

2020

Metabólitos secundários e defesa vegetal: uma sequência didática para o ensino de botânica no ensino superior

Cruz, Ynaiara Kristhine Stopa da

Universidade Estadual do Norte do Paraná

<https://repositorio.uenp.edu.br/handle/123456789/682>

Baixado de Repositório Institucional UENP



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE
DO PARANÁ**

Campus Cornélio Procópio

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO**

YNAIARA KRISTHINE STOPA DA CRUZ

PRODUÇÃO TÉCNICA EDUCACIONAL

**METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL:
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR**

YNAIARA KRISTHINE STOPA DA CRUZ

PRODUÇÃO TÉCNICA EDUCACIONAL

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

Produção Técnica Educacional apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino da Universidade Estadual do Norte do Paraná – *Campus* Cornélio Procópio, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ensino.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo de Souza Poletto

Ficha catalográfica elaborada pelo autor, através do
Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UENP

SC965p Stopa da Cruz, Ynaiara Kristhine
Produção Técnica Educacional - Metabólitos
Secundários e Defesa Vegetal: uma sequência didática
para o ensino de botânica no ensino superior /
Ynaiara Kristhine Stopa da Cruz; orientador Rodrigo
de Souza Poletto - Cornélio Procópio, 2020.
45 p.

Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino) -
Universidade Estadual do Norte do Paraná, Centro de
Ciências Humanas e da Educação, Programa de Pós
Graduação em Ensino, 2020.

1. Ensino de Botânica. 2. Fisiologia Vegetal. 3.
Formação inicial . 4. Ensino Superior. 5. Sequência
didática. I. Poletto, Rodrigo de Souza, orient. II.
Título.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Quadro geral dos encontros da sequência didática elaborada e adaptada de Zabala (1998).	20
Quadro 2 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 1.	22
Quadro 3 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 2.	23
Quadro 4 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 3.	24
Quadro 5 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 4.	26
Quadro 6 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 5.	29
Quadro 7 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 6.	30
Quadro 8 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 7.	35

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
HCN	Ácido Cianídrico
HR	Resposta Hipersensitiva
IBICT	Instituto Brasileiro de Informação em Ciência e Tecnologia
MAMP	Padrões Moleculares Gerais Associados a Microrganismos
RSI	Resistência Sistêmica Induzida
SAR	Resistência Sistêmica Adquirida
SD	Sequência Didática

SUMÁRIO

	INTRODUÇÃO	7
1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA.....	9
1.1	FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES E SABERES DOCENTES	9
1.2	FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIA E BIOLOGIA E O ENSINO DE BOTÂNICA	10
1.2.1	Ensino de Botânica	11
1.3	ABORDAGEM DOS CONTEÚDOS DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL	13
1.3.1	Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal	13
1.4	SEQUÊNCIA DIDÁTICA: ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS	15
2	PRODUÇÃO TÉCNICA EDUCACIONAL.....	18
2.1	SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR OS CONHECIMENTOS ACERCA DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL NO ENSINO SUPERIOR.....	22
	CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
	REFERÊNCIAS.....	37
	APÊNDICES	40
	APÊNDICE A – Avaliação diagnóstica	41
	APÊNDICE B – Situação problema	42
	APÊNDICE C – Avaliação somativa.....	43
	ANEXO	44
	ANEXO A – Síntese avaliativa.....	45

INTRODUÇÃO

O ensino de Ciências e Biologia de qualidade se fazem de grande importância devido às intensas mudanças climáticas, científicas, tecnológicas e sociais vivenciadas na sociedade moderna, e conseqüentemente, a formação de professores de Ciências Biológicas. A educação científica é uma exigência urgente, e de contribuição fundamental no desenvolvimento das pessoas e dos povos (CACHAPUZ *et al.*, 2005), e cabe aos docentes, principalmente aos da área de Ciências e Biologia, a especificidade de formar cidadão críticos e, ao mesmo tempo, ensinar conteúdos específicos.

É preciso que os professores se apropriem de diferentes saberes para contribuir com a formação de seus alunos, destacando desse modo à relevância da formação inicial para construção de saberes específicos e pedagógicos (TARDIF, 2014).

O ensino de Botânica ainda é caracterizado como sendo muito teórico, desestimulante, possuir muitos termos técnicos, de difícil assimilação e subvalorizado no ensino de Ciências e Biologia (KINOSHITA *et al.*, 2006).

Dessa forma, é importante entender as razões apontadas pelos estudantes, para entender as possíveis dificuldades em relação ao aprendizado de Botânica, pois os trabalhos científicos e propostas para o ensino de Botânica, ainda são poucos os estudos e pesquisas desenvolvidas no ensino que apresentam discussões sobre a didática relacionadas a essa disciplina (SILVA; CAVALLET; ALQUINI, 2005).

Em levantamento realizado por Silva, Cavallet e Alquini (2005), em anais dos Congressos Nacionais de Botânica, no período de 1995 até 2002, os autores observaram que 127 trabalhos apresentados na sessão temática Ensino de Botânica, destes aproximadamente 29% enfocaram o ensino para a graduação, os outros trabalhos, em sua maior parte abrange o Ensino Fundamental e Médio, e alguns apresentaram materiais didáticos que pode ser empregado por diferentes públicos.

No entanto, ainda existe uma carência de trabalhos que abordem propostas pedagógicas inovadoras para o Ensino de Botânica, devido à reduzida produção científica dessa área e a limitada quantidade de trabalhos voltados para o

processo de ensino de Botânica, como destacado por Marques (2000), em consulta às bases de dados científicos.

Em pesquisa recente realizada por Machado, Poletto e Alves (2019), os autores investigaram como a Botânica vem sendo trabalhada no Ensino Superior por meio de uma revisão sistemática de literatura em três bases de dados: nos portais CAPES, IBICT e nas principais revistas da área de Ensino de Ciências, em língua portuguesa e espanhola, com qualis A1, A2 e B1, no período de 2007 a 2017, do qual foram analisados 6.104 trabalhos, destes apenas 13 trabalhos possuíam enfoque no Ensino Superior. Desse modo, é possível verificar que decorrido mais de 15 anos da publicação de Silva, Cavallet e Alquini (2005) o panorama não mudou muito, observando que pouca produção na área de ensino de Botânica tem sido realizada. Assim, o ensino de Botânica apresenta um campo favorável a pesquisas que possibilitem estratégias de ensino para contribuir na formação inicial de professores.

Dessa forma, o objetivo central desta pesquisa consistiu em elaborar uma sequência didática para ensinar o conteúdo de metabólitos secundários e defesa vegetal, para estudantes de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas, afim de contribuir para o processo de formação inicial de professores, tendo como aportes teóricos o referencial de formação de professores e sequência didática com base em Zabala (1998). Como objetivos específicos: a) construir e implementar uma sequência didática para ensinar o conhecimento científico sobre metabólitos secundários e defesa vegetal para uma turma do 4º ano de uma licenciatura em Ciências Biológicas. b) avaliar as contribuições, limitações e desdobramentos da pesquisa.

Na dissertação que acompanha esta Produção Técnica Educacional (disponível em: <https://www.uenp.edu.br/mestrado-ensino-dissertacoes>), o leitor encontrará detalhes de toda pesquisa realizada, desde o aporte teórico dos saberes docentes até a sistematização e aplicação desta sequência didática.

No primeiro capítulo desta produção técnica, apresentamos uma síntese do referencial teórico-metodológico que fundamentou nosso trabalho. E no segundo capítulo, expomos a estrutura integral da sequência didática elaborada e as atividades propostas.

Desejamos a todos (as) uma ótima leitura!

1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA

1.1 FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES E SABERES DOCENTES

O professor universitário necessita atuar de forma reflexiva, crítica e competente no âmbito no âmbito de sua disciplina, evidenciando seu sentido, seu significado e sua contribuição no percurso formativo dos estudantes, e no projeto político-pedagógico dos cursos, experienciado no cotidiano do ensino e da pesquisa (ALMEIDA; PIMENTA, 2014).

A mobilização dos “saberes docentes” é um importante passo para mediar o processo de construção profissional dos professores. Tais saberes são constituídos por três categorias: os saberes da experiência, os saberes do conhecimento, referentes à formação específica e os saberes pedagógicos, entendidos como os que viabilizam a ação do “ensinar” (PIMENTA, 2012).

Tardif (2014) define o saber docente como um saber plural, constituído pela fusão, dos saberes da formação profissional, os saberes disciplinares, os saberes curriculares e os saberes experienciais.

Nesse mesmo sentido para Gauthier *et al.* (2013), o ensino é mobilizado por inúmeros saberes que formam um reservatório do qual o professor se abastece para lidar com as exigências de sua atividade profissional.

Shulman (2014) distingue sete categorias de conhecimentos presentes no desenvolvimento docente: conhecimento do conteúdo da matéria, próprio da área do conhecimento de que é o professor, por exemplo, a Biologia; conhecimento pedagógico, que consiste nos modos de formular e apresentar o conteúdo de forma a torná-lo compreensível aos alunos e conhecimento curricular, refere-se ao conjunto de conteúdos, a relação entre eles e aos objetivos do seu ensino, conhecimento pedagógico, conhecimento dos alunos e de suas características, conhecimento dos contextos educacionais, relacionado ao funcionamento do grupo ou da sala de aula, passando pela gestão e financiamento dos sistemas educacionais, até as características das comunidades e suas culturas; e o conhecimento dos fins, propósitos e valores da educação e de sua base histórica e filosófica.

Os professores utilizam todos esses saberes integrados em sala de aula, os quais não são produzidos exclusivamente pelos docentes, vários saberes

são resultantes de lugares sociais anteriores à carreira especificamente dita ou a situados fora do trabalho cotidiano, assim, de certa forma, extrínsecos ao ofício ensinar (TARDIF, 2014).

Faz-se necessário, trabalhar na diversificação dos modelos e das práticas de formação, estabelecendo novas associações dos professores com o saber pedagógico e científico. No entanto, de acordo com Nóvoa (1992), para que isso ocorra à formação necessita passar pela experimentação, pela inovação, pelo ensaio de novas práticas de trabalho pedagógico e por uma reflexão crítica sobre sua aplicação, para que assim a formação passe por métodos de investigação vinculada com a prática docente.

1.2 FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE CIÊNCIA E BIOLOGIA E O ENSINO DE BOTÂNICA

Os professores de Ciências e Biologia carecem de uma formação que seja adequada à realidade, não tendo consciência das insuficiências que vão se consolidando ao longo da formação. Logo, muitos cursos de formação de professores de Ciências concebem a “formação do professor como transmissor de conhecimentos e destrezas que, contudo, tem demonstrado reiteradamente suas insuficiências” (p.15), tanto no que diz respeito à formação do aluno na educação básica, como em relação à formação de professores dentro das universidades (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

A formação docente dos professores de Ciências e Biologia vêm sendo elaborada de acordo com um modelo tradicional em que ocorre a adição do conhecimento pedagógico e científico, como ocorre em outros cursos de formação inicial de professores. Para Borges (2000), além do conhecimento específico somado à prática, outros aspectos devem ser considerados na formação de professores de Ciências Biológicas, como: a) entender o ensino como mediação da prática social e a aprendizagem como uma ação do aluno, a qual o professor medeia; b) possuir capacidade de contextualizar conteúdos científicos e contexto sócio-histórico; c) planejar atividades e avaliações que levem o aluno a refletir criticamente a respeito da realidade; d) assumir a docência como um trabalho intelectual, no qual o professor constantemente reflete sua prática de forma crítica; e) assumir criticamente o significado político e social da profissão.

Dessa forma, as licenciaturas precisam superar os desafios formativos por meio de um curso que rompa com as visões reducionistas sobre ensino de Ciências Biológicas, que levem os licenciandos a conhecer os conteúdos de Ciências e Biologia; questionar as ideias docentes de “senso comum”; analisar criticamente o “ensino tradicional”; preparar atividades capazes de gerar uma aprendizagem efetiva; dirigir o trabalho dos alunos; saber avaliar; adquirir a formação necessária para associar ensino e pesquisa didática (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Os cursos de formação inicial docente precisam questionar as concepções dos mesmos de senso comum, ao sugerirem que ensinar é simples ou que somente é preciso ler o conteúdo abordado no livro e transmitir aos alunos. A docência necessita ser compreendida entre teoria e prática, levando em consideração à realidade vivenciada nas escolas. Acredita-se que com essa compreensão o ensino/aprendizagem de ciências naturais possa alcançar uma nova visão de conhecimentos e saberes, de outras maneiras de ensinar e aprender, envolvendo assim a complexidade do cotidiano.

Carvalho e Gil-Pérez (2011) evidenciam que não é necessário, nem favorável, a transmissão de propostas didáticas, apresentadas como produtos acabados, mas é preciso propiciar um trabalho de mudança didática que guie os professores em formação ou em atividade, baseados em suas próprias concepções, a ampliarem seus recursos e mudarem suas perspectivas. Ou seja, o professor precisa levar em consideração muitas variáveis, como o perfil dos estudantes, o aprendizado, o modo de ensinar, não é simplesmente replicar uma proposta pronta, se faz necessário adequá-la para sua prática e para o perfil de cada turma. O foco da formação inicial em biologia deve ser o professor e como conduzi-lo a compreender, ressignificar e transformar sua prática.

1.2.1 Ensino de Botânica

Embora as plantas possuam grande importância para a humanidade e para biosfera terrestre, o interesse pela Biologia Vegetal ainda é pequeno, pela sociedade em geral, as plantas poucas vezes são percebidas como algo mais do que apenas objetos de decoração ou componentes da paisagem, identificando

assim a “Cegueira Botânica”, que é a inability de perceber as plantas em seu próprio ambiente e reconhecer sua real importância (WANDERSEE; SHUSSLER, 2001).

A utilização das plantas não é preocupação da população em geral, fica restrita muitas vezes, aos profissionais, como pesquisadores, biólogos, farmacêuticos, agricultores, técnicos em recursos naturais, os quais se especializam nessa área. Dessa maneira, o saber sobre as plantas fica restrito a um grupo de profissionais, quando, na realidade, a questão ambiental diz respeito a todos.

Atualmente o ensino de Botânica é marcado por uma série de obstáculos e dificuldades, não só por parte dos alunos, mas principalmente pelos professores. Kinoshita *et al.* (2006), declara que o ensino de Botânica, muitas vezes, é demasiadamente teórico e desestimulante para os alunos por ser reprodutivo, com destaque à repetição e não aos questionamentos, seguindo sempre o mesmo caminho de aprendizagem, o qual é centrado na memorização de nomenclaturas, definições, regras, etc.

Inúmeros estudos têm sido realizados e dificuldades têm sido indicadas no ensino de Botânica tanto na educação Básica quanto no ensino Superior (SILVA, 2008; FIGUEIREDO, 2009; MELO *et al.*, 2012; SILVA, 2013). A Botânica no Ensino Superior se caracteriza pela difícil nomenclatura, grande número de informações, as quais se tornam cada vez mais complexas com o desenvolvimento tecnológico e científico, e a falta de contextualização (MELO *et al.*, 2012).

Contudo, o envolvimento do professor e a utilização de métodos apropriados podem favorecer o interesse dos alunos (STRGAR, 2007). É de grande importância que os docentes busquem melhor compreender e entender a relevância de inovar e adequar modalidades didáticas, considerando que a variedade de atividades pode atrair e despertar o interesse dos alunos, assim como atender as diferenças individuais. Nesse aspecto, os cursos de formação docente tem muito a contribuir (SALATINO; BUCKERIDGE, 2016; ZABALA, 1998).

Assim, o professor, além de conhecer a matéria que irá ensinar, necessita compreender e questionar o pensamento docente espontâneo, adquirir conhecimentos teóricos aprofundados sobre a aprendizagem e, principalmente, a aprendizagem em Ciências e Biologia, saber preparar atividades coerentes aos

conteúdos, dirigir a atividade ao aluno, avaliar e utilizar-se da pesquisa e inovação em meio ao desenvolvimento de sua ação. (CARVALHO; GIL-PÉREZ, 2011).

Dessa forma, ter uma boa formação inicial é importante para que os futuros docentes tenham uma prática de qualidade e possam contribuir na formação de seu futuro alunado, como saber preparar atividades diferenciadas que auxiliem na construção do conhecimento, ter consciência de que avaliação é um instrumento para auxiliar professor e aluno no processo de ensino e aprendizagem, pois a partir dela o professor terá *feedback* necessário, possibilitando reavaliar sua prática pedagógica. E desenvolver atividades diferenciadas que contribuam para formação inicial, pode encorajar os professores de Ciências e Biologia de modo que desenvolvam atividades que levem os alunos a pensarem criticamente e com profundidade sobre a importância do papel da ciências no mundo contemporâneo.

1.3 ABORDAGEM DOS CONTEÚDOS DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL

1.3.1 Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal

Os metabólitos secundários estão associados com a defesa das plantas, defendendo-as de predadores, como insetos, fungos, bactérias e também de ataque de outras plantas, e como atrativo para polinizadores e dispersores de semente (TAIZ; EIGER, 2013).

A origem dos metabólitos secundários é a partir do metabolismo da glicose, e têm dois intermediários principais, o ácido chiquímico e o acetato (SIMÕES, 2007). Os compostos secundários são encontrados em algumas espécies de plantas ou grupos, ao passo que os metabolitos primários básicos estão presentes em todo o reino vegetal, no entanto, teoricamente todas as plantas possuem potencial de sintetizar metabólitos secundários, no entanto essa característica é mais comum nas plantas selvagens, que precisam ao longo de seu ciclo evolutivo, desenvolver mecanismos para assegurar sua sobrevivência, seja para competir com outras plantas ou para se defender de seus inimigos naturais, por muito tempo esses compostos foram considerados como produtos finais do metabolismo, sem função evidentes, ou mesmo resíduo (SOUZA FILHO; ALVES, 2002; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Entretanto, estudos do século XX, descobriram que muitos produtos do composto secundário têm funções ecológicas importantes aos vegetais, e constituem uma defesa química que protege a planta contra herbívoros e patógenos, proteção UV, agem como atrativos para animais polinizadores e dispersos de semente, e também agem na competição planta-planta e na simbiose plantas-microrganismo (PICHESKY; LEWINSON, 2011; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os metabólitos secundários são divididos em três grupos quimicamente diferentes: os terpenos, compostos fenólicos e compostos nitrogenados (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os terpenos constituem o grupo com maior variedade de produtos secundários, havendo mais de 22.000 compostos descritos, são sintetizadas a partir do Acetil CoA ou intermediários glicolíticos e muitas substâncias dessa classe são, em geral, insolúveis em água. Os terpenos atuam como toxinas e repelentes de insetos e mamíferos herbívoros, e exercem importantes funções de defesa vegetal, são formados pela fusão de unidades isoprênicas de cinco carbonos (PERES, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos são uma ampla classe de bioativos, derivados do metabolismo secundário das plantas em resposta a estresses bióticos e abióticos, como seca, umidade, insetos e plantas hospedeiras (KHODDAMI; WILKES; ROBERTS, 2013). Constituem um grupo quimicamente heterogêneo com aproximadamente 10.000 compostos: alguns são solúveis apenas em solventes orgânicos, outros são ácidos carboxílicos e glicosídeos solúveis em água, e tem aqueles que são polímeros insolúveis (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os fenólicos são um grupo de compostos muito presentes no nosso dia a dia, embora nem sempre sejam percebidos. Muito do sabor, odor e coloração de diversos vegetais são gerados por componentes desse grupo. Os compostos fenólicos não são atrativos somente ao homem, mas para outros animais, que são atraídos para polinização ou dispersão de sementes. Além disso, algumas espécies vegetais desenvolvem compostos fenólicos para inibir o crescimento de outras plantas competidoras, conhecida como ação alelopática (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos nitrogenados são metabólitos secundários que apresentam, ao menos, um átomo de nitrogênio na sua estrutura. Os mais relevantes que atuam na defesa vegetal são os alcalóides, os glicosídeos

cianigênicos, os glucasinos e os aminoácidos não proteicos (PERES, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013).

As defesas vegetais são mecanismos apresentados evolutivamente, uma vez que as plantas não possuem sistema imunológico, no entanto, são muito resistentes às doenças provocadas por fungos, bactérias, vírus e nematoides presentes no ambiente. Esses mecanismos atuam na produção de agentes antimicrobianos, as fitoalexinas, um grupo de metabólitos secundários resistentes a microrganismos patogênicos presentes em uma grande diversidade de vegetais, outros mecanismos são as defesas ativadas, resposta hipersensitiva (HR), reconhecimento de substâncias específicas liberadas por patógenos, resistência sistêmica adquirida (SAR), quando plantas que sobrevivem a infecções por patógenos, tem o aumento de sua resistência a ataques futuros e resistência sistêmica induzida (RSI), interação de plantas com bactérias não patogênicas (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A partir do exposto, elaboramos uma sequência didática para promover a abordagem destes conhecimentos para estudantes da disciplina de Fisiologia Vegetal de um curso de Licenciatura em Ciências Biológicas.

1.4 SEQUÊNCIA DIDÁTICA: ELABORAÇÃO E APRESENTAÇÃO DAS ATIVIDADES PROPOSTAS

Sequência didática (SD) é um instrumento que utiliza uma série de aulas que convergem para um tema principal e se desenvolve em variados módulos de conhecimento. A sequência se torna mais efetiva quando relacionada aos conhecimentos científicos, à aprendizagem e ao contexto social dos alunos (ZABALA, 1998).

Segundo Zabala (1998), atividades sistematizadas em uma SD obtém um maior valor significativo, pois são antecipadamente planejadas para que a aplicação e avaliação aconteçam de forma a favorecer a construção do conhecimento do aluno a partir da realização de atividades e retomada delas (ZABALA, 1998).

O professor ao planejar sua aula, pensar como ensinar e quais recursos utilizar para realizar uma boa aula, garantindo a aprendizagem dos alunos, esbarra em questões metodológicas como obstáculo ao seu trabalho em sala de aula. Assim, para elaborar uma sequência com atividades diferenciadas para atingir

diferentes objetivos, segundo Zabala (1998) é necessário mudar o enfoque, comumente a separação dos conteúdos ocorre por uma concepção disciplinar, por meio de uma classificação tradicional, mas se considerar os princípios segundo a tipologia dos conteúdos que o autor determina como conceitual, procedimental e atitudinal, é possível verificar que existe uma similaridade na maneira de aprendê-los e ensiná-los devido a serem conceitos, fatos, métodos, procedimentos e atitudes, assim o conhecimento da aprendizagem, assumiu características de acordo com as diferenças tipológicas dos inúmeros conteúdos.

Os conteúdos factuais se referem a fatos, acontecimentos, situações, dados e fenômenos, possuem caráter descritivo e concreto, são associados a conceitos de possível interpretação, como a localização de uma cidade, um fato histórico. É um conhecimento indispensável, pois ele auxilia na compreensão de outros mais complexos. Não é um conteúdo que necessita de uma compreensão complexa, por possuir um caráter arbitrário, no entanto não deve ser feito de maneira mecânica (ZABALA, 1998).

Os conteúdos procedimentais integram regras, técnicas, métodos, habilidades, estratégia e procedimento, ou seja, é um conjunto de ações ordenadas tendo por finalidade atingir um objetivo comum. A aprendizagem desse conteúdo deve partir de situações significativas e funcionais para ser aprendida pelo estudante e utilizada posteriormente (ZABALA, 1998).

A abordagem dos conteúdos atitudinais integram diversos conteúdos que podem ser agrupados em normas, valores e atitudes, e sua aprendizagem possui relação com os componentes cognitivos, afetivos e condutuais que cada um apresenta (ZABALA, 1998).

O foco da avaliação deve estar no processo de aprendizagem dos estudantes e não no resultado final, assim Zabala (1998) nos mostra a avaliação formativa, que consiste em avaliação inicial (diagnóstica), avaliação reguladora (formativa) e avaliação integradora (somativa), à avaliação dos conteúdos sendo conforme sua tipologia.

A primeira fase da avaliação é chamada de avaliação inicial ou diagnóstica, e tem por finalidade investigar o conhecimento prévio dos estudantes, dos conteúdos previstos a serem ensinados pelo professor, além de estabelecer o tipo de atividades e tarefas que possibilite o desenvolvimento pessoal de cada estudante (ZABALA, 1998).

A próxima etapa está relacionada à avaliação formativa, segundo Zabala (1998, p. 200) [...] é o conhecimento de como cada estudante aprende durante o processo de ensino/ aprendizagem, para se adaptar às novas necessidades que se colocam, é o que podemos denominar de avaliação reguladora.

A avaliação é um instrumento educativo que tem por objetivo informar e reconhecer o processo de aprendizagem dos estudantes, auxiliando na reflexão de ensino pelo professor, para assim oportunizar as propostas de educacionais mais adequadas (ZABALA, 1998). A avaliação final refere-se a identificar os resultados obtidos e os conhecimentos apropriados pelos estudantes em todo percurso da sequência didática (ZABALA, 1998). Seguindo, portanto, as ideias apresentadas por Zabala (1998) para a elaboração do nosso produto educacional, sistematizamos uma sequência didática com diversas atividades, que será apresentada a seguir:

2 PRODUÇÃO TÉCNICA EDUCACIONAL

O Produto Técnico Educacional apresentado neste documento é parte integrante da Dissertação de Mestrado Intitulada: “METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: DISCUTINDO BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR” disponível em <<http://www.uenp.edu.br/mestrado-ensino>>. Para maiores informações, entre em contato com a autora pelo e-mail: ynaiara_stopa@com.br.

Do princípio proposto por Zabala (1998) desenvolvemos uma sequência didática com diferentes modalidades didáticas e atividades avaliativas, com objetivo de contribuir para aprendizagem dos conteúdos de metabólitos secundários e defesa vegetal de futuros professores.

Para tal, a seguir apresentamos o modelo da sequência didática, com o quadro geral da sequência didática sistematizada (Quadro 1), contendo as atividades e quantidades de horas/aula proposta e posteriormente o detalhamento de cada aula.

YNAIARA KRISTHINE STOPA DA CRUZ
RODRIGO DE SOUZA POLETTTO

PRODUÇÃO TÉCNICA EDUCACIONAL

**METABÓLITOS SECUNDÁRIOS
E DEFESA VEGETAL:
UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA
O ENSINO DE BOTÂNICA NO
ENSINO SUPERIOR**



CORNÉLIO PROCÓPIO – PR
2020

Quadro 1 – Quadro geral dos encontros da sequência didática elaborada e adaptada de Zabala (1998).

• Participantes: estudantes do quarto ano de um curso de Ciências Biológicas de uma universidade estadual localizada na região norte do estado do Paraná; • Objetivos: conceituar os conteúdos específicos de metabolismo secundário e defesa vegetal e os processos relacionados, para auxiliar os estudantes na compreensão dos conteúdos, sua relevância no meio ambiente, na sua prática em sala de aula e no desenvolvimento de práticas laboratoriais contribuindo assim para o processo de formação inicial de professores. • Duração horas/aula (estimativa): catorze horas/aula, estruturadas em sete encontros; • Recursos: quadro de giz, kit multimídia (datashow e notebook), laboratório, vidrarias de laboratório, papel sulfite, lápis, caneta, borracha e modelo didático pedagógico. • Total de encontros: sete encontros, com aproximadamente duas horas/aula cada.				
Encontros	Estratégia de Ensino	Atividades Avaliativas Propostas		Duração
		Modalidade	Instrumento Avaliativo	
<u>1º Encontro</u>	- Explicação sobre a pesquisa; - Termo de Consentimento; - Atividade Diagnóstica Inicial (atividade avaliativa; coleta de dados).	Avaliação diagnóstica inicial (A1)	Questionário Inicial	2 horas/aula
<u>2º Encontro</u>	- Nivelamento: Abordagem dos conteúdos como pré-requisito para o conteúdo de metabolismo secundário e defesa vegetal	Avaliação formativa (A2)	Síntese Avaliativa	2 horas/aula
<u>3º Encontro</u>	- Conteúdos: • Metabólitos secundários e Terpenos.	Avaliação formativa (A3)	Síntese Avaliativa	2 horas/aula

<u>4º Encontro</u>	- Aula Prática: • Tema: Alelopatia	Atividade formativa (A4) Atividade formativa (A5)	Síntese Avaliativa Relatório Aula Prática	2 horas/aula
<u>5º Encontro</u>	- Observação e análise dos resultados da aula prática	Atividade formativa (A6)	Síntese Avaliativa	2 horas/aula
<u>6º Encontro</u>	- Conteúdo: • Compostos Fenólicos; • Compostos Nitrogenados e Defesas vegetais contra patógenos	Atividade formativa (A7) Atividade formativa (A8)	Atividade Resolução de Problemas Síntese Avaliativa	2 horas/aula
<u>7º Encontro</u>	- Atividade Avaliativa Final	Atividade avaliativa final (A9)	Questionário final	2 horas/aula

Fonte: A autora (2020).

A seguir, apresentamos a sequência didática detalhada por cada aula.

2. 1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA ENSINAR OS CONHECIMENTOS ACERCA DE METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL NO ENSINO SUPERIOR



AULA 01

Quadro 2 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 1.

Apresentação do tema	
Duração	02 h/a
Objetivo	- Investigar os conhecimentos dos alunos a respeito dos conteúdos necessários para introdução à temática e de conteúdos prévios Metabólitos Secundários a fim de orientar a estratégia de ensino do professor de maneira a contribuir com a aprendizagem do estudante.
Modalidade didática	- Aula expositiva-dialogada
Estratégia de ensino	- Esclarecimento sobre a pesquisa e termo de consentimento para os estudantes assinarem; - Aplicação de uma avaliação diagnóstica por meio de questionário, para investigar conceitos referentes à Defesa Vegetal e Metabólitos Secundários.
Justificativa	- Orientar os estudantes sobre a pesquisa e as estratégias que serão utilizadas.
Avaliação	- A avaliação será na modalidade diagnóstica, por meio de questionário (Apêndice A).
Recursos Didáticos	- Quadro de giz; giz, papéis, canetas.

Fonte: A autora (2020).

Iniciar a aula apresentando aos estudantes a respeito da pesquisa que será realizada e explicar acerca do termo de consentimento que deverá ser assinados por eles caso aceitem participar, concordando com os itens nele descritos.

Expor aos estudantes o que é uma sequência didática e sobre as estratégias de ensino que serão utilizadas para auxiliar no processo de ensino e de aprendizagem do conteúdo, sem falar do conteúdo que será abordado. Em seguida, aplicar a avaliação diagnóstica, por meio do instrumento avaliativo questionário (Apêndice A), contendo questões abertas para investigar o conhecimento que os estudantes têm a respeito dos conceitos considerados pré-requisitos e sobre os

conhecimentos prévios acerca dos conhecimentos de metabólitos secundários e defesas vegetais.

Por conta do proposto, os licenciandos devem assinar o termo de consentimento, no qual os envolvidos permitem utilização dos dados coletados para a pesquisa em questão. Por tanto, o professor que for aplicar essa sequência e não for utilizar os dados dos seus estudantes para futuras publicações, os estudantes não precisam assinar o termo de consentimento.



AULA 2

Quadro 3 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 2.

Nivelamento	
Duração	2 h/a
Objetivo	- Apresentar, de modo geral, conceitos e definições a respeito dos conteúdos pré-requisitados a fim de auxiliar os estudantes na compreensão da temática a ser introduzida.
Modalidade didática	- Aula expositiva-dialogada
Estratégia de ensino	- Abordar a diferença entre metabólitos primários e secundários por meio da modalidade didática aula expositiva-dialogada, a partir da apresentação em PowerPoint.
Justificativa	- Proporcionar a todos os estudantes as mesmas condições para compreensão de conceitos previamente solicitados para o ensino do conteúdo de metabólitos secundários e defesa vegetal.
Avaliação	- A avaliação será na modalidade formativa por meio de uma síntese avaliativa (A2, Anexo A).
Recursos Didáticos	- Kit multimídia; quadro de giz; giz.

Fonte: A autora (2020).

Será realizada na aula 2, uma abordagem de nivelamento referente a conceitos que requerem a compreensão prévia dos estudantes, para assim introduzir o conteúdo da temática. Desse modo, abordar em síntese os conteúdos de diferença entre metabólitos primários e secundários e demais conteúdos que surgirem na avaliação diagnóstica. Metabólitos primários são os processos vitais as plantas, para ela se desenvolver, sobreviver e reproduzir, e está associado aos processos da fotossíntese. Para auxiliar no entendimento do processo de

fotossíntese, colocar para os estudantes assistirem um vídeo intitulado, Fotossíntese - dublado (pt-br), que mostra e explica todo processo fotossintético, o vídeo está disponível na plataforma Youtube, no site <https://www.youtube.com/watch?v=5rgXdRY4Ekk&t=1s>. Explicar brevemente que compostos secundários são subprodutos dos metabólitos primários, e citar algumas características gerais, por meio da modalidade didática aula expositiva-dialogada, a partir da apresentação em PowerPoint. E posteriormente, aplicar a síntese avaliativa (A2) (Anexo A).



AULA 3

Quadro 4 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 3.

Contextualização acerca do conhecimento de Metabólitos Secundários e Terpenos	
Tema e subtemas	Tema: Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal Subtemas: - Metabólitos secundários - Terpenos
Duração	2 h/a
Objetivo	- Abordagem dos conceitos gerais de metabólitos secundários e terpenos, por meio da modalidade didática aula expositiva-dialogada, a partir da apresentação em PowerPoint.
Modalidade didática	- Aula expositiva-dialogada
Estratégia de ensino	- Feedback da aula anterior; - Abordagem dos conceitos geral de metabólicos secundários e terpenos.
Justificativa	- Auxiliar no processo de construção de conhecimento sobre os conceitos de metabólitos secundários.
Avaliação	- Avaliação formativa, síntese avaliativa (A3, Anexo A).
Recursos Didáticos	- Kit multimídia; modelo didático; quadro de giz; giz.

Fonte: A autora (2020).

Começar a aula com o feedback da aula anterior, em seguida apresentar os conhecimentos sobre metabólitos secundários e terpenos. A aula será expositiva-dialogada, utilizando o modelo didático e o software PowerPoint.

Os metabólitos secundários estão associados com a proteção vegetal, protegendo-as de predadores como insetos, fungos, bactérias e também de ataque de outras plantas, e como atrativo para polinizadores e dispersores de sementes (TAIZ; EIGER, 2013).

A origem dos metabólitos secundários é a partir do metabolismo da glicose, e têm dois intermediários principais, o ácido chiquímico e o acetato (SIMÕES, 2007). Os metabólitos secundários podem ser divididos em três grupos principais: os terpenos, os compostos fenólicos e os compostos nitrogenados (TAIZ; EIGER, 2013).

Os terpenos são a classe com maior variedades de produtos secundários. Uma única planta pode sintetizar diferentes terpenos, em partes distintas da planta, para diferentes propósitos e em épocas diferentes, ao longo do seu desenvolvimento (TAIZ; EIGER, 2013; RAVEN; EVERT; EICHHORN, 2014). Existem duas rotas de biossíntese de terpenos, rota de ácido mevalônico, onde três moléculas de Acetil CoA são ligadas, para formar o ácido mavalônico, e por meio da rota do metileritritol (MEP, que ocorre nos cloroplastos e outros plastídeos (TAIZ; EIGER, 2013).

Os terpenos são tóxicos para muitos insetos e herbívoros, exercem assim importantes funções de defesa no reino vegetal. A classificação dos terpenos é feita de acordo com o número de unidades de isopreno que possuem, por exemplo, os terpenos de 10 carbonos, são chamados monoterpenoides (C10), sesquiterpenoides (C15), diterpenoides (C20), triterpenoides (C30) e carotenoides (C40) (TAIZ; EIGER, 2013).

Os monoterpenos, por causa de seu baixo peso molecular, são substâncias voláteis, sendo o componente dos óleos essenciais e das essências voláteis, agem na atração de polinizadores ou para repelir insetos (TAIZ; EIGER, 2013). O limoneno e mentol grupo de terpenos com cheiro agradável que atrai polinizadores, já os piretróides são inseticidas naturais, devido à volatilidade desse inseticida ele tem sido muito utilizado no desenvolvimento dos inseticidas domésticos para repelir pernilongo (TAIZ; EIGER, 2013).

Os sesquiterpenóides também são voláteis, e está associado à resistência a pragas. Os monoterpenos e os sesquiterpenos são normalmente encontrados nos tricomas glandulares, glóbulos secretores de óleos essenciais, na superfície vegetal. Os diterpenos estão associados às resinas de varias plantas, os

triperpenos e as sapominas são esteroides e possuem propriedades detergentes e emulsificantes. Os cardenólídeos são compostos glicosídeos, que possuem um ou mais resíduos de açúcar ligados, possuem gosto amargo e alta toxicidade, em seres humanos vem sendo utilizados para tratamento de doenças cardíacas devido seus efeitos na musculatura cardíaca, pela influência nas ATPases ativadas por Na^+/K^+ (TAIZ; EIGER, 2013).

Por fim, aplicar a síntese avaliativa (Anexo A) a fim de analisar o que os alunos conseguiram compreender do conteúdo.



AULA 4

Quadro 5 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 4.

Aula Prática: Alelopatia	
Tema e subtemas	Tema: Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal Subtemas: - Metabólitos secundários: Efeitos Alelopáticos.
Duração	2 h/a
Objetivo	- Desenvolver uma prática a respeito alelopática com a participação dos estudantes. - Apresentar os conhecimentos científicos a respeito do alelopática.
Modalidade didática	- Prática
Estratégia de ensino	- Aula prática laboratório - Montagem de experimento sobre efeito alelopático em sementes de pepino e capim aruana.
Justificativa	- Aprendizagem dos conteúdos de Botânica exige atividades práticas que permitam aos alunos vivenciar os conteúdos teóricos previamente trabalhados de forma contextualizada (KRASILCHIK, 2004).
Avaliação	A avaliação será na modalidade formativa, por meio de uma síntese avaliativa (A4, Anexo A) e relatório da aula prática.
Recursos Didáticos	Extrato de <i>Mimosa ramosissima</i> (dormideira), Sementes de Pepino (<i>Cucumis sativus</i> L.) e <i>Megathyrus maximus</i> (Capim aruana); Kit multimídia; quadro de giz; giz; placas de Petri; água, papel filtro, pipetas de vidro; Becker; pinças; provetas, câmara de germinação.

Fonte: A autora (2020).

Desenvolver a aula no laboratório da instituição de ensino com a montagem de experimento alelopatia, utilizando sementes de Pepino (*Cucumis sativus* L.) e *Megathyrus maximus* (Capim aruana) e extrato de folhas de *Mimosa ramosissima*, que possui efeito alelopático. A alelopatia é definida como interferência positiva ou negativa dos compostos metabolismo secundário produzidos por uma planta, os aleloquímicos, que podem agir estimulando a germinação e desenvolvimento de outras plantas ou inibindo (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Distribuir nas bancadas sementes de *Cucumis sativus* L. e de *Megathyrus maximus* (Capim aruana) juntamente com materiais básicos para desenvolver a prática de germinação, placas de Petri; papéis filtro; pipetas de vidro; Becker; pinças; provetas; extratos nas concentrações para serem utilizados e a câmara de germinação. Separar os alunos em grupos para desenvolverem a atividade

EXPERIMENTO

MATERIAIS: Sementes de pepino (*Cucumis sativus*) e de *Megathyrus maximus* (capim aruana), extrato de *Mimosa ramosissima* planta com potencial alelopático, pinças, placas de petri, papel filtro, tubos de ensaio, caneta marcadora.

PROCEDIMENTOS:

1- Para confecção do extrato aquoso, utilizar folhas de *Mimosa ramosissima*, coletá-las no campo e seca-las em estufa de secagem e esterilização á 40 graus por 24 horas. Como planta teste utilizar *Cucumis sativus* (pepino) e *Megathyrus maximus* (capim aruana). Para produzir o extrato utilizar 40g de folhas secas, aos quais serão adicionados 400 ml água destilada, bater o material em liquidificador, filtrar em tecido de algodão, e em seguida diluir a concentração de 30%, sendo 24 ml de extrato e 56 ml de água destilada. Com a finalidade de se verificar o efeito dos aleloquímicos presente no extrato, na germinação e desenvolvimento inicial de sementes de *Cucumis sativus* (pepino) e *Megathyrus maximus* (Capim aruana), realizar tratamentos nas seguintes concentrações 100%, Pepino (P100%) e Aruana (A100%), e na concentração 30%, Pepino (P30%) e Aruana (A30%) e os grupos controles, Aruana Controle (AC) e Pepino Controle (PC) , utilizando apenas água

destilada. Deixar as a solução de água destilada e as concentrações dos extratos prontas e separadas em cima das bancadas para serem utilizadas posteriormente pelos estudantes, cerca de 80 ml de cada solução.

2- Pedir para os grupos separarem com auxilia de um pinça 15 sementes em cada placa de Petri contendo papel filtro, medir 15mL das soluções para cada placa, relacionada ao tratamento, com auxilia de um medidor, e despejar a solução sobre as sementes, em seguida tampar e identificar as placas de acordo com o tratamento, para cada solução realizar quatro repetições, em seguida acondicionar as amostras em câmara de germinação com luz e temperatura de 25°C constantes.

O objetivo desta prática será avaliar o efeito alelopático exercido pelo extrato aquoso de *Mimosa ramosissima* sobre (dormideira) na germinação das sementes e desenvolvimento inicial de plântulas de *Cucumis sativus* (pepino) e *Megathyrus maximus* (capim aruana). Ao final pedir para os estudantes responderem a síntese avaliativa e os grupos montarem um relatório da aula prática com introdução, os procedimentos metodológicos, o conteúdo desenvolvido e estimular os estudantes a pesquisarem sobre os efeitos alelopáticos para próxima aula, avisar os estudantes que o relatório será entregue posterior a aula que será realizada a análise do experimento.



AULA 5

Quadro 6 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 5.

Resultados aula prática: Efeitos Alelopáticos	
Tema e subtemas	Tema: Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal Subtemas: - Observação e análise dos resultados do experimento sobre potencial alelopático.
Duração	2 h/a
Objetivo	- Analisar os resultados dos experimentos montados na aula anterior.
Modalidade didática	- Prática
Estratégia de ensino	- Feedback da aula anterior; - Análise dos resultados do experimento sobre efeitos alelopático;
Justificativa	- Auxiliar no processo de construção de conhecimento sobre efeitos alelopático.
Avaliação	Avaliação formativa, por meio de uma síntese avaliativa (A5, Anexo A).
Recursos Didáticos	Kit multimídia; quadro de giz; giz.

Fonte: A autora (2020).

Encaminhar os estudantes ao laboratório para observar os resultados dos ensaios. Dispor os licenciandos nas bancadas e entregar a cada grupo os respectivos tratamentos montados na aula anterior, e com auxílio de uma régua graduada em centímetros, medir o comprimento da parte radicular e aérea das plântulas, considerando germinadas as sementes com 2mm de raiz. Os grupos deverão medir todas as sementes germinadas de seu respectivo tratamento e realizar a média de cada tratamento, para assim ter informações dos 6 tratamentos para comparar, montando um quadro geral com os resultados para verificar se houve diferença nos tratamentos. Em seguida explicar sobre o resultado do experimento e pedir para acrescentarem sobre os resultados no relatório pedido na aula anterior e ao final aplicar a síntese avaliativa para os alunos responderem referente à aula.



AULA 6

Quadro 7 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 6.

Compostos fenólicos, compostos nitrogenados e defesas vegetais.	
Tema e subtemas	Tema: Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal Subtemas: - Compostos Fenólicos; - Compostos Nitrogenados - Defesas vegetais
Duração	2 h/a
Objetivo	- Analisar a associação do conhecimento sobre metabólitos secundários pelos estudantes, por meio de uma situação problema.
Modalidade didática	- Aula expositiva- dialogada.
Estratégia de ensino	- Feedback da aula anterior - Aplicação de uma avaliação formativa, por meio da resolução de uma situação problema e síntese avaliativa;
Justificativa	- Auxiliar no processo de construção de conhecimento sobre compostos fenólicos, compostos nitrogenados e defesa vegetal.
Avaliação	Avaliação formativa, por meio de uma resolução de problema (A6, Apêndice B) e síntese avaliativa (A7, Anexo A).
Recursos Didáticos	Kit multimídia; quadro de giz; giz.

Fonte: A autora (2020).

Realize um feedback a respeito dos assuntos da aula anterior, em seguida apresente os conhecimentos científicos, sobre compostos fenólicos, compostos nitrogenados e defesa vegetal contra patógenos, a fim de que os estudantes conheçam e compreendam esses conteúdos. Desse modo, a aula se dará na modalidade expositiva-dialogada, utilizando o software do PowerPoint.

No primeiro momento, apresentar aos estudantes conceitos de compostos fenólicos, que está relacionado com a síntese de lignina, comuns a todas as plantas superiores, esse grupo é importante para proteger as plantas contra raios ultravioletas, insetos fungos, bactérias e vírus (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os compostos fenólicos são biossintetizados nas plantas por meio de diferentes rotas. As duas rotas metabólicas básicas são: a rota do ácido malônico e a do ácido chiquímico,

sendo esta última onde ocorre a maioria das biossíntese dos fenóis vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos fenólicos são atrativos para alguns animais, que são atraídos para polinização ou dispersão de sementes. E algumas espécies vegetais desenvolvem compostos fenólicos para inibir o crescimento de outras plantas competidoras, ação alelopática (TAIZ; ZEIGER, 2013). A alelopatia pode possuir interferência positiva ou negativa sobre o desenvolvimento de outra planta, os aleloquímicos podem ser inibidores da germinação e do crescimento ou atuar como promotores de crescimento (FERREIRA; BORGHETTI, 2004).

Quimicamente os compostos fenólicos são um grupo heterogêneo, com aproximadamente 10.000 compostos, alguns como ácidos carboxílicos e glicosídeos são solúveis em água, outros apenas em solventes orgânicos e os grandes polímeros são insolúveis (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A luz ultravioleta ativa alguns fenólicos, é o caso da furanicumarinas, que são compostos atóxicos até sua ativação pela luz solar, que eleva algumas furanicumarinas a um estado de alta energia (TAIZ; ZEIGER, 2013). A liberação de compostos fenólicos no solo restringe o crescimento de outras plantas, fenômeno conhecido como alelopática. Reduzindo o crescimento de plantas vizinhas por liberação de compostos químicos no solo, a planta pode aumentar sua obtenção de luz, água e nutrientes, portanto, sua capacidade evolutiva (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Entre os compostos fenólicos a lignina, as fitoalexinas e os taninos tem papel importante na defesa vegetal. A lignina, depois da celulose é a substância orgânica mais abundante nas plantas. É encontrada nas paredes celulares dos tecidos de sustentação e vascular, principalmente em traqueídes e elementos de vaso. A rigidez da lignina fortalece os caules e o tecido vascular, e possui também função protetora, sua resistência coíbe seu consumo pelos herbívoros e sua estabilidade química a torna relativamente indigerível (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As fitoalexinas são um grupo quimicamente diverso, que se acumulam em volta do local da infecção e possuem atividade antimicrobiana. Normalmente as fitoalexinas não estão presentes nas plantas antes da infecção, porém são sintetizadas rapidamente após o ataque de microrganismos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os taninos são toxinas que reduzem o desenvolvimento e a sobrevivência de muitos herbívoros, e é defesa contra ataque de microrganismo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os flavonoides incluem um grande número de substâncias coloridas, o grupo mais comum são as antocianinas, pigmentos dos vegetais que auxiliam na atração de polinizadores e dispersores de sementes. Os flavonas e os flavonóis protegem contra os danos causados pela luz ultravioleta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os compostos nitrogenados possuem em sua estrutura pelo menos um átomo de nitrogênio. Os alcaloides e os glicosídeos cianogênicos, são compostos bem conhecidos, na defesa das plantas contra herbivoria, e são de relevante interesse, devido ao seu efeito tóxico e as suas propriedades medicinais (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os alcaloides formam uma grande família com mais de 15 mil metabólitos secundários nitrogenados, e tem importantes efeitos farmacológicos em animais vertebrados. A maior parte dos alcaloides funciona como defesa contra herbívoros, principalmente em mamíferos, por causa à toxicidade geral e capacidade inibitória. Basicamente todos os alcaloides são tóxicos aos humanos, quando ingeridos em quantidades suficientes. Contudo, utilizados em doses baixas, muitos são farmacologicamente úteis, por exemplo, a morfina e a codeína são alcaloides vegetais utilizados na medicina (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Já os glicosídeos cianogênicos liberam o ácido cianídrico (HCN) é um veneno gasoso, de ação rápida, que inibe as metaloproteínas. A presença dos glicosídeos cianogênicos inibe a alimentação de insetos e outros herbívoros (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As plantas não possuem sistema imunológico, no entanto, desenvolvem diversas estratégias de defesa contra herbívoros, que podem ser divididas em duas categorias, defesas constitutivas que são mecanismos de defesas sempre presentes no vegetal e defesas induzidas, que se iniciam somente depois da ocorrência de dano (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A defesa induzida inclui a produção de proteínas de defesa, e a produção de metabólitos secundários tóxicos, e requerem menos recursos vegetais que as defesas constitutivas, porém devem ser ativadas rapidamente para serem eficaz (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As plantas respondem aos danos causados por insetos herbívoros, em resposta ao ferimento como também pelo reconhecimento de composto derivados dos insetos, denominado aliciadores (TAIZ; ZEIGER, 2013).

As defesas ativadas por ataque de herbívoros ou pela infecção de microrganismos demandam menos investimento de recursos das plantas, do que as defesas que estão sempre presentes (TAIZ; ZEIGER, 2013).

A resposta hipersensitiva (HR) ou reação de hipersensibilidade em plantas é um dos principais eventos de respostas de defesa das plantas contra o ataque de patógenos, se caracterizando por ser uma resposta rápida e localizada, onde as células próximas ao local da infecção morrem rapidamente, impedindo o patógeno de adquirir nutrientes e impossibilitando que se espalhe (AGRIOS, 2004).

Outra resposta de defesa é a infecção e formação de enzimas que atacam a parede celular do microrganismo. A síntese de fitoalexinas, que é um grupo de metabólitos secundários o qual se acumula ao redor do local de infecção e apresenta atividade antimicrobiana, e normalmente a fitoalexina não está presente na planta antes da infecção, mas são produzidas rapidamente após o ataque do microrganismo (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Algumas plantas reconhecem substâncias específicas liberadas por patógenos, e às plantas daquela espécie que são consideradas resistentes, são as que respondem mais rapidamente e fortemente aos patógenos que as suscetíveis. Assim, a condição resistente está relacionada à velocidade e à intensidade das reações da planta (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Os vegetais possuem uma diversidade de receptores específicos que reconhece um grupo amplo de patógenos chamado padrões moleculares gerais associados a microrganismos (MAMPs), os quais ativam respostas de defesa específicas vegetais. Estes eliciadores, substâncias exógenas que induzem uma resposta da defesa vegetal, são moléculas derivadas de patógenos, evolutivamente conservadas, tais como elementos estruturais de parede celular de fungos ou flagelo bacteriano (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Outro sistema que fornece resistência específica a patógenos é permeado pela interação dos produtos do gene vegetal R (ou gene de resistência) e os produtos do gene de avirulência derivado do patógeno (Avr). No geral os genes R codificam receptores proteicos, que reconhecem moléculas específicas derivadas dos patógenos. Os eliciadores incluem proteínas e peptídios provenientes da parede

celular do patógeno, da membrana externa ou de um processo de secreção. A interação entre o produto do gene R (receptor hospedeiro) e seu correspondente produto dos genes *avr* (eliciador) é muito característica, e é referida como *resistência gene-a-gene* (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Posteriormente, quando os eliciadores são reconhecidos por um grupo de genes R ou um receptor MAMP, rotas são ativadas que levam as respostas de defesa e ocorre a indução de uma cascata de transdução de sinais. Um elemento inicial comum dessas cascatas é a mudança transitória na permeabilidade iônica da membrana plasmática (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Plantas que sobrevivem a infecções por patógenos, muitas vezes têm um aumento da sua resistência a ataques futuros, um processo chamado resistência sistêmica adquirida (SAR), que se desenvolve depois de diversos dias da infecção inicial. Grande parte das respostas bioquímicas está inativa até que sejam ativadas pelo tratamento de algum composto químico, os indutores de resistência, ou uma tentativa de infecção por fitopatógenos. Para que ocorra a SAR, o contágio inicial precisa resultar em lesões necróticas (HAMMOND-KOSACK; JONES, 2000).

E a interação de plantas com bactérias não patogênicas pode provocar a resistência sistêmica induzida, inicialmente localizada na região de infecção, na tentativa de retardar ou impedir a entrada do patógeno (AGRIOS, 2004).

No segundo momento, propor aos estudantes a resolução de uma situação problema (Apêndice C) envolvendo o conteúdo estudado, que constará como uma avaliação formativa, para analisar e interpretar a capacidade dos estudantes de associarem estes conhecimentos por meio de uma situação problema e por fim aplicar a síntese avaliativa (Anexo A).

Com os conceitos aprendidos até o momento os organizar os estudantes em grupo e estimulá-los a criarem jogos didáticos a respeito de Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal para serem apresentados na próxima aula.



AULA 7

Quadro 8 – Sequência didática: descrição da abordagem a ser realizada na aula 7.

Atividade Avaliativa	
Tema e subtemas	Tema: Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal Subtemas: - Terpenos - Compostos Fenólicos - Compostos Nitrogenados - Defesa vegetal contra patógenos
Duração	2 h/a
Objetivo	- Investigar de que forma o conhecimento vem sendo compreendido pelos estudantes.
Modalidade didática	Avaliação
Estratégia de ensino	- Aplicação de uma avaliação somativa por meio de questionário relacionado aos conhecimentos de Metabólitos Secundários e Defesa Vegetal.
Justificativa	- Verificar se as abordagens de ensino foram satisfatórias para compreensão dos conhecimentos científicos.
Avaliação	Avaliação Somativa (A9), por meio de questionário (Apêndice C).
Recursos Didáticos	- Papel, caneta.

Fonte: A autora (2020).

Iniciar a aula com a apresentação e explicação dos estudantes sobre os jogos didáticos montados por eles, seguidamente aplicar avaliação final por meio de questionário (Apêndice C), na qual serão retomadas questões e situações da problematização inicial, a fim de investigar se as abordagens de ensino foram suficientes para a compreensão dos conhecimentos sobre metabólitos secundários e defesa vegetal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A sequência didática exposta foi aplicada inicialmente em uma turma de 4º de um curso de licenciatura em Ciências Biológicas. Essa aplicação contribuiu para o conhecimento do conteúdo de metabólitos secundários e defesa vegetal pelos licenciandos ao longo das atividades.

Para ser utilizada em outros contextos, eventualmente adaptações serão necessárias neste material, devido os contextos que cada docente e seus estudantes evidenciam. Dessa forma, fica a critério também do professor a utilização e aplicação das nove atividades avaliativas propostas ao longo da sequência.

Entretanto se faz relevante garantir que as etapas da sequência não se descaracterize acerca do conteúdo de metabólitos secundários e defesa vegetal afastando-se do objetivo central desta proposta pedagógica. Para tanto, o professor apoiado no referencial conforme sugerido, encontrará o suporte para o desenvolvimento do tema, garantindo desse modo que o processo de ensino e aprendizagem do conteúdo seja de qualidade.

REFERÊNCIAS

- AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5. Ed. San Diego, Califórnia: Elsevier Academic Press, 2004. 922p.
- ALMEIDA, M. I.; PIMENTA, S. G.. Pedagogia universitária: Valorizando o ensino e a docência na universidade. **Rev. Port. de Educação**, Braga, v. 27, n. 2, p. 7-31, jun. 2014. Disponível em: http://www.scielo.mec.pt/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0871-91872014000200002&lng=pt&nrm=iso. Acesso em: 2 jun. 2019.
- ANDRADE, R. O. Laboratório a céu aberto. **Revista Pesquisa Fapesp**. São Paulo, Edição 208, p.40-44, 4 jun. 2013. Disponível em: <https://revistapesquisa.fapesp.br/2013/06/05/laboratorio-a-ceu-aberto>. Acesso em: 03 jul 2019.
- BARBOSA, B. S. S. **Geometria não Euclidiana de Curvatura Positiva: Uma Proposta de Sequência Didática**. 2017. 165 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Universidade Estadual do Norte do Paraná, Cornélio Procópio, 2017.
- BORGES, G. L. A.. **Formação de professores de Biologia, material didático e conhecimento escolar**. 2000. 436 f. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2000. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/253628>. Acesso em: 1 jul. 2019.
- CACHAPUZ, A.; GIL-PEREZ, D.; CARVALHO, A. M. P.; PRAIA, J.; VILCHES, Amparo. **A Necessária renovação do ensino das ciências**. São Paulo: Cortez, 2005.
- CARVALHO, A. M. P.; GIL-PÉREZ, D. **Formação de professores de ciências: tendências e inovações**. 10. ed. São Paulo: Cortez Editora, 2011.
- FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. Interferência: competição e alelopatia. In: **Germinação: do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 251-262.
- FIGUEIREDO, J. A. **O ensino de Botânica em uma abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade**: propostas de atividades didáticas para o estudo das flores nos cursos de Ciências Biológicas. 2009. 90 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) – Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.
- GAUTHIER, C.; MARTINEAU, S.; DESBIENS, J.; MALO, A.; SIMARD, D. **Por uma teoria da pedagogia**: pesquisas contemporâneas sobre o saber docente. 3. ed. Ijuí: Unijuí, 2013.
- KHODDAMI, A.; WILKES, M. A.; ROBERTS, T. H. Techniques for analysis of plant phenolic compounds. **Molecules**, v. 18, p. 2328–2375, 2013.

KINOSHITA, L. S.; TORRES, R.B.; TAMASHIRO, J. Y.; FORNI-MARTINS, Eliane Regina (Orgs.). **A Botânica no Ensino Básico: Relatos de uma Experiência Transformadora**. São Carlos: Rima, 2006. 162 p.

KRASILCHIK, M. **Prática de Ensino de Biologia**. 4. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2004.

MACHADO, T. A.; POLETO, Rodrigo de Souza; ALVES, Dayanne da Silva. Ensino de botânica e atualização de conhecimentos científicos para o ensino superior: uma revisão sistemática da literatura. **Revista ENCITEC**, [S.l.], v. 9, n. 2, p. 82-92, jul. 2019. ISSN 2237-4450. Disponível em: <http://srvapp2s.urisan.tche.br/seer/index.php/encitec/article/view/2604>. Acesso em: 06 Ago. 2019. doi:<http://dx.doi.org/10.31512/encitec.v9i2.2604>.

MARQUES, M. O. **A aprendizagem na mediação social do aprendido e da docência**. Ijuí;Unijuí. 2000. 144p.

MELO E. A.; ABREU F. F.; ANDRADE A. B.; ARAÚJO M. I. O. A aprendizagem de botânica no ensino fundamental: dificuldades e desafios **Scientia Plena**, vol. 8, n. 10, 2012. Disponível em: <http://www.scientiaplenu.org.br/ojs/index.php/sp/article/viewFile/492/575>. Acesso em: 20 jul. 2019.

NÓVOA, A. Formação de professores e profissão docente. In: NÓVOA, António (Coord.). **Os professores e sua formação**. Lisboa: Dom Quixote, 1992. p. 13-33.

PERES, L. E.P. **Metabolismo Secundário**. São Paulo: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2004.

PIMENTA, S. G. Formação de professores: Identidade e saberes da docência. In: PIMENTA, S. G. (Org.) **Saberes pedagógicos e atividade docente**. 8. ed. São Paulo: Cortez, 2012. p. 15-38.

RAVEN, P. H. EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia vegetal**. 8. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

SALATINO, A.; BUCKERIDGE, M. Mas de que te serve saber Botânica? **Estudos Avançados**, São Paulo, v. 30, n. 87, p. 177-196, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ea/v30n87/0103-4014-ea-30-87-00177.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2019.

SAVIGNON, T. Fotossíntese - dublado (pt-br). 17 nov. 2018. (7m26s) Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5rgXdRY4Ekk&t=1s>. Acesso em: 03. set. 2019.

SHULMAN, L. S. Conhecimento e ensino: fundamentos para a nova reforma. **Cadernos Cenpec-Nova série**, [S.l.], v. 4, n. 2, p.196-229, dez. 2014. ISSN 2237-9983. Disponível em: <http://cadernos.cenpec.org.br/cadernos/index.php/cadernos/article/view/293>. Acesso em: 19 mai. 2019.

SILVA, J. R. S. **Concepções dos professores de Botânica sobre ensino e formação de professores**. 2013. 219 f. Tese (Doutorado em Ciências: Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, L. M.; CAVALLET, Valdo J.; ALQUINI, Y. Contribuição à reflexão sobre a concepção de Natureza no ensino de Botânica. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, Brasília, v. 86, n. 213/214, p. 110-120, Mai/Dez. 2005. Disponível em: <http://rbep.inep.gov.br/index.php/rbep/article/view/839/814>. Acesso em: 20 jul. 2019.

SILVA, P. G. P. **O ensino da Botânica no nível fundamental**: um enfoque nos procedimentos metodológicos. 2008. 148 f. Tese (Doutorado em Educação para a Ciência) - Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

SIMÕES, C. M. O.; SCHENKEL, E. P.; GOSMANN, G.; MELO, J. C. P.; MENTZ, L. A.; PETROVICK, P. R.. **Farmacognosia: da planta ao medicamento**. 6ª ed. Porto Alegre: Ed da UFRGS/ Florianópolis: Ed. Da UFSC, 2007. 1104 p.

SOUZA FILHO, A. P. S.; ALVES, Sergio. M. (Eds.) **Alelopatia**: princípios básicos e aspectos gerais. Belém: Embrapa Amazônia Oriental, 2002. 260p.

STRGAR, J. Increasing the interest of students in plants. **Journal of Biological Education**, v. 42, n. 1, p. 19-23, 2007.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2015.

TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. 17. ed. Petrópolis: Vozes, 2014.

WANDERSEE, J. H.; SCHUSSLER, E. E; Toward a theory of plant blindness. **Plant Science Bulletin**, v.47, p. 2–9, 2001.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998.

APÊNDICES

APÊNDICE A

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Cornélio Procopio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º Ano

Estudante: _____

Data: ____/____/____

AVALIAÇÃO DIAGNÓSTICA (A1)

Instruções para a avaliação:

- A avaliação deverá ser feita de caneta azul ou preta;
- Não deixar nenhuma questão sem responder. Nas questões que não souber, responder: não sei ou não me lembro.

- 1) Que fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal? Explique.
- 2) Os vegetais estão cercados por um grande número de inimigos naturais e são organismos sésseis. Assim como os vegetais conseguem se defender de ocorrências prejudiciais a sua sobrevivência? Explique.
- 3) As plantas possuem forma de defesas internas e externas quando expostas a um patógeno e/ou animais herbívoros. Quais fatores fisiológicos estão envolvidos nesta relação? Explique.
- 4) Porque alguns insetos e herbívoros se alimentam de uma planta e evitam outras? Explique.
- 5) As plantas atraem polinizadores e dispersores de sementes. Explique essa afirmação.
- 6) Os vegetais desenvolvem algum mecanismo interno frente aos fatores ambientais? Explique.

APÊNDICE B

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Cornélio Procopio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º Ano

Estudante: _____

Data: ____/____/____

SITUAÇÃO PROBLEMA (A7)

O cerrado, é um laboratório químico natural “altamente sofisticado”, é constituído por um mosaico de ambientes (fitofisionomias), determinados por diferentes tipos de solos, condições climáticas e paisagens. As substâncias produzidas pela flora do cerrado são de grande importância para o equilíbrio de plantas, insetos, animais e micro-organismos desse ecossistema, também podem ser úteis para os seres humanos, substâncias essas denominadas metabólitos secundários das plantas. Ocasionalmente são produzidos em pequenas quantidades, esses compostos, que em geral são importantes agentes de defesa das plantas contra predadores ou para a atração de polinizadores, podem apresentar atividades biológicas úteis para a concepção de novos medicamentos.

O barbatimão (*Stryphnodendron adstringens* Martius) possui vários compostos produzidos pelo seu metabolismo secundário, como: os alcalóides, terpenos, flavonóides, esteróides e taninos. Os taninos são encontrados em maior quantidade e agregam o valor terapêutico à espécie, os taninos presentes na espécie, são utilizados como cicatrizantes, adstringente, antioxidantes, antimicrobianos, anti-inflamatório, antisséptico e anti-hipertensivo entre outras aplicações (Adaptado: Andrade, 2013, p.41).

Em diferentes tipos de solo, condições climáticas a produção de metabólitos será alterada? É possível estimular o barbatimão a produzir mais metabólitos secundários? Explique.

APÊNDICE C

METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR

Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Cornélio Procópio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º Ano

Estudante: _____

Data: ____/____/____

AVALIAÇÃO SOMATIVA (A9)

Instruções para a avaliação:

- A avaliação deverá ser feita de caneta azul ou preta.

- 1) Que fatores podem influenciar o desenvolvimento vegetal? Explique.

- 2) Os vegetais estão cercados por um grande número de inimigos naturais e são organismos sésseis. Assim como os vegetais conseguem se defender de ocorrências prejudiciais a sua sobrevivência? Explique.

- 3) As plantas possuem forma de defesas internas e externas quando expostas a um patógeno e/ou animais herbívoros. Quais fatores fisiológicos estão envolvidos nesta relação? Explique.

- 4) Porque alguns insetos e herbívoros se alimentam de uma planta e evitam outras? Explique.

- 5) As plantas atraem polinizadores e dispersores de sementes. Explique essa afirmação.

- 6) Os vegetais desenvolvem algum mecanismo interno frente aos fatores ambientais? Explique.

ANEXOS

ANEXO A**METABÓLITOS SECUNDÁRIOS E DEFESA VEGETAL: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE BOTÂNICA NO ENSINO SUPERIOR**

Universidade Estadual do Norte do Paraná- Campus Cornélio Procópio

Disciplina: Fisiologia Vegetal

Série: 4º Ano

Estudante: _____

Data: ____/____/____

SÍNTESE AVALIATIVA¹ (A2, A3, A4, A5 e A7)

O objetivo desta síntese é convidá-lo a refletir a respeito das questões trabalhadas durante a aula.

Tema da aula: _____

1) O que aprendi e como aprendi hoje?

2) Quais foram as facilidades e as dificuldades que tive hoje na aula.

3) Síntese reflexiva da aula de hoje.

¹ Adaptado Síntese Reflexiva de Barbosa (2017), pag. 83.