

EXPLORANDO A TEORIA E PRÁTICA NO ENSINO DE BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO

Warley Costa Silva¹, Luiza de Almeida Silva Figueiredo¹, Gabrielle Vieira da Silva¹, Thalya Campelo Vitor¹, Mayla Bessa Scotá¹, Elias Terra Werner¹

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N Guararema, 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, warley.costa.545@gmail.com, luizaasf@hotmail.com, Gabriellevieira.fis@gmail.com, thalyavitor26@gmail.com, mayla_scotta@hotmail.com, elias.werner@ufes.br.

Resumo

A pesquisa realizada em uma escola da rede estadual, na cidade de Alegre-ES, com alunos do ensino médio, buscou elaborar uma abordagem educacional que transformasse o ambiente laboratorial e escolar em um espaço de aprendizagem eficaz em biotecnologia, associando teoria e prática. Os estudantes participaram de uma sequência didática composta por avaliações de conhecimento, aulas teóricas e práticas laboratoriais utilizando técnicas de Cultura de Tecidos Vegetais (CTV) com a espécie *Psidium guajava Linnaeus*. Os resultados indicam que as metodologias propostas favorecem o desenvolvimento do aprendizado dos alunos na área e, além disso, a eficácia laboratorial, avaliada em comparação ao laboratório especializado, demonstra resultados positivos quanto à taxa de contaminação e germinação das sementes inoculadas. Concluiu-se que a associação entre teoria e prática e a utilização de técnicas de CTV são estratégias eficazes para o ensino de biotecnologia no ensino médio, além de fomentar o interesse dos alunos pela biotecnologia vegetal, conservação de plantas e produção do conhecimento.

Palavras-chave: Educação científica. Sequência didática. Práticas laboratoriais. Aprendizado ativo. Cultura de Tecidos Vegetais (CTV).

Área do Conhecimento: Biológicas (INID).

Introdução

Segundo o currículo do Espírito Santo, a biotecnologia é um dos conteúdos fundamentais do ensino, sendo relacionada a habilidade que predispõe: “Analisar os aspectos éticos, vantagens e desvantagens da biotecnologia (transgênicos, clones, melhoramento genético, cultura de células e tecidos, etc.), considerando os processos biológicos, ambientais, culturais, econômicos e sociais”, indicada a ser desenvolvida ao início do 2º ano do ensino do ensino médio (SEDU, 2009). A Cultura de Tecidos Vegetais (CTV) surge como uma ferramenta aliada ao ensino de biotecnologia. Essa técnica consiste na manipulação de células, tecidos e órgãos vegetais a partir de processos de desenvolvimento celular, utilizada na indústria científica farmacológica para obtenção de insumos e para o cultivo de plantas ameaçadas de extinção, de pequena distribuição ou escassa em diferentes características climáticas (Torres *et al.*, 2000). A CTV possibilita a rápida multiplicação de um único indivíduo, com alta fidelidade genética, independente de variações sazonais e climáticas, em tempo e espaço reduzido e com maior controle sobre a sanidade do material propagado (George, 2008).

Recomenda-se que o desenvolvimento de tal área do conhecimento ocorra através de metodologias que permitam a contextualização do tema para com os alunos. Metodologias ativas são ferramentas aliadas à produção do conhecimento, conectando o conteúdo escolar à realidade social e ambiental dos estudantes (SEDU, 2009). No entanto, a falta de laboratórios adequados nas escolas de ensino básico é um desafio que, como resultado, pode comprometer a experiência de aprendizagem, afetando tanto a compreensão prática da disciplina quanto o desenvolvimento de habilidades essenciais (Gonzaga, 2012). Nesse contexto, pode ser levantada a seguinte questão: “Como otimizar o uso dos espaços escolares para a implementação de aulas práticas laboratoriais de CTV para abordagem do conteúdo curricular em biotecnologia, visando a construção efetiva do conhecimento pelos alunos?”.

Estudos como este promovem abordagens pedagógicas inovadoras no ensino médio, oferecendo metodologias práticas adaptáveis a diferentes contextos da educação básica, objetivando o desenvolvimento de uma abordagem educacional que permite transformar o ambiente laboratorial e escolar em um espaço de aprendizagem eficaz para explorar a temática da CTV e, assim, facilitar a aprendizagem para aquisição de habilidades e competências relacionadas ao conteúdo curricular de biotecnologia no ensino médio. Além de fomentar o interesse dos alunos pela biotecnologia vegetal, conservação de plantas e produção do conhecimento.

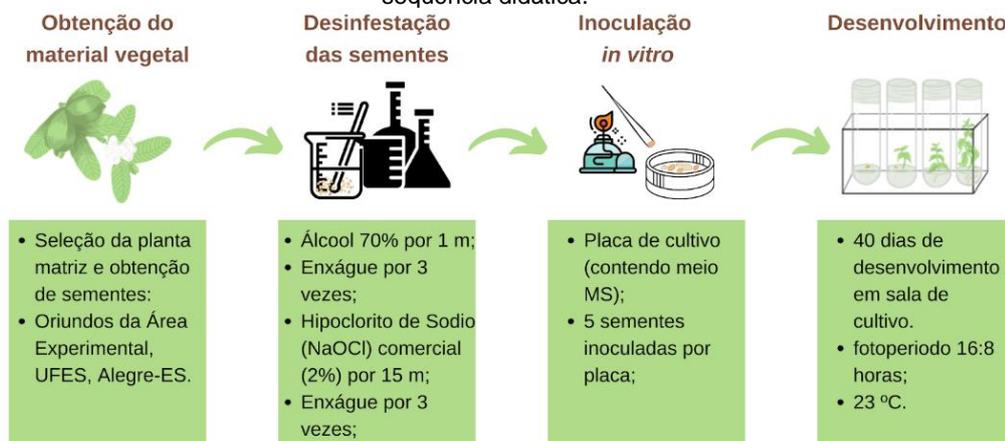
Metodologia

Os alunos de uma escola estadual de ensino fundamental e médio, localizada na cidade de Alegre-ES, durante as aulas de uma disciplina eletiva, foram informados sobre a realização de uma sequência didática a fim da realização da presente pesquisa, envolvendo a análise da viabilidade e efetividade da aplicação das técnicas de CTV para trabalhar conteúdos de biotecnologia. A turma acompanhada era composta por 13 alunos dos 1º e 2º anos do ensino médio, com faixa etária de 16 a 18 anos. A turma foi escolhida em decorrência da disponibilidade da agenda escolar, abertura para atividades de graduandos em estágio pedagógico e o direcionamento da disciplina eletiva ao desenvolvimento de práticas da área da biologia. A sequência didática foi organizada segundo a grade de horários da escola, sendo realizada em dois momentos, com 2 horas de aula em cada.

No primeiro momento foi realizada a aplicação de um questionário de conhecimentos prévios composto por perguntas fechadas sobre seus conhecimentos prévios em biotecnologia, CTV, clonagem e uso das plantas. Em seguida, foi ministrada uma aula introdutória, utilizando recursos audiovisuais para contextualizar a temática e destacar a importância da espécie escolhida para a prática, a goiabeira (*Psidium guajava L.*). Ao final do primeiro momento, foi realizado com os alunos a montagem de uma nuvem de palavras sobre os termos ouvidos durante a aula, que os mesmos associaram ao tema. As respostas obtidas foram organizadas, utilizando o software estatístico R (versão 4.3.3, *R Foundation for Statistical Computing*), em uma imagem composta pelas palavras em diferentes tamanhos, a depender da frequência de repetições.

No segundo momento, os alunos foram ao laboratório de ciências da escola, preparado para a atividade. Cada um recebeu um roteiro com uma introdução ao tema, orientações para os procedimentos e sugestões alternativas para a preparação dos materiais. Para a realização da aula prática de "Desinfestação e inoculação de sementes de *Psidium guajava in vitro*", os materiais utilizados foram preparados no laboratório de Citogenética e Cultura de Tecidos Vegetais (CCTV), da UFES, e levados até a escola. As atividades foram divididas em etapas, que incluíram a realização da desinfestação de sementes de *P. guajava L.* e a inoculação *in vitro* das mesmas (Figura 1).

Figura 1 - Esquema representativo das etapas práticas desenvolvidas durante o segundo momento da sequência didática.



Fonte: Criação do autor, 2024.

O procedimento para a desinfestação e inoculação das sementes de *P. guajava L.* se baseou na técnica descrita por Arruda *et al.* (2019). Como a escola não dispunha de uma câmara de fluxo ou uma capela, utilizou-se uma lamparina para a criação de uma pequena área estéril ao redor da chama, de forma a evitar novas contaminações, por via aérea. Os alunos durante a prática utilizaram equipamentos de proteção individual (EPI), que incluiu jaleco, máscara, e lavaram as mãos em água corrente e utilizaram também álcool na limpeza. As placas de cultivo utilizadas continham meio MS (Murashige; Skoog, 1962) meia força, acrescido de 7,5 g L⁻¹ de ágar, 30 g L⁻¹ de sacarose, 0,1 g L⁻¹ de ácido ascórbico e ajustado o pH para 5,7 ± 0,1. O material preparado pelos alunos ficou disposto na sala de crescimento do Laboratório de CCTV, da UFES, para desenvolvimento, onde foram mantidos sob fotoperíodo claro/escuro de 16/8 h com 36 μmol m⁻² s⁻¹ de radiação luminosa fornecida por duas lâmpadas fluorescentes (20 W, Osram®), a 25 ± 2 °C. Após 15 dias foram avaliadas pelos alunos quanto a taxa de contaminação dos meios de cultura e após 40 dias quanto a taxa de germinação das sementes e avaliação de viabilidade da prática.

Ao final da aula, no segundo momento, foi realizada a aplicação de um jogo lúdico pedagógico, um caça-palavras dos termos e práticas vistos durante as aulas, composto de 10 questões. O jogo foi utilizado para avaliação dos aprendizados construídos após a aplicação da sequência didática.

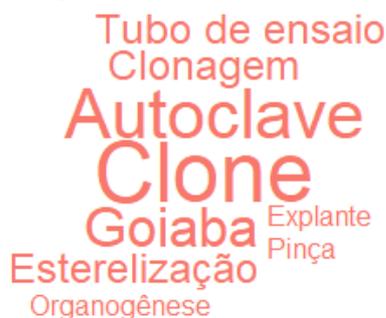
Buscou-se avaliar a eficácia da associação teórico-prática, tanto no quesito pedagógico, quanto técnico-científico. Observando o desenvolvimento do aprendizado dos alunos, através das metodologias propostas, e também avaliar a viabilidade laboratorial de tais práticas no ambiente escolar, observando as taxas de contaminação e sobrevivência, em comparação aos experimentos realizados no laboratório especializado (CCTV). Análises estatísticas foram realizadas utilizando o software estatístico R (versão 4.3.3, *R Foundation for Statistical Computing*). Para comparar as médias entre os grupos, foi utilizado o teste t de Welch, devido à presença de variâncias desiguais e tamanhos amostrais diferentes. Um nível de significância de 5% foi adotado para todas as análises.

Resultados

Analisando as respostas dos alunos no questionário de conhecimentos prévios foi possível constatar que os mesmos possuíam pouco ou nenhum contato com termos específicos das ciências biológicas, porém, demonstrando conhecimentos relacionados a relevância e utilidades das plantas.

As respostas fornecidas pelos alunos, ao final da primeira aula, foram organizadas na forma de uma nuvem de palavras (Figura 2). Durante este processo, observou-se novos termos biológicos e científicos descritos pelos alunos, o que demonstra uma evolução dos conhecimentos sobre o tema após a aplicação da introdução teórica.

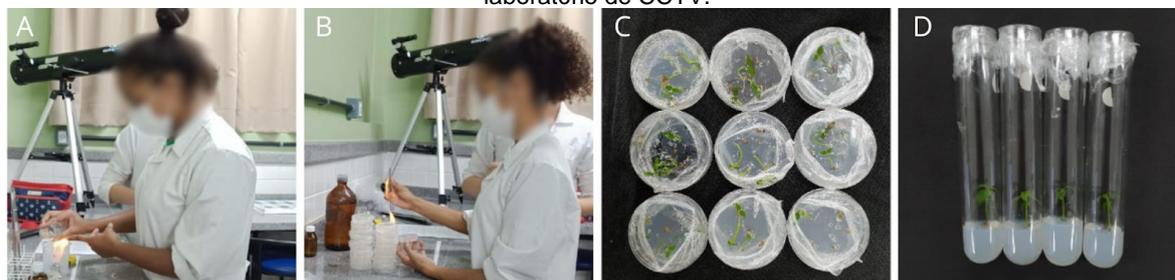
Figura 2 - Nuvem de palavras.



Fonte: Criação do autor, 2024.

Durante o segundo momento, verificou-se que a aplicação da aula prática adaptada foi uma metodologia viável, visto que, foi concebida visando a sua aplicabilidade em diversos cenários educacionais, levando em consideração diferentes contextos de ensino existentes. Além do mais, todos os alunos presentes tiveram uma participação ativa no desenvolvimento das atividades, acompanhados por um responsável, tiveram a oportunidade de realizar práticas da CTV, e posteriormente observar os resultados obtidos e compará-los com materiais preparados no laboratório de CCTV (Figura 3).

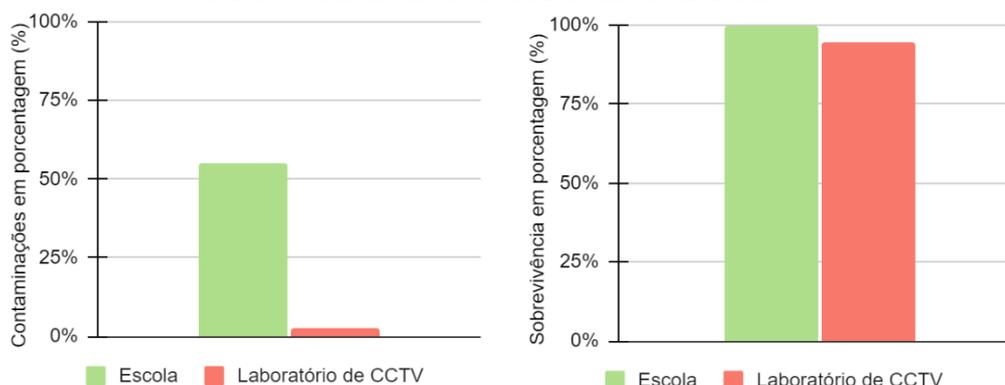
Figura 3 - Alunos realizando a prática e seus resultados. (A) Processo de desinfestação, (B) Processo de inoculação das sementes. (C) Placas de Cultivo preparadas pelos alunos. (D) Tubos de cultivo preparados no laboratório de CCTV.



Fonte: Imagens autorais, 2024.

Os resultados obtidos na prática foram avaliados após 15 dias segundo a taxa de contaminação dos meios de cultura, e após 40 dias em relação à taxa de sobrevivência e germinação das sementes. Foram então comparados com os resultados anteriores do laboratório de CCTV da UFES (Figura 4).

Figura 4 - Gráficos da porcentagem comparativa entre os resultados experimentais obtidos na escola e no laboratório de CCTV, a esquerda representando as taxas de contaminação, a direita representando as taxas de sobrevivência dos meios de cultivo não contaminados.



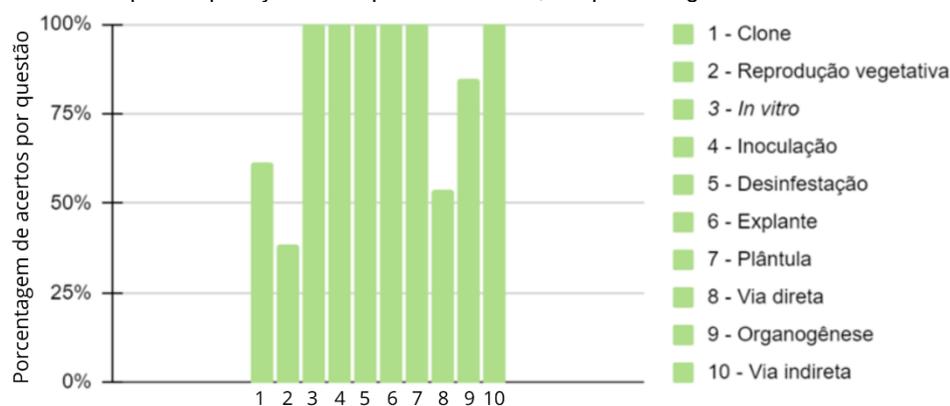
Fonte: Criação do autor, 2024.

Os resultados indicam uma diferença significativa de eficiência entre os resultados em relação à taxa de contaminação, enquanto o grupo Laboratório de CCTV apresentou uma taxa de contaminação relativamente baixa, 2,5%, o grupo Escola registrou uma taxa significativamente maior, atingindo 55%. Em relação às taxas de sobrevivência e germinação das sementes, ao analisar as não contaminadas, ambas exibiram altos índices de sobrevivência, sendo o grupo Laboratório de CCTV com 94,59% e o grupo Escola com 100%, apesar de uma leve variação de valores percentuais, não houve uma diferença estatisticamente significativa entre elas, sugerindo uma consistência entre as metodologias, indicando que fatores como acaso, particularidades no cultivo ou até mesmo a perda de viabilidade das sementes temporalmente podem ter contribuído para essa pequena variação.

Outra estratégia adaptada, foi a utilização de um jogo lúdico pedagógico para avaliação de aprendizado, após a realização das atividades. A utilização da técnica revelou-se propícia para analisar a eficácia da sequência didática, pois permitiu a observação do progresso alcançado e das conexões estabelecidas pelos alunos no tema em questão e possibilitou a avaliação, por uma quantificação percentual, da habilidade associativa dos alunos após o contato com o conteúdo conforme as propostas utilizadas (Figura 5). A análise dos resultados revela uma variação na eficácia da metodologia utilizada. Enquanto as questões 3, 4, 5, 6, 7 e 10 obtiveram uma taxa de acertos de 100%, indicando uma eficácia consistente, as questões 1, 2, 8 e 9 apresentaram variações nos resultados. Essa variação demonstra a diferença do desenvolvimento da aprendizagem entre os conteúdos com abordagem exclusiva

teórica, com menor número de respostas obtidas, em relação às questões que envolvem a associação da teoria e práticas, com maior assertividade dos alunos.

Figura 5 - Gráfico representativo da associação de termos científicos a suas definições, realizada pelos alunos após a aplicação da sequência didática, em porcentagem de acertos.



Fonte: Criação do Autor, 2024.

Embora haja perdas por contaminação, é possível considerar o experimento eficaz tanto no contexto pedagógico quanto técnico científico, mesmo diante de desafios, a associação teórico-prática demonstrou ser uma ferramenta valiosa para aprimorar a educação e aproximar os alunos das práticas de CTV para trabalhar os conteúdos de biotecnologia.

Discussão

A utilização do questionário de conhecimentos prévios é aliada a avaliação do desenvolvimento do aprendizado e a observação das respostas obtidas permitem a formulação adequada do planejamento das atividades a serem desenvolvidas. Seguindo a isso, para a aplicação de uma introdução teórica do conteúdo, foi de grande utilidade o uso de tecnologias audiovisuais, com imagens e vídeos demonstrativos, permitindo que houvesse contextualização e demonstrações dos temas e atividades descritas, sendo observável, já ao final do primeiro dia de aplicação da sequência, o progresso do aprendizado dos alunos acerca do tema. Além disso, o uso da tecnologia no desenvolvimento do conteúdo e outras atividades em sala de aula é aliada ao fomento do interesse do aluno para o momento do aprendizado (Grossi; Fernandes, 2014).

A forma como as práticas foram conduzidas buscavam permitir aos educandos desenvolverem as habilidades propostas no documento curricular, envolvendo organização, cooperação e responsabilidade (Gonzaga *et al.*, 2012). Os resultados experimentais obtidos demonstram uma eficiência das adaptações realizadas para a realização das práticas no ambiente escolar. Apesar de uma diferença significativa quanto às taxas de contaminação dos experimentos comparados, obteve-se valores positivos de sobrevivência e germinação das sementes inoculadas. Além disso, proporcionou aos alunos uma oportunidade valiosa de aplicar conceitos teóricos em um ambiente prático. A realização da prática, após a introdução teórica, ganha significado e força, aproximando-a da realidade dos estudantes (Carraro *et al.*, 2011).

A utilização do jogo lúdico pedagógico revelou-se propícia para analisar a eficácia da sequência didática, permitindo a observação do progresso alcançado e das conexões estabelecidas pelos alunos no tema em questão. Os resultados obtidos permitem a inferência de que a utilização das práticas é um facilitador para desenvolvimento da aprendizagem, enquanto a abordagem teórica exige maior disponibilidade de tempo para desenvolvimento.

O envolvimento ativo dos alunos na realização do experimento e a obtenção de resultados positivos destacam a importância de atividades práticas no desenvolvimento de habilidades científicas e engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem, sendo este aprendizado um saber construído pelo sujeito (Paiva *et al.*, 2016). Portanto, mesmo diante de desafios, a associação teórico-

prática demonstrou-se uma ferramenta valiosa para aprimorar a educação e aproximar os alunos das práticas de CTV para desenvolvimento dos conteúdos de biotecnologia.

Conclusão

Através das metodologias propostas, foi possível estabelecer uma associação entre teoria e prática para o ensino acerca da temática de Biotecnologia no ensino médio e analisar sua eficácia através de diferentes métodos de avaliação. A avaliação de conhecimento prévio demonstrou que os alunos não possuem contato com a temática da CTV, mas possuem conhecimentos acerca do uso social das plantas. A realização de experimentos de estabelecimento *in vitro* no ambiente escolar, com adaptações metodológicas, mostrou-se uma estratégia viável e eficaz, gerando resultados satisfatórios de taxas de sobrevivência das sementes inoculadas. A avaliação após a sequência didática revelou um aumento na compreensão dos alunos sobre os conteúdos, demonstrando a importância da prática para a construção do conhecimento em biotecnologia.

Referências

Arruda, A. L.; Buss, M.; Da Silva, P. S.; Nerbass, F. R.; Kretzschmar, A. A.; Rufato, L. Estabelecimento *in vitro* de sementes de *Psidium cattleianum* Sabine. **Acta Biológica Catarinense**, v. 6, n. 4, p. 105-113, 2019.

Carraro, T. E. *et al.* Socialização como processo dinâmico de aprendizagem na enfermagem: Uma proposta na metodologia ativa. **Investigación y Educación en Enfermería**, v. 29, n. 2, p. 248–254, 2011.

George, E. F.; Hall, M. A.; Klerk, G.-J. D. Plant Tissue Culture Procedure - Background. **Plant Propagation by Tissue Culture**, v. 3, p. 1–28, 2008.

Gonzaga, P. C. *et al.* A Prática de Ensino de Biologia em Escolas Públicas: Perspectivas na Visão de Alunos e Professores. **XVI ENDIPE - Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino**. UNICAMP, Campinas, 2018.

Grossi, M. G. R.; Fernandes, L. C. B. E. Educação E Tecnologia: O Telefone Celular Como Recurso De Aprendizagem. **EccoS Revista Científica**, n. 35, p. 47–65, dez. 2014.

Murashige, T.; Skoog, F. A. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco culture. **Physiologia Plantarum**, v. 15, p. 473-497, 1962.

Paiva, M. R. F. *et al.* Metodologias Ativas De Ensino-Aprendizagem: Revisão Integrativa. **SANARE - Revista de Políticas Públicas**, v. 15, n. 2, p. 145–153, 2016.

R Core Team (2024). *_R: A Language and Environment for Statistical Computing_*. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. <<https://www.R-project.org/>>. Acesso em: março de 2024.

Secretaria De Educação (SEDU). **CURRÍCULO BÁSICO ESCOLA ESTADUAL Volume 02 - Área De Ciências Da Natureza**. Vitória-ES, 2009: [s.n.]. Disponível em: <<https://sedu.es.gov.br/Media/sedu/pdf%20e%20Arquivos/Ensino%20M%C3%A9dio%20-%20Volume%2002%20-%20Ci%C3%A2ncias%20da%20Natureza.pdf>>. Acesso em: Março de 2024.

Torres, A. C.; Ferreira, A. T.; Sá, F. G.; Buso, J. A.; Caldas, L. S.; Nascimento, A. S.; Brígido, M. M.; Romano, E. Glossário de biotecnologia vegetal. Brasília: **Embrapa Hortaliças**, 2000. 128 p.

Agradecimentos

À Universidade Federal do Espírito Santo e ao laboratório de CCTV da UFES.