

Autoras | Authors

Ana Clara Lopes Brandão*
[ana.bio.brandão@gmail.com]

Silvia Dias da Costa
Fernandes**
[silvia.fernandes@ifb.edu.br]

Marina Neves Delgado***
[marina.delgado@ifb.edu.br]

USO DO MÉTODO DE ENSINO INVESTIGATIVO NA ABORDAGEM DA FOTOSÍNTESE NO ENSINO MÉDIO**USE OF THE INVESTIGATIVE TEACHING METHOD IN THE PHOTOSYNTHESIS APPROACH AT THE HIGH SCHOOL**

Resumo: Frequentemente, a Botânica é relatada pelos professores como uma área de difícil ensino e aprendizagem. Esta pesquisa avaliou a utilização do método de ensino investigativo (MEI) no processo de aprendizagem sobre fotossíntese para os estudantes do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília - *Campus Planaltina* (IFB - CPLA). Os objetivos da pesquisa foram aumentar a aprendizagem dos estudantes acerca da fotossíntese e tornar a aula mais interativa e atraente por meio do MEI. O trabalho foi desenvolvido em três encontros. No primeiro encontro, os estudantes assistiram a uma aula expositiva dialogada e responderam um questionário diagnóstico, com três perguntas de múltipla escolha. No segundo encontro, os estudantes participaram de um experimento que avaliou a altura das mudas de girassol em diferentes comprimentos de luz e responderam questionário posterior, igual ao questionário diagnóstico. Quinze dias após o experimento, os estudantes fizeram um teste em dupla e responderam questões sobre a fotossíntese, o experimento realizado e um conteúdo abordado apenas em sala de aula. As questões do questionário diagnóstico, do questionário posterior e do teste em dupla compuseram o instrumento avaliativo. Para tanto, os dados foram avaliados por meio do teste Wilcoxon Teste. As análises mostraram que o processo de aprendizagem foi aprimorado com a aplicação do MEI tanto no aumento de respostas corretas na terceira questão do questionário posterior ($W = 45$; $Z = 3$; $p < 0,05$) quanto houve aumento de respostas corretas na questão do teste que abordava o experimento feito em laboratório, usando o MEI ($W = 36$; $Z = 2,828$; $p < 0,05$). Os estudantes também demonstraram uma postura mais questionadora e engajada no processo de aprendizagem durante o uso do MEI. Portanto, o uso do MEI foi uma excelente metodologia para aumentar o sucesso escolar acerca do tema fotossíntese e o interesse dos estudantes.

Palavras-chave: Educação Básica; experimento; fisiologia vegetal; métodos ativos.

Abstract: Botany is often reported by teachers as an area of difficult teaching and learning. This research evaluated the use of the investigative teaching method (ITM) in the process of learning about photosynthesis for high school students of Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária of Instituto Federal de Brasília - *Campus Planaltina* (IFB - CPLA). The research objectives were to in-

Recebido em: 28/06/2020

Aceito em: 30/11/2020

crease students' learning about photosynthesis and make the class more interactive and attractive through the ITM. The work was developed in three meetings. At the first meeting, the students attended a lecture with a dialogue and answered a diagnostic questionnaire, with three multiple-choice questions. In the second meeting, the students participated in an experiment that evaluated the height of the sunflower seedlings in different lengths of light and answered the posterior questionnaire, just like the diagnostic questionnaire. Fifteen days after the experiment, students took a double test and answered questions about photosynthesis, the experiment carried out and content covered only in the classroom. The questions of the diagnostic questionnaire, the subsequent questionnaire and the double test comprised the evaluation instrument. For that, the data were evaluated using the Wilcoxon Test. The analyzes showed that the learning process was improved with the application of the ITM both in the increase of correct answers in the third question of the subsequent questionnaire ($W = 45; Z = 3; p < 0.05$) and there was an increase in correct answers in the question of the test that addressed the experiment done in the laboratory, using the ITM, ($W = 36; Z = 2,828; p < 0.05$). The students also demonstrated a more questioning and engaged attitude in the learning process when using the ITM. Therefore, the use of ITM was an excellent methodology to increase school success on the topic of photosynthesis and the interest of students.

Keywords: Basic Education, experiment, plant physiology and active methods.

INTRODUÇÃO

Frequentemente o ensino de Botânica é relatado pelos professores como uma área que apresenta dificuldades no ensino-aprendizagem, pois há insegurança em ministrar conteúdos sobre essa área da biologia (VIEIRA-PINTO et al., 2009). As justificativas dos professores coincidem como: “falta de material pedagógico de apoio, falta de laboratório e muitos termos específicos a serem explicados aos alunos” (AMADEU; MACIEL, 2014, p. 225).

Um conteúdo botânico, especificamente da fisiologia vegetal, considerado com elevados desafios e dificuldades nos processos de ensino e aprendizagem é a fotossíntese (ZAGO et al., 2007, p. 759). Por ser um conteúdo interdisciplinar, envolve áreas como a Química (transformação de moléculas inorgânicas em moléculas orgânica e equação química da fotossíntese), a Biologia (clorofila, organelas celulares, célula vegetal e seres vivos) e a Física (conservação de energia, comprimento de onda de absorção luminosa e espectro eletromagnético), torna-se compreensível a complexidade do entendimento desse processo quando ele é tratado de forma isolada nas aulas de Biologia e sem uma conexão com os conhecimentos de outras áreas das Ciências Naturais.

A abordagem não interdisciplinar da Botânica, somada às aulas, predominantemente teóricas, são obstáculos para a aprendizagem desta área. Dessa forma, segundo Berbel (2011), surge a necessidade de utilizar os métodos ativos, ou seja, de desenvolver um processo de aprendizagem com experiências

reais, ou simuladas, no intuito de condicionar a solução de desafios advindos das atividades do cotidiano do estudante.

O uso de processos e práticas de investigação consta como estratégia pedagógica descrita na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) para o ensino na área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias (BRASIL, 2018, p. 550). Esse documento destaca que a utilização dessa estratégia aproxima os “estudantes dos procedimentos e instrumentos de investigação, tais como, identificar problemas, formular questões, [...] propor e testar hipóteses, [...] avaliar e comunicar conclusões [...]” (BRASIL, 2018, p. 550). Carvalho (2017, p. 37) defende que “quando os alunos têm a possibilidade de avaliar, analisar e aplicar suas ideias, a aprendizagem se torna ativa”.

Nesse sentido, a metodologia de ensino por investigação ou o método investigativo (MEI) é apropriado para o ensino de Ciências Naturais. Segundo Carvalho et al. (2013), no MEI, os professores criam um ambiente de investigação, conduzindo os estudantes a adquirirem o conhecimento de forma científica, sistematizando-o em etapas. Essa metodologia busca uma concepção pedagógica focada no estudante, reconhecendo seus conhecimentos e vivências, organizando um ambiente escolar que permita aos estudantes trabalhar, cooperar e aprender de forma autônoma e motivada.

Segundo Zômpero e Laburú (2011, p. 79), há muitas características que convergem e definem a diversidade de formas de atividades classificadas de MEI, como: “engajamento dos alunos [...], a emissão de hipóteses [...], a busca por informações [...] e a comunicação dos estudos feitos pelos alunos para os demais colegas de sala”. Conforme Delizoicov e colaboradores (2002), aliar a emissão de hipóteses ao fomento de questiona-

mentos na busca de lacunas no conhecimento, de forma a priorizar o conhecimento teórico e prático, também são possíveis estratégias para uso do MEI.

Portanto, a utilização do MEI no ensino da fotossíntese é uma possível solução didática para os estudantes construir o conhecimento de forma avaliativa, aplicada e coletiva. Ademais, o MEI pode tornar as aulas sobre o processo de fotossíntese mais interativas e atrativas, tornando o estudante agente ativo do seu processo educacional.

Salatino e Buckeridge (2016) valorizaram a utilização de atividades práticas no ensino de Botânica, por ser uma forma de motivação pelo aspecto lúdico que essas atividades propiciam. Além disso, esses autores também afirmam que “experimentos de laboratório e observações na natureza (ou hortos e jardins botânicos) propiciam a participação ativa dos alunos”.

Dessa forma, a utilização do MEI para os estudantes do Ensino Médio Integrado (EMI) ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina* (IFB – CPLA) é adequada ao contexto das aulas lecionadas e projetos desenvolvidos. Um dos objetivos específicos desse curso é “criar condições para uma aprendizagem fundamentada pela prática, por meio de metodologias que contextualizem e exercitem o aprendizado, com vistas à autonomia do educando e à sua atuação profissional” (Instituto Federal de Brasília 2012, p. 18). Assim, compreender o crescimento vegetal, e aprender uma maneira simples de influenciar positivamente nesse processo, como modificar os tipos de espectro de absorção de luz, se torna um conhecimento significativo no contexto do aprendizado desses estudantes.

Dado o exposto, a presente pesquisa visou avaliar o processo de construção do conhecimento dos estudantes do EMI ao Técnico em Agropecuária do IFB – CPLA sobre o conteúdo de fotossíntese por meio do MEI. Para tanto, foi utilizado o experimento de crescimento vegetal em isolamento luminoso. A hipótese testada nessa pesquisa foi que o uso do MEI, com experimento, pode ser promissor nos processos de ensino-aprendizagem da fotossíntese para o EMI ao Técnico em Agropecuária por tornar tal processo, didaticamente, mais eficiente e atrativo.

MATERIAL E MÉTODOS

Grupo de estudo

O público alvo foi composto por um total de quarenta e quatro estudantes de duas turmas do 2º ano do Ensino Médio Integrado (EMI) ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília, *Campus Planaltina* (IFB – CPLA). O IFB

– CPLA está na área rural da cidade satélite de Brasília chamada Planaltina. Ele é uma escola-fazenda, onde são cultivados milho, sorgo, trigo, mandioca, cana, limão, mexerica, banana, laranja, feijão, couve, café, plantas medicinais e mudas de arbóreas do cerrado e criados equinos, bovinos de corte e de leite, galinhas de postura, caprinos, ovinos, suínos e abelhas. O curso Técnico em Agropecuária do IFB integrado ao Ensino Médio tem como objetivo formar técnicos agrícolas capazes de auxiliar em diversas ações técnicas tanto em fazendas, granjas, sítios e viveiros quanto em estabelecimentos comerciais de produtos agrícolas.

As turmas do segundo ano do EMI ao Técnico em Agropecuária do IFB – CPLA foram denominadas turma B (28 estudantes) e turma C (16 estudantes). Esse público foi escolhido pois, segundo a BNCC (BRASIL, 2018) e IFB (2012), apesar do processo bioquímico de fotossíntese ser lecionado no 1º ano, a fisiologia vegetal de forma abrangente (transporte de água, hormônios vegetais, nutrição mineral, crescimento vegetal, transporte de carboidratos e relação entre fotossíntese e respiração na planta) é discutida no conteúdo do 2º ano.

Desenho experimental

Em agosto de 2019, em cada turma, separadamente, a pesquisa foi feita em cinco etapas e em três Encontros: Encontro 1: (1) abordagem expositiva dialogada do conteúdo sobre fotossíntese; (2) aplicação de questionário diagnóstico; Encontro 2: (3) desenvolvimento de experimento sobre a influência da luz na fotossíntese; (4) aplicação de questionário posterior; e Encontro 3: (5) questões incluídas no teste mensal em dupla.

Encontro 1:

1. *Abordagem expositiva dialogada do conteúdo sobre fotossíntese*

Esse foi o primeiro contato dos estudantes com a presente pesquisa e objetivou contextualizá-los acerca dos conceitos teóricos do processo fotossintético e a importância da disponibilidade de gás carbônico, água e luz nas etapas da fotossíntese.

2. *Aplicação de questionário diagnóstico*

O questionário diagnóstico foi composto de três perguntas de múltipla escolha (Tabela 1) nas quais o estudante deveria assinalar uma alternativa correta.

Encontro 2:

3. *Experimento sobre a influência da luz na fotossíntese*

Após realizarem a etapa 1 e 2 do Encontro 1, na semana posterior, os estudantes das duas turmas, separadamente, fo-

ram encaminhados ao Laboratório de Ecologia do IFB – CPLA. Nesse laboratório, os estudantes observaram o experimento da influência da luz no processo fotossintético e realizaram a coleta e análise dos dados (Figuras 1 a 3).

A montagem do experimento foi realizada sete dias antes do experimento ser observado pelos estudantes. Para tanto, cada estudante recebeu o roteiro impresso, correspondente ao Encontro 2, que serviu de orientação nas atividades experimentais e de registro de dúvidas.

O experimento foi realizado em quatro ambientes (caixas em MDF (*Medium Density Fiberboard*) nas dimensões de 25 (altura) X 35 (largura) X 35 cm (profundidade) que receberam iluminação individualizada, nas cores: azul, vermelha, verde ou branca-controle (Figura 1). Nas laterais dessas caixas, foram realizados oito furos com a mesma broca da furadeira, tampados com feltro preto, como barreira para trocas gasosas com o meio externo e a passagem de luz. Essas caixas foram condicionadas sobre uma mesa, mantidas lado a lado e isoladas da luz externa. Em cada caixa foram condicionados vinte mudas de girassol, com altura média de 8,45cm, quatro dias após a germinação, mantidas em solo úmido (15% de areia e 85% de terra vegetal) e em pote plástico (300 mL), totalizando oitenta mudas (Figura 1). O sistema luminoso foi controlado por uma placa de Arduíno Uno. Ela foi utilizada para respeitar a necessidade de variação luminosa (fotoperiodismo). Essa placa compõe o microcontrolador (*hardware*) que recebe instruções

em linguagem de programação C e roda-as no *bootloader* da placa (*software*) (MCROBERTS, 2015).

Para coleta de dados, os estudantes foram divididos em quatro grupos (Figura 2), sendo que todos os estudantes de cada grupo receberam um roteiro com os dados da altura inicial das mudas (cm). Todas as alturas iniciais foram medidas pela primeira autora do trabalho, no dia da montagem do experimento. Nesse roteiro, cada grupo ficou responsável por registrar a altura final com régua transparente (Figura 3) das mesmas cinco mudas as quais foram calculadas a altura inicial. Após isso, o grupo ficou responsável em calcular a média do crescimento e registrar no quadro branco os dados mensurados e calculados para o compartilhamento com a turma. Foram medidas cinco plantas devido à baixa carga\horária de aula disponível para atividade.

Após a divulgação das médias de crescimento das mudas em cada tratamento, os estudantes fizeram um gráfico para melhor visualização dos resultados a fim de determinar qual tratamento beneficiou e qual não beneficiou o crescimento das mudas de girassol.

Com os resultados obtidos, foi desenvolvido o momento pedagógico de aplicação do conhecimento, no qual o foco foi explorar o potencial explicativo e conscientizador das teorias científicas relacionadas ao experimento. A primeira autora do trabalho fomentou os questionamentos respondendo às perguntas dos estudantes com perguntas reflexivas até chegar no

Tabela 1 – Questões dos questionários diagnóstico e posterior

Questões	Opções de resposta
1. Pode-se afirmar que a fotossíntese é um processo o qual ocorre:	<p>a) No cloroplasto, com consumo de CO₂ e a produção de O₂ e glicose.</p> <p>b) Nos cloroplastos, com dependência total e intermitente da luz.</p> <p>c) Nos cloroplastos e na parede celular.</p> <p>d) Nas mitocôndrias, com o consumo de O₂ e glicose e a produção de CO₂ e ATP.</p> <p>e) Nas mitocôndrias, sem dependência da luz.</p>
2. As plantas são classificadas como seres vivos:	<p>a) Autótrofos, quimiossintetizantes e unicelulares.</p> <p>b) Heterótrofos, quimiossintetizantes e unicelulares.</p> <p>c) Heterótrofos, fotossintetizantes e pluricelulares.</p> <p>d) Autótrofos, fotossintetizantes e pluricelulares.</p> <p>e) Herbívoros, fotossintetizantes e pluricelulares.</p>
3. Sabe-se que as plantas fazem o processo de fotossíntese. Podemos saber se o processo está sendo efetivo por meio de:	<p>a) Medição do peso do solo onde a planta se encontra.</p> <p>b) Medição da área foliar das folhas que estiverem no topo da copa das plantas.</p> <p>c) Medição da altura e do peso do vegetal.</p> <p>d) Medição da raiz.</p> <p>e) Medição do número de folhas.</p>

* Respostas corretas destacadas em vermelho.

Figura 1 – Demonstração do sistema luminoso utilizado no experimento sobre Fotossíntese, durante experimento observado pelos estudantes do 2º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília - *Campus Planaltina*.



Figura 2 – Estudantes do 2º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília - *Campus Planaltina*, em observação do experimento sobre Fotossíntese



momento da explicação do fenômeno de absorção da luz e do processo fotossintético.

4. Questionário posterior ao experimento

Ao final do segundo encontro, foram aplicados os questionários a fim de compreender o conhecimento construído pelos estudantes após as aulas de fisiologia vegetal orientadas pelo

MEI. O questionário posterior foi composto pelas mesmas perguntas do questionário diagnóstico.

Encontro 3:

5. Prova mensal com questão teste

Após duas semanas do experimento realizado no laboratório, usando o MEI, os estudantes fizeram um teste em dupla mensal para compor parte da nota bimestral. A docente responsável pelos 2º anos escolheu o formato de teste em dupla

Figura 3 – Experimento sobre Fotossíntese - Medição de altura final das plantas de girassol realizadas pelos estudantes do 2º ano do Ensino Médio Integrado ao Técnico em Agropecuária do Instituto Federal de Brasília - Campus Planaltina



para estimular os estudantes a interagir seus conhecimentos. O intuito de analisar uma questão sobre o experimento no teste em dupla foi averiguar se os conhecimentos construídos via prática foram compreendidos pelos estudantes ao ponto de eles se recordarem dos conceitos e aplicabilidade do experimento (Tabela 2) após duas semanas. Também foram avaliada uma questão sobre conteúdo discutido apenas em aula expositiva dialogada (Tabela 3) e duas questões com conteúdos discutidos tanto na aula expositiva dialogada quando com o uso do MEI (Tabela 4). Assim, foi possível comparar o método de ensino

mais tradicional (apenas aula expositiva dialogada) com o método alternativo de ensino (MEI).

Análises estatísticas

As análises estatísticas foram feitas associando os dados das duas turmas de 2º ano, totalizando 44 estudantes. Assim, foram realizadas três comparações: (1) das respostas certas e erradas do questionário diagnóstico com as respostas do questionário posterior ao experimento, (2) comparação do número de respostas certas (considerando 1 as questões com 50% a

Tabela 2 – Questão com conteúdo discutido com o uso do MEI aplicada na prova mensal.

1. Sobre o Projeto Cores na Fotossíntese, desenvolvido no Laboratório de Ecologia, **julgue** as afirmações assinalando C para as corretas, E para as erradas e **justifique** as erradas. (0,5)

A luz verde não beneficiou o crescimento das mudas de girassol porque a planta reflete a cor verde e não a absorve. (C) ou (E)

A taxa de fotossíntese dentro das caixas do experimento foi alterada tanto na sua concentração de CO₂ quanto na sua intensidade de luz. (C) ou (E)

Apenas foi alteração no tipo de luz.

A luz azul e vermelha resultaram nas piores taxas de crescimento enquanto que a branca e a verde foram as melhores. (C) ou (E)

A luz azul e a vermelha resultaram nas melhores taxas de crescimento enquanto a branca e a verde foram as piores.

A medição das alturas e o cálculo do crescimento podem indicar a taxa de fotossíntese, porque quanto mais a planta faz fotossíntese, mais ela produz glicose, mais ganha biomassa e por consequência maior ela fica. (C) ou (E)

Em uma lavoura, podemos melhorar o crescimento das plantas instalando de forma aérea uma lona, malha ou tela de sombreamento da cor verde pois essa cor melhora a absorção luminosa das plantas e aumenta tanto a taxa fotossintética quanto o crescimento das plantas. (C) ou (E)

A cor precisa ser azul ou vermelha.

* Respostas corretas destacadas em **vermelho**.

Tabela 3 – Questão com conteúdo abordado com uso apenas de aula expositiva dialogada aplicada na prova mensal.

1. Os hormônios vegetais atuam no crescimento e desenvolvimento das plantas, sendo eles: auxina, ácido abscísico, giberelina, etileno, citocinina. **Complete** a tabela abaixo associando os conceitos e nomes dos fitormônios (ou hormônios vegetais). (0,5)

Nome do hormônio	Conceito
Auxina	Promove o alongamento celular. É produzida no meristema apical o que gera uma dominância apical no crescimento no vegetal. É responsável pelo fototropismo e geotropismo devido ao estímulo da luz e da gravidade respectivamente.
Giberelina	Estimula o alongamento e a divisão celular, promovendo o alongamento caular, germinação de sementes, crescimento de folhas e a produção de flores e frutos. É produzida no meristema, folhas jovens, sementes imaturas e frutos.
Citocinina	Estimula a divisão celular. É produzido principalmente nas raízes.
Etileno	Estimula a abscisão das folhas e o amadurecimento dos frutos.
Ácido abscísico	Induz o fechamento dos estômatos, a dormência das sementes, de gemas e inibe o crescimento das plantas. Produzido nas folhas, caule e ápice radicular.

* Respostas corretas destacadas em **vermelho**.

Tabela 4 – Questões com conteúdo discutido com o uso do MEI e também na aula expositiva dialogada aplicada na prova mensal.

1. Pode-se **afirmar** que a fotossíntese é um processo no qual ocorre:

- Nos cloroplastos, com o consumo de água e CO_2 e a produção de O_2 e glicose.**
- Nos cloroplastos, com independência da luz.
- Nos cloroplastos e na parede celular, com a necessidade de sais minerais.
- Nas mitocôndrias, com o consumo de O_2 e glicose e a produção de CO_2 e ATP.
- Nas mitocôndrias, sem dependência da luz.

2. Uma planta foi submetida a diferentes intensidades de luz e a velocidade da respiração e fotossíntese foram medidas, observando-se o volume de CO_2 . O suprimento de água estava adequado. Marque C nas alternativas corretas e justifique as incorretas:

Tabela 1

Fotossíntese	A	B	C	D	E	F	G
Luz (eixo x)	0	1	2	3	4	5	6
Volume de CO_2 consumido (eixo y)	0	1	2	2,5	3	3	3

Tabela 2

Respiração	A	B	C	D	E	F	G
Luz (eixo x)	0	1	2	3	4	5	6
Volume de CO_2 expirado (eixo y)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

(C) Na fotossíntese, a planta absorve CO_2 que será usado na fabricação de carboidrato.

(C) Na respiração, a planta libera CO_2 a uma taxa constante.

(C) A partir da intensidade de luz 2, a fotossíntese será maior do que a respiração.

(E) A planta apenas respira à noite e faz fotossíntese de dia.

(E) A planta aumenta sua taxa fotossintética com o aumento da intensidade de luz de forma linear, constante e uniforme.

Justificativas:

A planta respira de noite e de dia.

A planta aumenta sua taxa fotossintética com o aumento da intensidade de luz até um ponto quando essa taxa fica constante.

* Respostas corretas destacadas em **vermelho**.

mais de acerto e 0 as questões com 49% a menos de acertos) das questões testes da prova mensal acerca do conhecimento construído após realização do experimento e das questões teste da prova mensal acerca dos hormônios vegetais (conteúdo abordado apenas em sala expositiva dialogada) e (3) comparação do número de respostas certas (considerando 1 as questões com 50% a mais de acerto e 0 as questões com 49% a menos de acertos) das questões testes da prova mensal acerca do conhecimento construído após realização do experimento e das questões teste da prova mensal acerca da comparação entre fotossíntese e respiração celular (conteúdo abordado em sala expositiva dialogada mais no MEI). Essas análises foram feitas por meio do teste de Wilcoxon Teste. Este teste foi utilizado, pois ele faz comparação de dados não paramétricos nos quais as duas amostras são relacionadas (HAMMER et al., 2001). Nesse caso em específico, as amostras relacionadas são os estudantes. Todas as análises foram realizadas com o *software* PAST 3.18 (HAMMER et al., 2001) a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hipótese testada nesse trabalho de que o uso do MEI com experimento poderia ser promissor nos processos de ensino e aprendizagem da fotossíntese para o EMI ao Técnico em Agropecuária por tornar tal processo mais eficiente e atrativo foi corroborada em termos pedagógicos e estatísticos ao se analisar o questionário diagnóstico, o questionário posterior ao experimento e as questões da prova mensal.

Considerando a questão 1 que abordava sobre onde ocorre o processo de fotossíntese e quais seus reagentes e produtos, não houve diferença estatística entre os questionários diagnóstico e posterior ($W = 6$; $Z = 1,732$; $p > 0,05$). Entretanto, houve diferença pedagógica. Por exemplo, na turma B após o experimento, ninguém mais marcou a letra *d* (errada) que descrevia a respiração celular aeróbica como sendo o processo fotossintético – erro considerado de grande magnitude na disciplina de Biologia. Porém, muitos estudantes continuaram marcando a letra *b* (errada) que descrevia a fotossíntese como um processo com dependência total ou intermitente de luz. Provavelmente, a marcação da resposta errada ocorreu, pois os discentes não sabiam o significado de intermitente que é alternado.

Na análise da questão 2 sobre classificação das plantas, não houve diferença estatística ($W = 6$; $Z = 1,732$; $p > 0,05$) e nem pedagógica quando comparados os questionários diagnóstico e posterior. Tanto na turma B quanto na C, mesmo depois do experimento, alguns estudantes continuaram respondendo errado, escolhendo a letra *c* (heterótrofos, fotossintetizantes e

pluricelulares – errada) ao invés de letra *d* (autótrofos, fotossintetizantes e pluricelulares – correta). Nesse resultado, foi percebido uma confusão por parte dos estudantes com os nomes heterótrofo e autótrofo. Conforme Barbão e Oliveira (2010), estudantes do Ensino Médio não compreendem facilmente nomenclaturas biológicas pela falta de contato com os termos e por suas origens grega ou latina. Apesar de terem significados opostos, a semelhança no sufixo dos dois termos também contribui para a confusão.

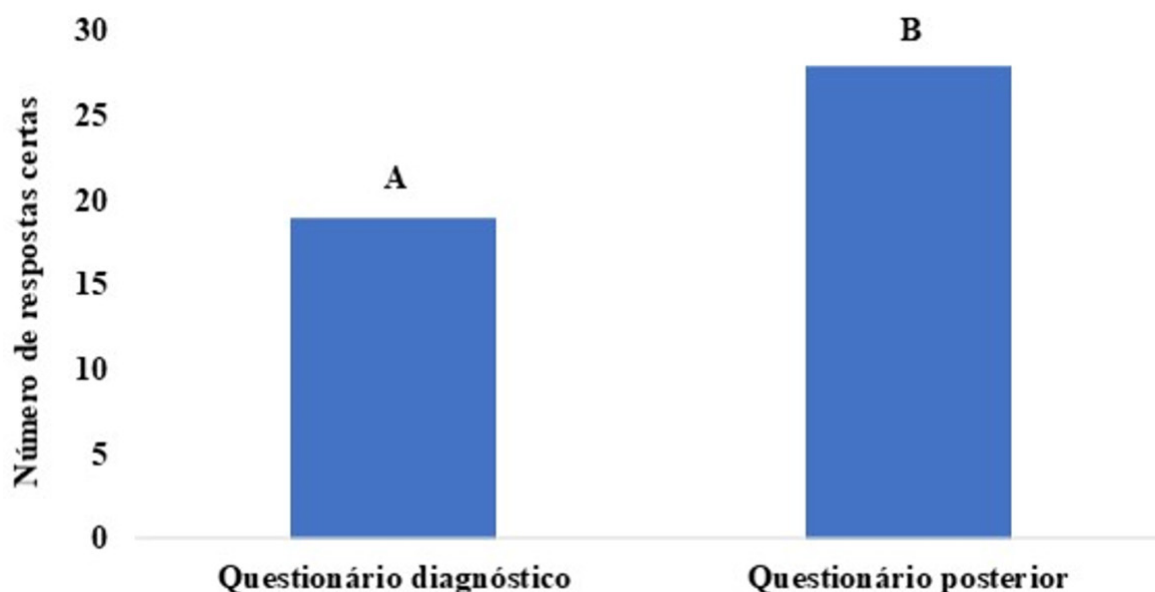
No encontro 2, os estudantes foram questionados com a pergunta “Os vegetais precisam ingerir alimentos como os animais? Caso não, como eles fazem para ter energia?”. Houve um consenso nas respostas dos estudantes de que os vegetais não ingerem alimentos, pois eles produzem seu próprio alimento por meio da fotossíntese. Barbão e Oliveira (2010) ressaltam que o entendimento de termos biológicos está ligado à “alfabetização biológica”, conceito em voga entre pesquisadores da educação. Dentro desse conceito há níveis de alfabetização biológica que classificam os estudantes em quatro situações diferentes, dependendo de seu nível de conhecimento. Os estudantes participantes da presente pesquisa que classificaram as plantas como seres heterótrofos, apesar de saberem que as mesmas produzem seus alimentos e não manifestarem estranheza ao termo se encaixam no nível de alfabetização biológica funcional, em que o estudante não sabe o significado do termo apesar de conhecê-lo e defini-lo corretamente.

Já na questão 3 sobre qual medição melhor indicava a efetividade da fotossíntese, nas turmas B e C, o número de estudantes que responderam corretamente após o experimento com o uso do MEI aumentou, ocorrendo diferença estatística ($W = 45$; $Z = 3$; $p < 0,05$) e pedagógica entre questionários diagnóstico e posterior (Figura 4). A maioria dos estudantes que errou, escolheu a alternativa *b* (medição da área foliar das folhas que estiverem no topo da copa das plantas – errada) e os que acertaram escolheram a alternativa *c* (medição da altura e do peso do vegetal – correta).

Acerca da questão 3, deduz-se que a maioria que errou fez a associação rápida do processo fotossintético com a área da folha, portanto medindo-se a área foliar do topo da copa teriam um indício de efetividade na fotossíntese. Em geral, a folha é descrita como local onde ocorre a fotossíntese. Dessa forma, o resultado do desempenho dos estudantes evidencia a associação da fotossíntese unicamente com a folha do topo da planta, apesar de eles terem feito a medição da altura do vegetal para comparar a efetividade da fotossíntese durante o experimento.

No decorrer da pesquisa, os estudantes se mostraram curiosos, inquietos e participativos. Ao final do encontro 1, no con-

Figura 4 – Gráfico de número absoluto dos acertos somados nas turmas B e C acerca da questão 3. Letras diferentes sobre as colunas retratam diferenças estatísticas.



texto de aula expositiva dialogada, muitos demonstraram pouco interesse, enquanto outros participaram de forma curiosa. Já no encontro 2, quando o MEI foi aplicado como metodologia pedagógica, os estudantes ficaram mais participativos e questionadores. Rodrigues et al. (2020) também demonstraram em sua pesquisa que o uso de métodos alternativos de ensino estimula mais os estudantes a se engajarem no processo de aprendizagem, mesmo quando o conteúdo abordado em sala de aula é árido e considerado de difícil compreensão.

Outro fato que demonstrou maior interesse dos estudantes com o processo didático-educativo foi que durante o encontro 2, os estudantes fizeram comentários e perguntas que agregaram bastante a interação da aula. Por exemplo, alguns estudantes da turma C questionaram sobre a influência da luz NIR (Espectroscopia no Infravermelho Próximo, *Near-Infrared Spectroscopy*) no experimento. Outros quiseram ampliar a pesquisa utilizando mais sensores de monitoramento no Arduíno e expor no Conecta IF 2020, evento científico anual promovido pelo Instituto Federal de Brasília.

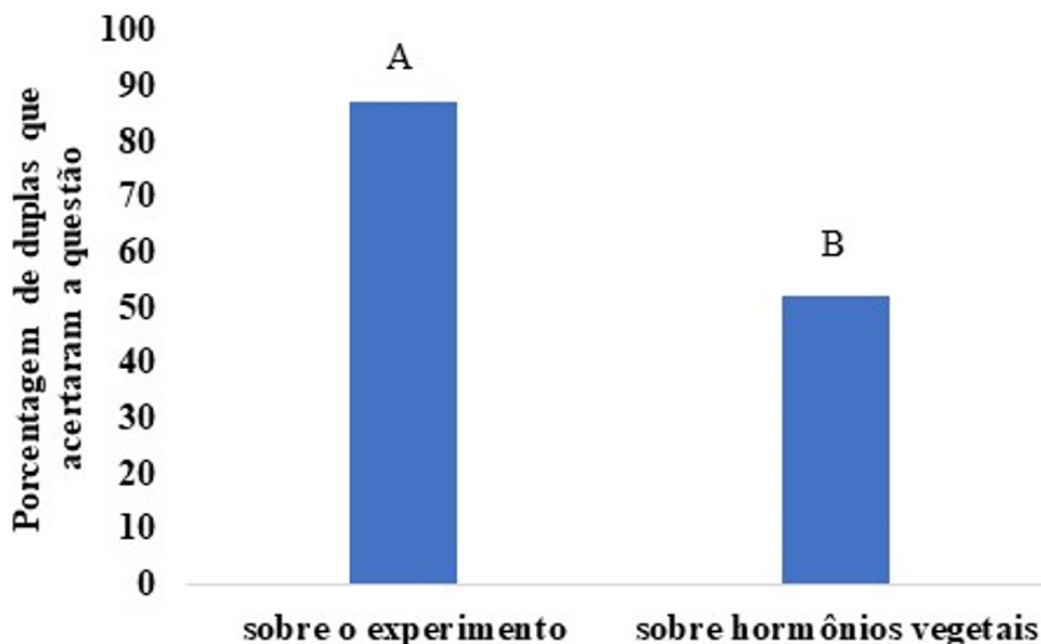
Conforme Lima e Garcia (2011), as práticas em laboratório contribuem para a construção do conhecimento dos estudantes, fato feito por meio do experimento, conectando-o com a formação técnica em agropecuária. Para Lima et al. (2013), a prática pedagógica de forma contextualizada gera curiosidade, motivação e significação pessoal por parte dos estudantes. Portanto, a aplicação do MEI deu condições aos estudantes de relacionarem seus conhecimentos do cotidiano com o conteúdo

de fisiologia vegetal, formularem hipóteses e se envolverem em projetos de pesquisa.

Segundo Zômpero e Laburú (2011), a formação de estudantes pensadores ativos faz parte das características que convergem e definem o MEI para atingir um nível considerável de aprendizagem do conteúdo alvo. Além disso, foi possível identificar que os estudantes estabeleceram uma postura ativa durante a aplicação do MEI. Então, isso mostra que a postura ativa, estimulada com a aplicação do MEI, está na centralidade dos processos de ensino e aprendizagem. Ela se conecta com o desenvolvimento humano que é de fato o mais importante nesse processo, conforme Cordeiro (2019). A identificação dessa postura ativa por parte dos estudantes é um valioso resultado da presente pesquisa. Dessarte, a utilização do MEI para a abordagem da fotossíntese atingiu os objetivos de tornar a aula mais interativa e atrativa deixando os estudantes mais questionadores e engajados no processo de aprendizagem.

Outros resultados foram obtidos a partir da questão teste da prova mensal em dupla aplicado quinze dias após a finalização da pesquisa. Foi constatada diferença significativa ao comparar a quantidade de acertos dos itens de uma questão acerca do experimento de fotossíntese (uso do MEI) com a quantidade de acertos dos itens de uma questão sobre hormônios vegetais (uso apenas de aula expositiva e dialogada) ($W = 36$; $Z = 2,828$; $p < 0,05$). Portanto, o MEI foi mais eficiente a longo prazo do que a aula expositiva dialogada como método de ensino e aprendizagem, pois uma quantidade maior de estudantes acertou mais a questão sobre o conteúdo aborda-

Figura 5 – Gráfico da porcentagem de duplas de estudantes nas turmas B e C que acertaram as questões abordadas no teste aplicado em sala de aula. Letras diferentes sobre as colunas retratam diferenças estatísticas entre as variáveis categóricas.



do no MEI (Figura 5). Esse resultado também foi corroborado quando se comparou a quantidade de acertos dos itens de uma questão acerca do experimento de fotossíntese (uso do MEI) com a quantidade de acertos dos itens de uma questão sobre a comparação fotossíntese e respiração (uso de aula expositiva e dialogada mais uso do MEI) ($W = 10$; $Z = 2$; $p > 0,05$), uma vez que não houve diferença entre a quantidade de acertos dos itens dessas duas questões.

A comparação desses resultados mostra que ensinar conceitos botânicos com o uso do MEI e com experimentação pode ser positivo no desempenho dos estudantes quando eles são avaliados em provas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa atingiu os objetivos de tornar a aula mais interativa e atrativa, estimulando os estudantes a terem uma postura mais questionadora e engajada no processo de aprendizagem. O uso do MEI também foi eficaz para se obter uma aprendizagem efetiva e de médio a longo prazo. Dessa forma, a hipótese de que o uso do MEI com experimento poderia ser promissor nos processos de ensino e aprendizagem da fotossíntese para o EMI ao Técnico em Agropecuária por tornar tal processo mais

eficiente e atrativo foi confirmada tanto pedagógica quanto estatisticamente.

AGRADECIMENTOS

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pela bolsa de residência pedagógica da primeira autora. Às professoras doutoras Débora Silvano e Deise Barreto e aos revisores anônimos pelas sugestões e críticas durante a execução e escrita da presente pesquisa.

REFERÊNCIAS

- AMADEU, S. O.; MACIEL, M. D. A dificuldade dos professores da educação básica em implantar o ensino prático de botânica. **Revista de Produção Discente em Educação Matemática**, v. 3, n. 2, p. 225-235, 2014.
- BERBEL, N. A. N. As metodologias ativas e a promoção da autonomia de estudantes. **Semina: Ciências Sociais e Humanas**, v. 32, p. 25-40, 2011.
- BARBÃO, A. J. M.; OLIVEIRA, I. G. Utilização e compreensão da nomenclatura biológica por alunos do ensino médio da escola estadual Wilson de Almeida-Nova Olímpia/MT. In: IV Fórum de educação

e diversidade:" diferentes, (des) iguais e desconectados. **Anais...** Tangará da Serra: Universidade do Mato Grosso *Campus* Tangará da Serra, 2010, p. 1- 6.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular.** Brasília: MEC, 2018.

CARVALHO, M. M., **Botânica no Ensino Fundamental II: aplicação de conceitos do CTS por meio da metodologia ativa.** 2017, 109f, Dissertação de Mestrado - Universidade de São Paulo Escola de Engenharia de Lorena, Lorena, 2017.

CARVALHO, A. M. P.; OLIVEIRA, C. M. A.; SCARPA, D. L.; SESSARON, L. H.; SEDANO, L.; SILVA, M. B.; CAPECCHI, M. C. V. M.; ABIB, M. L. V. S.; BRICCIA, V **Ensino por investigação: condições para implementação em sala de aula.** São Paulo: Cengage Learning, 2013, 164 p.

CASTRO, C.; CASTIGLIONI, V. B. R.; BALLA, A.; LEITE, R.M.V.B.C.; KARAM, D.; MELLO; H. C.; GUEDES, L.C.A.; FARIAS, J.R.B. **A cultura do girassol.** Londrina: Embrapa – CNPSo, 1996, 38 p.

CORDEIRO, R. L. Reflexões sobre ensino na escola pública. [Entrevista informal concedida a] Ana Clara Brandão. Brasília, 2019. DELIZOICOV, D.; ANGOTTI J. A.; PERNAMBUCO M.M. **Ensino de Ciência: fundamentos e métodos.** São Paulo: Cortez, 2002.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. **Palaeo Electronica**, v. 4, p. 1-9, 2001.

INSTITUTO FEDERAL DE BRASÍLIA. **Plano de Curso: curso de educação profissional técnica de nível médio integrado em agropecuária.** *Campus* Planaltina, Brasília, 2012.

LIMA, D. B.; GARCIA, R. N. Uma investigação sobre a importância das aulas prática de Biologia no ensino médio. **Cadernos do Aplicação** (UFRGS), v. 24, p. 201-224, 2011.

LIMA, J. H. G.; SIQUEIRA, A. P. P.; COSTA, S. A utilização de aulas práticas no ensino de ciências: um desafio para os professores. **Revista Técnico-Científica do IFSC**, v. 2, p. 486-495, 2013.

MCRBERTS, M. **Arduíno básico.** 2ª ed. São Paulo: Novatec Editora, 2015, 506 p.

RODRIGUES, P. L.; FERNANDES, S. D. C.; DELGADO, M. N. Uso de texto de divulgação científica no ensino de Bioquímica para a

Educação de Jovens e Adultos. *Revista Eixo*, v.9, n.1, p. 23-35, 2020. SALATINO, A.; BUCKERIDGE M. Mas de que serve saber botânica? **Estudos Avançados**, v.30, n.87, p. 177-196, 2016.

VIEIRA-PINTO, T.; MARTINS, I. M.; JOAQUIM, W. M. A construção do conhecimento em Botânica através do Ensino Experimental. In: XIII Encontro Latino Americano de Iniciação Científica e IX Encontro Latino Americano de Pós-Graduação. **Anais...** São José dos Campos: Universidade do Vale do Paraíba, 2009. p. 1-4.

ZAGO, L. M.; GOMES, A. C.; FERREIRA, H. A.; SOARES, N. S.; GONÇALVES, C. A. Fotossíntese: uma proposta de aula investigativa. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 5, n. 1, p. 759-761, 2007.

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, n. 3, p. 67-80, 2011.

CURRÍCULOS

* Licenciada em Biologia (IFB) Lattes: <http://lattes.cnpq.br/1664352851930654>

** Doutorado em Botânica (UnB). Instituto Federal de Brasília (IFB). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7858561768739161>

*** Doutorado em Ecologia (UnB). Instituto Federal de Brasília (IFB). Lattes: <http://lattes.cnpq.br/7053082767955268>