fazer ciência (GONÇALVES, 2021). Assim, na literatura ainda pode ser ressaltado que “o uso da experimentação, se desponta como uma metodologia de grande impacto no cotidiano escolar, uma vez que a mesma, promove a contextualização da teoria na prática, instigando e motivando os alunos” (GONÇALVES; YAMAGUCHI, 2023, p. 69).

Sobre a importância do uso de aulas práticas no ensino, Berleze e Andrade (2013) explicam que o ato da experimentação científica, além de despertar o interesse nos alunos, potencializa sua aprendizagem, além de extinguir o mito de que a Biologia possui muitos termos complexos e de difícil assimilação.

Interaminense (2019), reitera que o uso de aulas práticas na Biologia exprime um importante modo de se ensinar, pois os discentes conduzem uma atividade prática guiados por hipóteses e ideias aludidas em sala de aula, fazendo relação com o seu cotidiano ou evento histórico, ocorrendo assim uma aprendizagem mais significativa, extinguindo o conhecimento realizado por meio de uma “decoreba”.

No entanto, mesmo com o advento científico e as diversas possibilidades de sequências didáticas disponíveis na literatura, verifica-se que ainda é pouco explorado o uso dessa metodologia no cotidiano escolar na maioria das escolas brasileiras. Existem vários motivos para esse embate, e um deles pode ser a insegurança do professor em ministrar esse tipo de metodologia aos alunos, e até mesmo, a inexistência de um ambiente escolar preparado para tal, que no caso, é um laboratório de Ciências ou de Biologia. (MARANDINO; SELLES e FERREIRA, 2009). Neste último caso, não é obrigatório a que a escola possua esse tipo de ambiente para favorecer a experimentação aos alunos. Neste sentido, de acordo com a literatura:

As habilidades necessárias para que se desenvolva o espírito investigativo nos alunos não estão associadas a laboratórios modernos, com equipamentos sofisticados. Muitas vezes, experimentos simples, que podem ser realizados em casa, no pátio da escola ou na sala de aula, com materiais do dia a dia, levam a descobertas importantes. (BRASIL, 2002, p. 55).

Deste modo, o objetivo deste trabalho estudo é apresentar uma proposta de sequência didática investigativa SDI como ferramenta facilitadora para a compreensão dos fenômenos biológicos que envolvem o processo de maturação dos frutos, ocasionado pelo etileno, um dos hormônios vegetais. Para tanto, propõe-se metodologias utilizando materiais simples e de baixo custo, buscando facilitar e instigar o ensino de Biologia e a aprendizagem dos conteúdos de Fisiologia Vegetal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O presente estudo configura-se como uma proposta de uma sequência didática investigativa (SDI) abordando-se a temática da maturação dos frutos, destinada aos alunos do segundo ano do ensino médio. A abordagem possui natureza qualitativa, ou seja, é aquela que não possui o interesse em obtenção de dados mensuráveis (numéricos), mas sim, de características que podem ser observadas a olho nu, como odor, cor, sabor, textura e outros fenômenos naturais. No Quadro 1, está disposto o percurso metodológico da sequência didática, destacando as atividades, objetivos e tempo estimado para o seu desenvolvimento.

Quadro 1 – Etapas resumidas do percurso metodológico da sequência didática investigativa sobre o amadurecimento dos frutos.

	Atividade	Objetivos	Tempo estimado da atividade
Primeiro momento	Contextualização: Apresentação do tema e lançamento de uma pergunta geral sobre a “Maturação dos frutos”	Gerar reflexão dos alunos acerca do tema proposto, fazendo com que eles busquem respostas e hipóteses.	50 minutos
Segundo momento	Prática de campo: Visita ao supermercado ou feira local	Permitir que os alunos observem a diversidade de frutos existentes no supermercado ou feira local, analisando diversos graus de maturação dos frutos.	Tarefa de casa (sugerido um tempo de 50 minutos)

Terceiro momento	Investigação: “Mão na massa”: Experimento sobre maturação dos frutos	Compreender de maneira experimental como ocorre a maturação dos frutos	Tarefa de casa Duração do experimento: 96 horas (4 dias)
Quarto momento	Análise: Discussão e problematização dos resultados	Contextualizar, discutir e problematizar o que foi vivenciado na parte experimental sob mediação do professor.	Duas aulas de 50 minutos
Etapa final	Avaliação: Confeção de um relatório final avaliativo	Avaliar o aprendizado do aluno acerca da sequência didática proposta.	Tarefa de casa e entregue ao professor

Fonte: Autores (2023).

Momento 1: contextualização sobre o assunto ”maturação dos frutos”

Apresentação do tema, da questão norteadora e levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema. Na primeira etapa da sequência didática, o professor poderá dividir a turma em pequenos grupos de alunos e será proposto o tema que se pretende trabalhar, no caso, o amadurecimento dos frutos. Para tanto, a pergunta inicial geral poderá ser: “COMO OCORRE O PROCESSO BIOLÓGICO DA MATURAÇÃO DOS FRUTOS?”

Nesta etapa, o professor não deve responder à pergunta proposta aos alunos e sim deixá-los pesquisar em livros, sites (internet) e revistas acerca do tema. Neste sentido, os alunos irão tentar responder à pergunta, ou até mesmo elaborar novas hipóteses acerca do tema proposto. É importante que nesse momento o professor possa orientar o debate, mas dando autonomia para os participantes.

Assim, vale a pena ressaltar que respostas e hipóteses incorretas podem ser elaboradas pelos alunos, e isso é saudável e natural. Portanto, nesse momento, o professor não irá corrigi-los, mas sim deixá-los livres para a construção e investigação do conhecimento. Em uma próxima etapa, o professor irá discutir essas respostas e hipóteses elaboradas pelos alunos corrigindo possíveis erros (quarto momento).

Nesta etapa da SDI, o questionamento proposto permite com que os alunos façam uma busca em diversos meios, fazendo com que eles assumam um maior protagonismo no processo de aprendizagem. Nesta ótica, Aguiar, Rocha e Soares (2021, p. 39), reiteram que no ensino

pautado no modo investigativo, “as metodologias ativas surgem nessa esfera, trazendo ações didático pedagógicas que incentivam o desenvolvimento de um agente mais crítico e autônomo, propondo que o estudante esteja no centro de seu processo cognitivo”.

Momento 2: pesquisa prévia e prática de campo

Nesta etapa da SDI que será realizada fora da sala de aula, o professor irá instruir os alunos que realizem pesquisas sobre os assuntos trabalhados na etapa anterior em livros, artigos científicos e sites confiáveis da internet para obter informações relevantes. O professor poderá propor aos alunos que façam buscas em livros na biblioteca da escola ou da comunidade, instigando o ato da pesquisa e da leitura, além de estimular a utilização destes espaços que são de grande importância na formação do aluno. Após, sugere-se que os discentes possam realizar em conjunto com o professor uma prática de campo, com visita em um supermercado ou a feira local da comunidade. O objetivo dessa etapa é que os discentes possam perceber a diversidade de frutos existentes, bem como o grau de maturação delas no comércio local. Essa etapa é de grande importância para o reconhecimento do material de estudo (frutos) bem como compreender e ressignificar que os frutos são importantes e fazem parte do nosso cotidiano em uma alimentação saudável, contendo nutrientes para o pleno funcionamento do organismo.

Momento 3: experimentação “mão na massa” - realização de um experimento sobre maturação dos frutos

Nesta etapa da SDI, os alunos irão vivenciar a maturação dos frutos de maneira prática, sob a interferência de diversas condições nos tratamentos. Para tanto, sugere-se que a prática possa ser iniciada em sala de aula e que continue a ser realizada em casa pelos alunos, por meio de um experimento utilizando materiais de fácil acesso, simples e de baixo custo. Abaixo, estão dispostos os materiais utilizados (Figura 1). Sugerir aos alunos que também podem utilizar outras variedades de banana, ao exemplo da banana nanica, pois esta passa pelas etapas de maturação mais rapidamente e de fácil reconhecimento, sendo: amarela, com poucas pintas marrons, com muitas pintas e finalmente, apodrecimento.

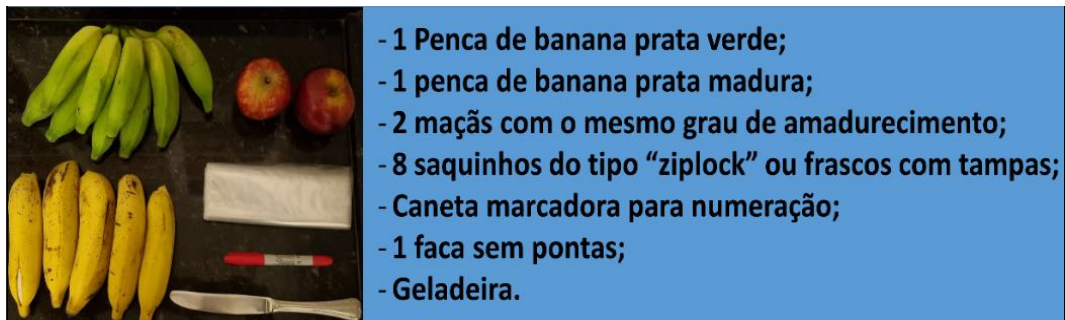


Figura 1 – Materiais e frutas utilizados na experimentação caseira, que tem por objetivo reconhecer a importância do etileno com hormônio vegetal responsável pelo amadurecimento dos frutos. Fonte: Autores (2023).

Os sacos do tipo ziplock (ou frascos com tampa) podem ser substituídos por sacos de plástico transparentes (sem perfurações) e que possam ter as bocas amarradas (nó no próprio saco, barbante ou arames de cozinha). O professor pode fornecer aos alunos frutas verdes, bananas ou maçãs, e deve orientá-los para que eles separem as frutas em dois grupos iguais. Os alunos devem observar e registrar as mudanças na textura, cor e sabor dos frutos ao longo de vários dias, conforme o protocolo experimental (Figura 2).

É importante lembrar aos alunos que registrem ou gravem por meio do uso de smartphones o experimento no início, durante e no final, permitindo que eles também anotem em uma caderneta o que aconteceu em cada um dos tratamentos sob as condições impostas. Essa tarefa é muito importante e servirá como base para as próximas etapas da SDI.

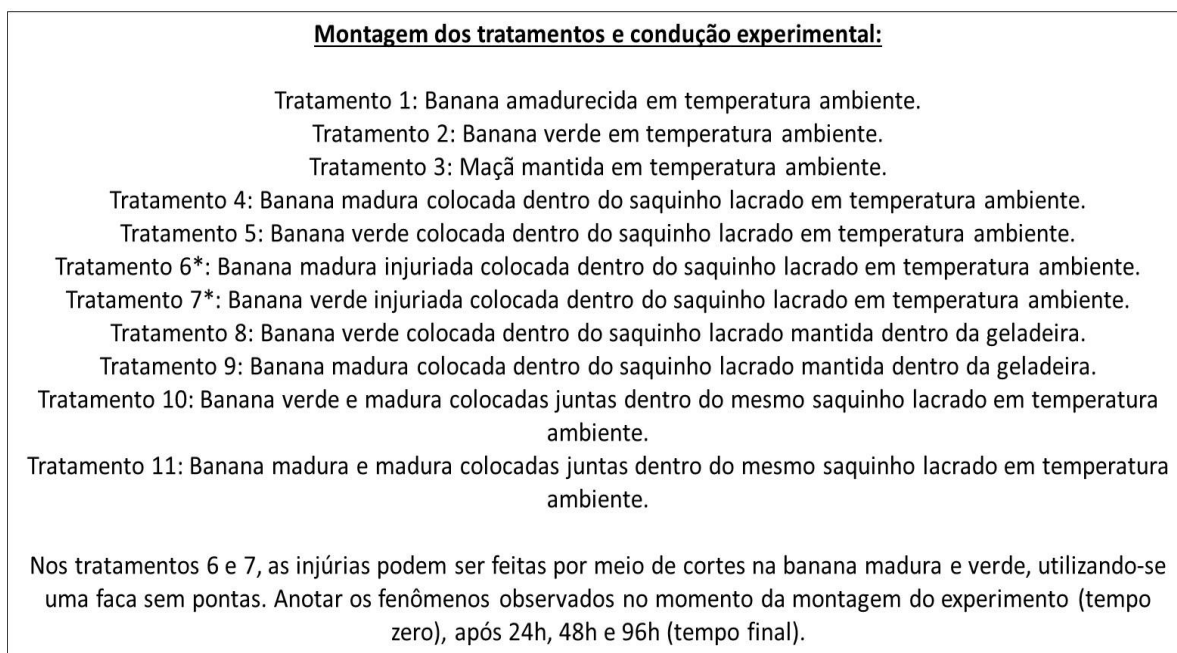


Figura 2 – Protocolo experimental que deverá ser entregue aos alunos aos alunos, como parte da atividade sobre a maturação dos frutos. Fonte: Autores (2023).

Momento 4: análise dos dados, discussão e problematização dos resultados obtidos na atividade prática

Depois de quatro dias, os alunos devem analisar os resultados da experiência e comparar os diferentes grupos de frutas (tratamentos). Eles devem discutir as diferenças entre os grupos e identificar o papel do hormônio etileno na maturação do fruto.

Nesta etapa, que ocorrerá em sala de aula, após a realização do experimento feito pelos alunos em suas casas, será realizada a discussão, problematização e solução de dúvidas/correção e construção do conhecimento. Os alunos poderão ser divididos em grupos, e cada um dos membros irá mostrar, para toda a classe, o que aconteceu em seu experimento. Cada aluno poderá ter um tempo médio de 5 minutos para relatar e mostrar seus resultados perante a classe. Esse tempo dado a cada estudante, é importante e fará com que ele articule suas ideias, colocando para a classe os resultados de maneira sucinta e objetiva.

Após a explicação de cada aluno, o professor irá discutir e problematizar, com toda a classe, os resultados encontrados, além da possibilidade de corrigir algum erro experimental ou conceito duvidoso relatados previamente por alguns alunos. Assim, a atividade experimental não se apresenta como uma simples reprodução mecânica de um experimento, mas ao contrário, o aluno irá apresentar seus resultados e suas hipóteses, tendo argumentando e discutindo com

o professor e os seus resultados. Neste sentido, toda essa dinâmica se faz muito importante pois:

Um risco que se recorre ao utilizar a experimentação nas aulas de Ciências é que esta se apresente como uma trivial reprodução de experimentos seguidos por roteiros pré-estabelecidos e assim o educando não seja propiciado a elaborar e discutir as atividades desenvolvidas, não expandindo seus conhecimentos prévios para a esfera da cientificidade (NASCIMENTO, 2023, p. 2).

Durante a discussão em grupo espera-se que os alunos compartilhem suas descobertas e discutam como a compreensão do papel do etileno na maturação dos frutos pode ser aplicada em outras áreas, como a agricultura ou a indústria de alimentos.

Momento 5: avaliação da atividade

Após a etapa de discussão e problematização, cada aluno poderá redigir um relatório sobre os resultados encontrados no experimento proposto. Esta etapa final consolida a aquisição do conhecimento pelos alunos, sendo uma atividade avaliativa aferindo-se o que foi contextualizado não somente na parte experimental, mas também em toda SDI. Por meio dessa etapa os alunos poderão expor de forma científica suas descobertas e ideias, além de discutir suas conclusões sobre o tema.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

O objetivo de uma SDI é promover a aprendizagem independente e uma compreensão mais profunda do assunto ministrado em sala de aula, além de encorajar os alunos a desenvolver suas próprias hipóteses e se engajar na investigação científica. Na SDI é possível que ocorra a participação ativa dos alunos nas atividades práticas, o que os torna mais engajados e motivados (SCARPA; CAMPOS, 2018).

Nas Figuras 3, 4 e 6 encontram-se os resultados esperados da parte experimental, pertencente a SDI. Na Figura 3, o professor poderá chamar a atenção dos alunos para os tratamentos enumerados de 1 a 3, são os controles experimentais. O controle experimental é de grande importância em um experimento científico pois fornece maior credibilidade ao próprio experimento, diminuindo algumas interferências ambientais, além de facilitar no momento da análise e comparação com demais resultados obtidos. Como pode ser observado na figura 3, nenhum dos três tratamentos receberam interferência, sendo uma das características de um controle experimental.

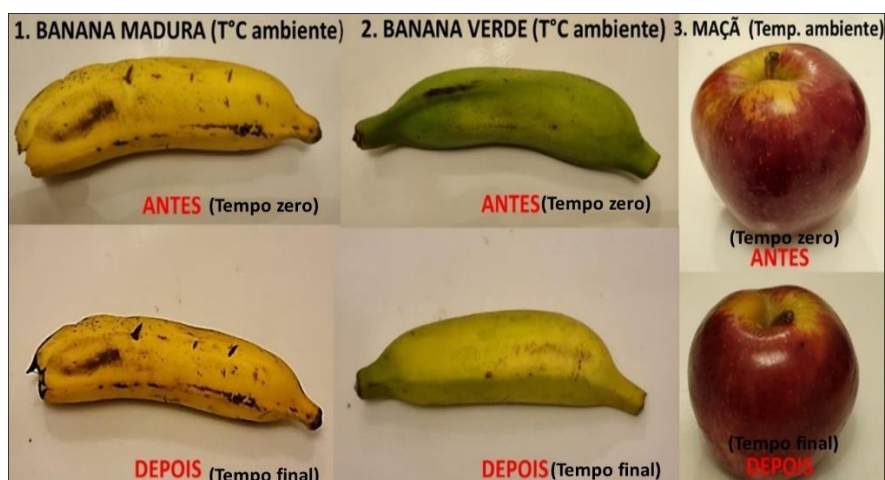


Figura 3 – Resultados do experimento que fazem alusão ao controle do experimento da atividade sobre a maturação dos frutos. Fonte: Autores (2023).

Na Figura 4, o tratamento 4 é a banana madura colocada dentro do saquinho lacrado que foi mantida em temperatura ambiente. Após o período de 4 dias, pode-se perceber que a banana ficou ainda mais madura, e quando aberto, exalou um aroma característico, apresentando uma textura bastante macia. Esse fenômeno ocorreu devido à produção de gás gasoso etileno (Figura 5) que é um hormônio vegetal, que estando aprisionado dentro do saquinho, não volatilizando para o meio ambiente, o que permitiu o amadurecimento maior do fruto. Esse hormônio também é conhecido como eteno e é formado em todas as células da planta, em especial nos frutos (desde sua casca até o seu interior).

O etileno é quimicamente caracterizado como um hidrocarboneto alceno, formado por dois átomos de carbono e quatro de hidrogênio, cuja fórmula molecular é C_2H_4 . Esse hormônio desencadeia várias reações que permitem o amadurecimento do fruto, e que estão relacionadas com a ativação de enzimas que realizam a quebra de açúcares com maiores cadeias carbônicas, como é o caso do amido, sendo desdobrado em açúcares menores, como dissacarídeos (por exemplo a sacarose) e monossacarídeos (por exemplo a glicose, galactose e frutose), além da ruptura da celulose, principal componente da parede celular dos tecidos do vegetal, pela enzima celulase, tornando-o mais tenro e macio, segundo Alexander e Grierson (2002).



Figura 4 – Resultados do experimento da atividade sobre a maturação dos frutos. Fonte: Autores (2023).

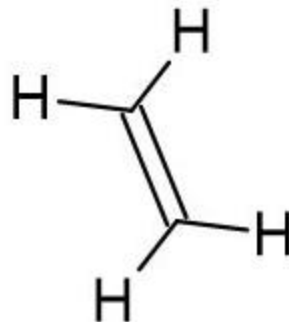


Figura 5 – Estrutura química do gás etileno. Fonte: Autores (2023).

Outra importante molécula presente nos frutos é a pectina, classificada como um carboidrato complexo, cuja função é dar sustentação e rigidez as células vegetais, estando presente em sua parede celular. No processo de amadurecimento dos frutos, é observado a mudança de vários aspectos como coloração, textura, sabor e liberação de odor específico. No quesito coloração, o amadurecimento do fruto está relacionado com os espectros de cores que abrangem o vermelho, amarelo, laranja, azul e até o roxo. Essas cores se relacionam com os pigmentos como é o caso dos carotenoides (cores laranja, amarelo e vermelho); clorofila (verde); violeta, azul e vermelho (antocianina) e amarelo (flavonoides). (TAIZ, et al., 2021)

Na maturação dos frutos, podemos relacionar enzimas que irão degradar a pectina, tornando-a solúvel, permitindo que o fruto se torne mais macio. Experimentos realizados com

plantas transgênicas, exibiram que vários genes estão relacionados com o processo de amadurecimento dos frutos, sendo um processo que integra diversas enzimas (TAIZ et al., 2021). Os ácidos orgânicos, presentes no fruto, também são degradados, levando à formação de novas moléculas com sabor menos “azedo” na fruta amadurecida, enquanto que outras moléculas são volatilizadas, fornecendo odor característica aos frutos maduros. Substâncias como o ácido cítrico e málico também são produzidas (TAIZ et al., 2021).

Outro aspecto importante a ser comentado é sobre o gás etileno, que também está relacionado com a senescência, abscisão foliar e estresse. Plantas que estão passando por um período estressante, como o ataque de pragas e doenças, estresse hídrico por falta de água, ou até mesmo o alagamento, possuem uma maior produção de etileno, fazendo com que a planta amadureça mais rapidamente e como consequência amadureça seus frutos. Essa adaptação é uma resposta importante ao estresse sofrido pelo vegetal no ambiente e está relacionado com a sobrevivência da planta e perpetuação de sua espécie.

Todos esses eventos podem ser mais facilmente observados no tratamento 5 (Figura 4), nos quais a banana verde foi mantida lacrada no saquinho em temperatura ambiente. Logo após o período de quatro dias, pode-se observar que a banana ficou madura, apresentando coloração amarela, aroma característico e estrutura macia em sua polpa (porção interna do fruto). O professor pode chamar a atenção dos alunos que todas essas modificações estão relacionadas com o papel do gás etileno liberado pelas células da banana, alterando toda a estrutura desse fruto, tornando-o amadurecido. O aluno, consumindo essa fruta, irá perceber que estará com um sabor doce, menos ácido, de textura macia e um aroma característico, justamente em função de todas as mudanças acima citadas.

No tratamento 6 (Figura 4), a banana madura sofreu pequenas injúrias (perfurações em sua estrutura). Como principal resultado, após o período de quatro dias, a banana tornou-se mais amadurecida, que no tratamento 5, apresentando textura amolecida, e um aroma bastante característico exalado.



Figura 6 – Resultados do experimento proposto sobre a maturação dos frutos. Fonte: Autores (2023).

Esse fato se deve à injúria provocada ter feito ruptura nas células da banana tanto da casca como do seu conteúdo interno, havendo um maior extravasamento de gás etileno, o que permitiu um maior amadurecimento do fruto (Kazat et al., 2007) quando comparado com aqueles que não sofreram injúria (tratamento 4 e 5). O mesmo pode ser observado no tratamento 7 (Figura 4), no entanto aqui foi observada uma banana verde injuriada. Como resultado, após quatro dias, a banana ficou muito mais amadurecida quando comparada com aquela que não sofreu injúria. No tratamento 8 (Figura 6), a banana verde foi mantida lacrada no saquinho dentro da geladeira. O aluno irá perceber que após quatro dias a banana ainda estará verde, apresentando pouco amadurecimento.

Tal fato se deve pela influência do fator temperatura. Quando o fruto é mantido lacrado dentro da geladeira, sua taxa respiratória cai consideravelmente e a concentração de gás etileno produzida também é baixa. (Taiz et al., 2021). Isso diminui a velocidade de maturação da fruta, como observado na Figura 6. No tratamento 9, a banana madura foi lacrada dentro do saquinho e acondicionada na geladeira sob baixa temperatura. Como pode ser observado, após quatro dias a banana se manteve muito semelhante às condições iniciais. Assim, o professor pode ressaltar aos alunos que, se desejarmos manter as frutas verdes por mais tempo, devemos colocá-las dentro da geladeira, pois a taxa respiratória irá diminuir, ocorrendo uma menor

produção e difusão do gás etileno e, conseqüentemente, elas irão levar mais tempo para amadurecer.

No tratamento 10 da Figura 6, no mesmo saquinho, sob refrigeração, foram colocadas uma banana verde e outra madura. Como principal resultado desse tratamento, a banana verde irá amadurecer muito mais rápido, do que se estivesse sozinha, comparativamente ao tratamento 8. Isso se deve ao fato da banana madura produzir e difundir o gás etileno para a banana verde, alterando sua maturação.

No último tratamento, o número 11 (Figura 6), foi colocada a banana madura em conjunto com uma maçã. Como resultado após quatro dias, a banana e a maçã estarão muito mais maduras pois as duas irão liberar gás etileno, favorecendo o amadurecimento de ambas as frutas.

Nessa etapa final do experimento, o professor poderá comentar com os alunos sobre a classificação dos frutos, quanto a sua maturação, em climatéricos e não climatéricos. Os frutos climatéricos são aqueles que, após a colheita, ainda continuam a amadurecer, apresentando um rápido e significativo aumento na respiração celular nos próximos dias. Esse tipo de fruto exibe grande produção de gás etileno (Taiz et al., 2021). São exemplos a banana, abacate, tomate e a maçã (Taiz et al., 2017). Os frutos não climatéricos são aqueles que possuem uma diminuição da taxa respiratória conforme vão crescendo e se desenvolvendo. Tais frutos amadurecem apenas enquanto estiverem ligados às plantas e não produzem tanto etileno quando comparado aos frutos climatéricos. São exemplos deste tipo os cítricos e a uva (Taiz et al., 2017). O professor pode elaborar um gráfico com os alunos e discutir a relação entre a respiração celular e o nível de produção do gás etileno nos frutos climatéricos e não climatéricos, como pode ser observado na Figura 7.

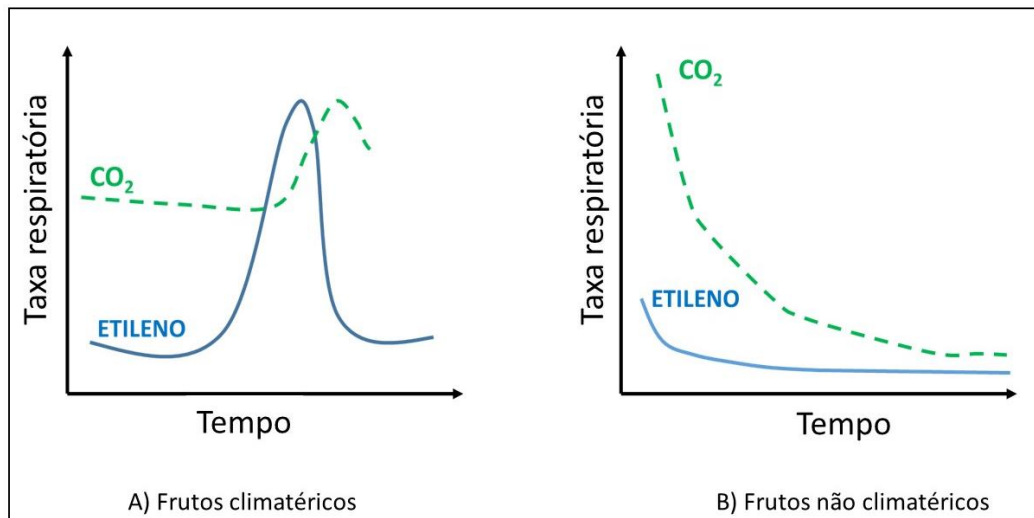


Figura 7 – Maturação dos frutos climatéricos e não climatéricos, influenciados por meio da taxa de respiração celular e produção de etileno. Fonte: Adaptado pelos Autores (2023) de Biale, Young e Olmstead (1954) e Knee, Sargent e Osborn (1977) e Cienciaviva (2023).

Avaliação

Assim, esse experimento simples e de baixo custo serve como uma metodologia eficaz para discussões relacionadas ao assunto Hormônios Vegetais, mais precisamente envolvendo o gás etileno. Além de ilustrar de maneira experimental a maturação dos frutos, os alunos irão perceber que os fatores temperatura e injúria (estresse) afetam a produção de etileno, interferindo diretamente no amadurecimento.

Segundo Scarpa; Campos (2018), verifica-se que ao investigar uma temática em biologia, por meio de atividades práticas, os alunos têm a oportunidade de construir seu próprio conhecimento de forma mais significativa, o que os ajuda a reter e aplicar o que aprenderam com mais eficácia.

Além disso, a atividade proposta de investigação sobre a maturação dos frutos é um tema em biologia, mas que pode ser integrada com outras áreas do conhecimento, como a química e a física, o que ajuda a contextualizar o tema e ampliar o entendimento dos alunos, incentivando-os a refletirem sobre a relação entre ciência e sociedade, bem como sobre questões éticas e de sustentabilidade relacionadas ao tema.

4. CONCLUSÃO

Por meio da SDI, acima apresentada, se utilizada em sala de aula poderá ser uma valiosa proposta de ensino, facilitando a assimilação de um tema tão complexo e abstrato dentro da área de Fisiologia Vegetal, como é o caso do amadurecimento dos frutos, envolvendo reações

químicas e processos biológicos. Essa proposta, permite que os alunos consigam atingir um maior protagonismo em aprendizagem, enquanto que o professor mantém a postura de mediador do conhecimento.

A SDI proposta investigativa s, instiga e favorece o ato da proposição de ideias, hipóteses e discussões relacionadas com a construção de conhecimentos pautados em saberes científicos.

O ensino por investigação proposto pode proporcionar uma experiência de aprendizado rica e significativa para os alunos, além de ajudá-los a desenvolver habilidades científicas e a se tornarem cidadãos mais críticos, conscientes e reflexivos.

REFERÊNCIAS

AGUIAR, C. C.; ROCHA, M. B. D. S.; SOARES, G. D. O. Metodologias ativas e o Ensino de Ciências Biológicas na educação básica: um mapeamento. **Revista de Educação Universidade Federal de Pernambuco**, v. 7, n. 15, p. 38-55, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/interritorios/article/viewFile/252826/40236>. Acesso em: 13 mar. 2023.

ALEXANDER, L.; GRIERSON, D. Ethylene biosynthesis and action in tomato: a model for climacteric fruit ripening. **Journal of Experimental Botany**, v. 53, p. 2039-2055, 2002. Disponível em: <http://jxb.oxfordjournals.org/cgi/content/full/53/377/2039>. Acesso em: 13 de mar. 2023.

BERLEZE, J. E; ANDRADE, M. A. B. O uso de aulas práticas no Ensino da Biologia. *In*: PARANÁ. Secretaria de Estado da Educação. Superintendência de Educação. **Os Desafios da Escola Pública Paranaense na Perspectiva do Professor PDE**, 2013. Curitiba: SEED/PR., 2013. v.1. (Cadernos PDE) Disponível em: http://www.diaadiaeducacao.pr.gov.br/portals/cadernospde/pdebusca/producoes_pde/2013/2013_uel_bio_artigo_joao_edison_berleze.pdf. Acesso em: 13 de mar. 2023.

BIALE, J. B.; YOUNG, R. E.; OLMSTEAD A. J. Fruit Respiration and Ethylene Production. **Plant Physiology**. v. 9, n. 2, p. 168-74, 1954. doi: 10.1104/pp.29.2.168

BRITO, B. W. D. C. S.; BRITO, L. T. S.; DE SOUZA SALES, E. Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e biologia. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, v. 2, n. 1, p. 54-60, 2018. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias/article/view/238687>. Acesso em: 21 de fev. 2023.

BRASIL, **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN+)**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2002. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 21 fev. 2023.

CIENCIAVIVA (2023). **Por que as goiabas mudam de cor?** Disponível em: <http://cienciaviva.org.br/index.php/2021/07/11/por-que-as-goiabas-mudam-de-cor/> Acesso em: 31 ago. 2023.

GIORDAN, M.; GUIMARÃES, Y. A. F.; MASSI, L. Uma análise das abordagens investigativas de trabalhos sobre sequências didáticas: tendências no ensino de ciências. **Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 8, p. 1-12, 2011. Disponível em: http://www.lapeq.fe.usp.br/textos/ec/ecpdf/giordan_guimaraes_massi-enpec-2012.pdf Acesso em: 31 ago. 2023.

GONÇALVES, T. M. Extraíndo o DNA de vegetais: uma proposta de aula prática para facilitar a aprendizagem de Genética no Ensino Médio. **Revista Educação Pública**, v. 21, n. 15, 2021. Disponível em: <https://educacaopublica.cecierj.edu.br/artigos/21/15/extraindo-o-dna-de-vegetais-uma-proposta-de-aula-pratica-para-facilitar-a-aprendizagem-de-genetica-no-ensino-medio>. Acesso em: 21 fev. 2023.

GONÇALVES, T. M.; YAMAGUCHI, K. K. L. Experimentation in teaching Genetics: DNA extraction from natural products: A experimentação no ensino de Genética: extração de DNA em produtos naturais. **Concilium**, v. 23, n. 2, p. 68–77, 2023. Disponível em: <https://clium.org/index.php/edicoes/article/view/730>. Acesso em: 21 fev. 2023.

INTERAMINENSE, B. K. S. A Importância das aulas práticas no ensino da Biologia: Uma Metodologia Interativa. **Id On Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia**. v. 13, n. 45 S. 1, p. 342-354, 2019. Disponível em: <https://idonline.emnuvens.com.br/id/article/view/1842/2675>. Acesso em: 21 fev. 2023.

KASAT, G. F.; MATTIUZ, B. H.; OGASSAVARA, F. O.; BIANCO, M. S.; MORGADO, C. M. A.; CUNHA JUNIOR, L. C. Injúrias mecânicas e seus efeitos em pêssegos' Aurora-1'. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 29, p. 318-322, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbf/a/Qq8Wn35vmPrxT6wkFGqGwr/> Acesso em: 31 ago. 2023.

KNEE, M.; SARGENT, J. A.; OSBORNE, D. J. Cell Wall Metabolism in Developing Strawberry Fruits. **Journal of Experimental Botany**, v. 28, n. 103, p. 377–396, 1977. <http://www.jstor.org/stable/23689381> Acesso em: 31 ago. 2023.

KRASILCHIK, M. **Práticas de Ensino de Biologia**. 4º ed. rev. ampl., 6ª reimpr.- São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2019. 200p.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. 1ª ed, São Paulo: Editora Cortez, 2009. 215p.

MOTOKANE, M. T. Argumentação e atividades investigativas. In: SILVA, A. C. T., SOUZA, D. N. **Sequências de ensino investigativas para o ensino de ciências**. Curitiba: Editora CRV, 2020. p. 23-35.

NASCIMENTO, J.S. Laboratórios científicos na educação básica: Uma análise das instituições de ensino estaduais do centro sul sergipano. In: KOCHHANN, A.; SOUZA, J. O.; OLIVEIRA, H. M. (Orgs.). **Ensino e Educação: Práticas, desafios e tendências**. Campina Grande: Licuri, 2023. p. 1-11. Disponível em: <http://editoralicuri.com.br/index.php/ojs/article/view/71/40>. Acesso em: 8 mar. 2023.

SANTANA, A. J. S.; MOTA, M. D. A. Natureza da Biologia, ensino por investigação e alfabetização científica: uma revisão sistemática. **Revista Educar Mais**, v. 6, p. 450-466, 2022. Disponível em: <https://periodicos.ifsul.edu.br/index.php/educarmais/article/view/2735>. Acesso em: 8 de março de 2023.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos avançados**, v. 32, p. 25-41, 2018. Disponível em <https://www.scielo.br/j/ea/a/RKrKKvjmY7MX7Q5DChvN5N/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 mar. 2023.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e Desenvolvimento Vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed; 2017. 858p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fundamentos de Fisiologia Vegetal**. Porto Alegre, Artmed, 2021. 558p.

ZABALA, A. **A Prática Educativa: como ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224p.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 13, p. 67-80, 2011. <https://www.scielo.br/j/epec/a/LQnxWqSrmzNsrRzHh3KJYbQ/?format=pdf&lang=pt> Acesso em: 8 mar. 2023.