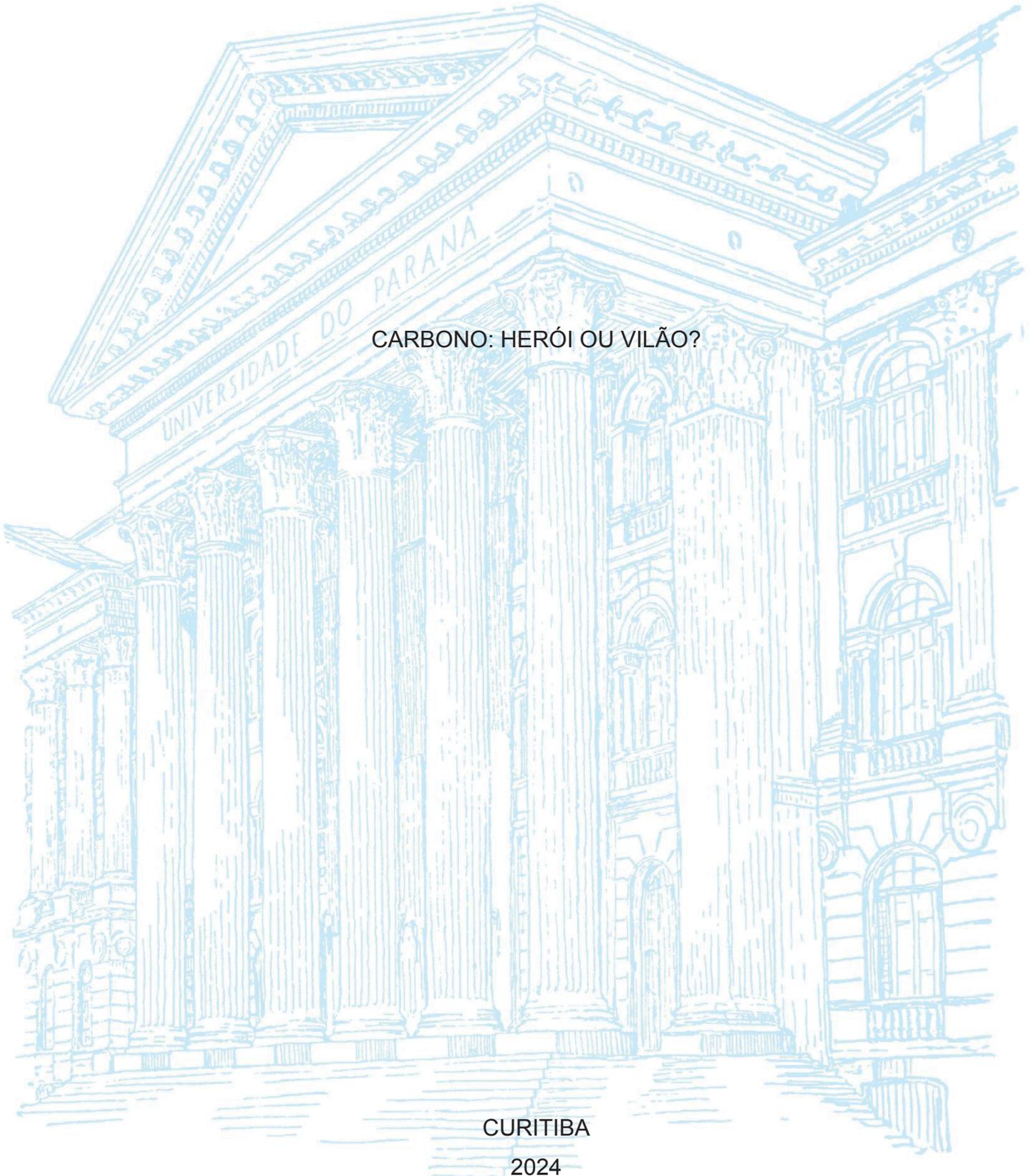


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS

CARBONO: HERÓI OU VILÃO?



CURITIBA

2024

VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS

CARBONO: HERÓI OU VILÃO?

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional de Ensino de Biologia em Rede Nacional - PROFBIO, do Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ensino de Biologia.

Área de Concentração: Ensino de Biologia

Orientadora: Profa. Dra. Flavia Sant'Anna Rios

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS

Santos, Vanessa Cristina Fabri

Carbono: herói ou vilão? / Vanessa Cristina Fabri Santos. –
Curitiba, 2024.

1 recurso on-line : PDF.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal do
Paraná, Setor de Ciências Biológicas, Programa de Pós-
Graduação em Ensino de Biologia em Rede Nacional.

Orientadora: Prof^ª. Dr^ª. Flavia Sant'Anna Rios

1. Biologia. 2. Ensino médio. 3. Ensino por investigação. 4.
Fotossíntese. 5. Metodologia ativa. 6. Mudanças climáticas. I.
Rios, Flavia Sant'Anna, 1972-, II. Universidade Federal do Paraná.
Setor de Ciências Biológicas. Programa de Pós-Graduação em
Ensino de Biologia em Rede Nacional. III. ProfBio. IV. Título.

Bibliotecária: Camila de Souza Dorneles. CRB-9/2056



TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação PROFBIO ENSINO DE BIOLOGIA EM REDE NACIONAL da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da dissertação de Mestrado de **VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS** intitulada: **CARBONO: HERÓI OU VILÃO**, que após terem inquirido a aluna e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestra está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 08 de Março de 2024.

Assinatura Eletrônica

13/03/2024 17:19:35.0

FLÁVIA SANT'ANNA RIOS

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

12/03/2024 10:38:29.0

CARINA CATIANA FOPPA

Avaliador Externo (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Assinatura Eletrônica

13/03/2024 17:19:02.0

EDINALVA OLIVEIRA

Avaliador Externo (SEED)

AGRADECIMENTOS

Quero expressar minha sincera gratidão a diversas pessoas que desempenharam papéis essenciais na realização deste trabalho.

Em primeiro lugar, minha família, em especial meus sobrinhos Giovanna, Maria e Daniel, merecem meus agradecimentos profundos pelo apoio e principalmente paciência ao longo deste percurso e nos momentos em que estive ausente.

Minha orientadora, a Profa. Dra. Flavia Sant'Anna Rios, merece um agradecimento especial por sua dedicação e incentivo. Sem a sua orientação, este trabalho não teria sido possível.

Aos estudantes do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves, pela compreensão e parceria durante as aulas. Foram pessoas especiais, pois sem a participação deles, este trabalho não teria sido possível.

Às professoras Dra. Tânia Zaleski e Dra. Rosana Moreira da Rocha, que compuseram a comissão de acompanhamento, devo um agradecimento especial por suas contribuições durante a qualificação. Também quero agradecer às professoras Dra. Elaine Machado Benelli e Dra. Adriana Mercadante pela orientação durante a elaboração dos AASAs (Atividades de Aplicação em Sala de Aula), momentos fundamentais para o meu aprendizado.

Quero agradecer a todos os professores que contribuíram significativamente para o meu crescimento pessoal e intelectual. Aos meus colegas de turma, em particular, o meu grupo de trabalho e em especial a minha amiga Beane W.P. Padilha, que merece uma menção especial pelo apoio, amizade e companheirismo que compartilhamos ao longo desta jornada. Não posso deixar de agradecer a minha amiga Lígia Bacarin pela amizade e que acompanhou o desenvolvimento deste trabalho desde o primeiro pré-projeto.

Gostaria de agradecer à equipe do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves por permitir a realização deste trabalho em suas dependências e por contribuir para o sucesso desta pesquisa e ao Claudio Kramar, diretor do Colégio Estadual Cruzeiro do Sul pela paciência e apoio.

Não poderia deixar de expressar minha gratidão pela calorosa recepção da comunidade Indígena Tupã Nhe'é Kretã, que gentilmente abriu suas portas para que pudessemos concluir este trabalho. Cada momento compartilhado foi uma

oportunidade de aprendizado. Em especial, gostaria de agradecer a Angélica Kretã Kaingáng (*in memorian*), que acompanhou e orientou os estudantes sobre a importância do reflorestamento.

Também quero agradecer à Secretaria de Estado da Educação do Paraná por oportunizar o desenvolvimento deste trabalho.

É importante destacar que este Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Prof^a Dra. Flavia Sant'Anna Rios, e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

RELATO DA MESTRANDA

Instituição: Universidade Federal do Paraná

Mestranda: Vanessa Cristina Fabri Santos

Título do TCM: Carbono: Herói ou Vilão?

Data da defesa: 08/03/2024

Minha jornada rumo ao mestrado começou há alguns anos, quando decidi que queria aprofundar meus conhecimentos em ensino em Biologia para uma realização pessoal e profissional.

Ingressar em um programa de mestrado foi uma decisão que exigiu muita reflexão e planejamento. Afinal, comprometer-se com uma pesquisa intensiva durante dois anos foi uma jornada complexa e desafiadora. No entanto, minha paixão pelo campo e minha determinação em vencer minhas dificuldades cognitivas e fazer uma contribuição significativa me motivaram a dar esse passo.

Minha experiência acadêmica foi enriquecedora em vários aspectos. O acesso a recursos de pesquisa, uma rede de colegas e mentores incríveis, bem como a liberdade intelectual para explorar novas ideias, têm sido fundamentais para o meu crescimento como estudante e pesquisadora. Acredito que o mestrado não é apenas uma busca por conhecimento, mas também um processo de autodescoberta. No entanto, o mestrado também apresenta os seus desafios. O equilíbrio entre a vida acadêmica e pessoal pode ser complexo, a pressão para produzir pesquisas originais é constante e particularmente a dificuldade na escrita.

Após a conclusão do meu mestrado, sinto que evoluí e estou mais preparada para enfrentar os desafios que a pesquisa e o mundo profissional apresentam. Espero que meu trabalho contribua de alguma forma para o avanço do campo da educação e que tenhamos cada vez mais estudantes verdadeiramente protagonistas, resilientes e críticos.

“A Terra é um ser vivo, do qual somos o sistema nervoso.”

James Lovelock

RESUMO

Os seres vivos são dependentes do ciclo do carbono para a sua sobrevivência, mas esse elemento químico também está relacionado com as mudanças do clima no planeta. Assim, o objetivo deste trabalho foi elaborar e aplicar uma sequência didática investigativa que permitisse que os estudantes compreendessem o ciclo do carbono, sua importância para a vida e o risco de seu desequilíbrio por meio da aplicação de metodologias ativas. As atividades foram realizadas com duas turmas do período matutino e uma turma no período noturno da primeira série do Ensino Médio de uma escola de Colombo-PR (n=70). A sequência didática composta por dez aulas foi iniciada por meio de contextualização e problematização, que levou os estudantes a refletirem e registrarem hipóteses sobre as funções desse elemento químico para manutenção da vida no planeta. Para tanto, na primeira aula, como problematização, os estudantes estimaram sua pegada de carbono através de ferramenta digital para calcular este indicador a partir de seus hábitos de consumo energético. Posteriormente, foram utilizadas ferramentas pedagógicas, que incluíam rotação por estações com atividades experimentais e a construção de mini terrários, simulando ecossistemas, com o objetivo de observar e analisar o desenvolvimento de *Callisia repens* (dinheiro-em-penca). Foi executado um experimento envolvendo a evidênciação das reações químicas da fotossíntese, através da visualização da eliminação de bolhas de gás oxigênio por *Egeria densa* (macrófita aquática) e a observação ao microscópio de células vegetais contendo cloroplastos evidentes. Para a organização do conhecimento e o teste das hipóteses levantadas, foram realizados debates, análise de dados e seminários, permitindo que os estudantes discutissem os conceitos aprendidos anteriormente. Além disso, os estudantes assistiram à animação *Carbono e vida*, que explora este elemento químico em várias situações no cotidiano do ser humano. A sequência didática foi finalizada com uma ação de plantio de mudas de árvores para contribuir com a neutralização do carbono na natureza aplicando assim o conhecimento adquirido. Em todas as aulas os estudantes formularam hipóteses sobre a sua relação do carbono, vida e meio ambiente. Ao longo da sequência didática, os estudantes puderam compreender as múltiplas características do carbono, que tanto pode ser um “herói”, ao ser a base da vida e fonte de energia, quanto um “vilão”, quando está em excesso na atmosfera, contribuindo para o aquecimento global e conseqüentemente para a mudança do clima na Terra.

Palavras-chave: Biologia; ensino médio; ensino por investigação; fotossíntese; metodologia ativa; mudanças climáticas; rotação por estações; sequência didática.

ABSTRACT

Organisms depend on the carbon cycle for survival, but this chemical element is also related to changes in the planet's climate. Thus, the aim of this study was to develop and apply an investigative teaching sequence that would allow students to understand the carbon cycle, its importance for life and the risk of its imbalance through the application of active methodologies. The activities were carried out with two morning classes and one evening class of the first year of high school at a school in Colombo-PR (n=70). The sequence consisting of ten classes began with contextualization and problematization, which led students to reflect and record hypotheses about the functions of this chemical element in maintaining life on the planet. To this end, in the first class, students estimated their carbon footprint using a digital tool to calculate this indicator based on their energy consumption habits. Subsequently, pedagogical tools were used, including station rotation with experimental activities and the construction of mini terrariums, simulating ecosystems, with the aim of observing and analyzing the development of *Callisia repens* (money-in-buck). An experiment was carried out involving the demonstration of the chemical reactions of photosynthesis, through the visualization of the elimination of oxygen gas bubbles by *Egeria densa* (aquatic macrophyte) and the observation under a microscope of plant cells containing evident chloroplasts. To organize knowledge and verify hypotheses, debates, data analysis and seminars were held, allowing students to discuss previously learned concepts. For the knowledge application stage, students watched the animation Carbon and Life, which explores this chemical element in various situations in human daily life. The sequence concluded with an action to plant tree seedlings to contribute to the neutralization of carbon in nature. In all classes, students formulated hypotheses about the relationship between carbon, life and the environment. Throughout the teaching sequence, students were able to understand the multiple characteristics of carbon, which can be either a “hero”, as it is the basis of life and a source of energy, or a “villain”, when in excess in the atmosphere and it contributes to the global warming and consequently climate change on Earth.

Keywords: biology; high school; research-based teaching; photosynthesis; active methodology; climate changes; rotation by seasons; following teaching.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESTUDANTES NA SALA DE INFORMÁTICA, UTILIZANDO A CALCULADORA DE CARBONO ONLINE APÓS O LEVANTAMENTO DAS HIPÓTESES.....	31
FIGURA 2 - REGISTRO FEITO NO PORTFÓLIO, MOSTRANDO A HIPÓTESE LEVANTADA E O RESULTADO DO QUESTIONÁRIO (CALCULADORA DE CARBONO) DE UM DOS ESTUDANTES, CONTENDO A ESTIMATIVA DE TONELADAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) EMITIDOS E O NÚMERO DE ÁRVORES QUE ESTE DEVERIA PLANTAR A FIM DE COMPENSAR A EMISSÃO.....	32
FIGURA 3 - ESTUDANTES CONFECCIONANDO OS TERRÁRIOS.....	34
FIGURA 4 - TERRÁRIOS CONFECCIONADOS.....	35
FIGURA 5 - ESTUDANTES REALIZANDO O REGISTRO DAS VARIÁVEIS E REGISTRANDO AS CARACTERÍSTICAS DOS TERRÁRIOS.....	36
FIGURA 6 - ASPECTO DOS TERRÁRIOS APÓS TRÊS SEMANAS DE OBSERVAÇÃO.....	37
FIGURA 7 - ESTUDANTES REALIZANDO O DESMONTE DO TERRÁRIO.....	38
FIGURA 8 - GRÁFICOS ELABORADO PELOS ESTUDANTES CONTENDO A VARIÁVEL TEMPERATURA REGISTRADA NA OBSERVAÇÃO DOS TERRÁRIOS.....	38
FIGURA 9 - GRÁFICOS ELABORADOS PELOS ESTUDANTES CONTENDO A VARIÁVEL MASSA DOS TERRÁRIOS COM E SEM PLANTAS.....	39
FIGURA 10 - TABELA CONTENDO O REGISTRO DOS VALORES DA TEMPERATURA AMBIENTE DO TERRÁRIO.....	39
FIGURA 11 - ESTAÇÕES CONTENDO AS ATIVIDADES PROPOSTAS.....	40
FIGURA 12 - ESTUDANTES OBSERVANDO A LIBERAÇÃO DE BOLHAS DE	

GÁS OXIGÊNIO LIBERADAS PELAS FOLHAS DA PLANTA AQUÁTICA.....	42
FIGURA 13 - ESTUDANTES OBSERVANDO AS CÉLULAS VEGETAIS DA PLANTA AQUÁTICA ATRAVÉS DO MICROSCÓPIO.....	43
FIGURA 14 - DESENHO DAS CÉLULAS VEGETAIS CONTENDO CLOROPLASTOS REPRESENTADO POR UM ESTUDANTE.....	43
FIGURA 15 - ESTUDANTES OBSERVANDO A COLORAÇÃO QUE INDICA A OCORRÊNCIA DE FOTOSSÍNTESE.....	45
FIGURA 16 - AMOSTRAS DO REAGENTE VERMELHO DE CRESOL CONTENDO A ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO A PARTIR DA DISTÂNCIA DA FONTE LUMINOSA.....	47
FIGURA 17 - ESTUDANTES OBSERVANDO A MUDANÇA DA COLORAÇÃO DO REAGENTE APÓS A EXPIRAÇÃO.....	48
FIGURA 18 - COLORAÇÃO DO REAGENTE APÓS A EXPIRAÇÃO.....	48
FIGURA 19 - ESTUDANTES ORGANIZADOS EM GRUPO, PREPARANDO O SEMINÁRIO.....	49
FIGURA 20 - ESTUDANTES ORGANIZADOS EM GRUPO, APRESENTANDO OS SEMINÁRIOS.....	51
FIGURA 21 - ESTUDANTES REALIZANDO O PLANTIO DAS MUDAS NO PARQUE NACIONAL GUARICANA.....	58
FIGURA 22 - ESTUDANTES REALIZANDO O PLANTIO DAS MUDAS NO COLÉGIO ESTADUAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES.....	59

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	15
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
2.1	CARACTERIZAÇÃO DO CARBONO.....	18
2.2	MUDANÇA CLIMÁTICA E A ERA DO ANTROPOCENO.....	19
2.3	EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA.....	21
2.4	ENSINO INVESTIGATIVO COMO METODOLOGIA ATIVA.....	22
2.5	PORTFÓLIO COMO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO.....	23
3	OBJETIVOS.....	25
3.1	OBJETIVO GERAL.....	25
3.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
4	METODOLOGIA.....	26
5	DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS.....	30
5.1	PRIMEIRO MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO.....	30
5.1.1	Aula 1 - Pegada de Carbono.....	30
5.2	SEGUNDO MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	32
5.2.1	Aula 2 - Construção de mini terrários.....	32
5.2.2	Aula 3 - Verificação dos resultados do experimento com mini terrários.....	36
5.2.3	Aula 4 - Rotação por estações: experimentação e atividades práticas.....	40
5.2.4	Aula 5 e 6 - Orientação e organização do seminário	49
5.2.5	Aulas 7 e 8 - Seminários	50
5.2.6	Aula 9 - Vídeo carbono e Vida	54
5.3	TERCEIRO MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO.....	55
5.3.1	Aula 10 - Plantio de mudas de árvores.....	55
6	DISCUSSÃO.....	60
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
8	CONCLUSÕES.....	70
	REFERÊNCIAS.....	71
	ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP.....	77

ANEXO 2 - DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO.....	79
ANEXO 3 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE).....	81
ANEXO 4 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE).....	83
APÊNDICE 1 - ROTEIRO PARA REGISTRO DAS VARIÁVEIS.....	84
APÊNDICE 2 - AUTORIZAÇÃO PARA A SAÍDA DE CAMPO.....	85
APÊNDICE 3 - PRODUTO - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	86

1 INTRODUÇÃO

O carbono é considerado um dos responsáveis pelo aumento da temperatura do globo e conseqüentemente da crise climática, mas este elemento químico também é primordial para a existência de todos os organismos vivos do planeta Terra e com inúmeras aplicações na elaboração dos meios de subsistência cotidiana dos seres humanos. Ou seja, tudo que é vivo na Terra é constituído por muitas moléculas baseadas em carbono, que, em conjunto com nitrogênio, hidrogênio e oxigênio, correspondem a praticamente 98% dos elementos químicos presentes em qualquer organismo.

Também, é o primeiro elemento do grupo 14 da tabela periódica, sendo tetravalente, ou seja, sempre pode e faz quatro ligações covalentes com quatro outros átomos ou ainda ligações simples, duplas e triplas com átomos de carbono (Borges, 2013). Nesse quarteto, o papel central é do carbono, pois ele é o único elemento com estrutura atômica adequada à formação de ligações químicas estáveis e variadas com um número grande de elementos químicos. É mais importante ainda, apresenta a fantástica capacidade de se ligar a outros átomos de carbono, originando moléculas com diferentes tamanhos e arranjos. Essas amplas possibilidades permitem a ocorrência de moléculas simples como o CO₂, que exalamos durante a respiração, e de moléculas com alto grau de complexidade, como o DNA, que contém toda a informação relacionada à nossa individualidade (Zarbin, 2022). É carinhosamente apelidado de 'elemento da vida', porque nós seres humanos e todos os organismos vivos da Terra somos constituídos por muitas moléculas baseadas em carbono.

Por outro lado, presenciamos o uso exagerado de recursos naturais e a crescente intoxicação do planeta por resíduos, poluentes e outros subprodutos, indesejáveis das atividades econômicas, incluindo moléculas contendo carbono. Ao causar alterações nas dinâmicas que envolvem o ciclo do carbono, este elemento torna-se um vilão do meio ambiente e, conseqüentemente, da própria humanidade. Nesse sentido, ao usar de forma indiscriminada tal elemento químico, uma parcela da população não reconhece que sua própria existência depende do seu equilíbrio e

manutenção, uma vez que estamos biologicamente adaptados às condições físicas, atmosféricas e geológicas que a Terra apresenta há milhares de anos.

Na história recente do Brasil, o debate acerca dessa temática teve início após a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, no Rio de Janeiro, em 1992 (Rio-92). Contudo, mesmo com o avanço da sensibilização para este problema, não houve mudanças significativas na conservação da natureza, nem na redução das forças que levam à destruição do planeta como desmatamento e queimadas. Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2012) a população humana continua a crescer e a consumir cada vez mais. O relatório sobre a perspectiva da população mundial, em novembro de 2022, será de cerca de 8 bilhões de pessoas (ONU, 2012). Como consequência das ações sobre o planeta, as florestas nativas vêm desaparecendo, gases do efeito estufa (incluindo o CO₂) acumulam-se, na atmosfera, em concentrações cada vez mais perigosas, as águas dos rios e dos mares estão poluídas e resíduos acumulam-se no solo e cada vez mais doenças surgem e ressurgem, conduzindo a existência humana constantemente em risco.

Enquanto não houver uma mudança concreta no comportamento dos seres humanos e da forma como produzem e consomem os meios de subsistência estaremos em perigo. As questões ambientais estão em evidência e são assuntos constantemente debatidos pela mídia, governos e sociedade, sobretudo sobre como as mudanças no clima irão afetar o futuro do planeta como um todo. Entende-se que as consequências do aquecimento global refletem diretamente na economia e na sociedade.

A diminuição da taxa de emissão de CO₂ para a atmosfera deve ser encarada como um dos grandes desafios para a humanidade, e depende de ações políticas e de mudanças comportamentais, como o contínuo investimento em novas formas de geração de energia que não dependam de combustíveis fósseis, a substituição dos automóveis tradicionais pelos transportes coletivos e bicicletas, por exemplo, reciclagem e reaproveitamento de resíduos, diminuição do consumo e do desmatamento, recuperação de áreas degradadas, entre outros.

Nesse contexto, tornou-se necessário compreender, sobretudo no período de escolarização, o conceito de carbono como elemento químico importante à vida e a ação do carbono como meio de subsistência de produção e consumo para que

os estudantes, munidos desse conhecimento, possam se sensibilizar sobre desenvolvimento sustentável, tornando-se seres humanos mais críticos e reflexivos e que possam tomar atitudes transformadoras.

Segundo Narcizo (2009), comportamentos ambientalmente corretos devem ser assimilados desde cedo pelas crianças e devem fazer parte do seu dia a dia quando passam a conviver no ambiente escolar. Assim, é evidente a importância da escola no processo de formação, tanto social quanto ambiental, dos estudantes. Diante dessa problemática, a educação ambiental tem um papel essencial na formação de cidadãos conscientes e responsáveis. Entretanto, a educação ambiental ainda é insipiente na maioria das escolas.

Nesse cenário, o presente estudo enseja oportunizar um processo de aprendizagem investigativo, aplicando metodologias ativas, com foco no elemento químico carbono, a fim de potencializar a apropriação de saberes sobre a relevância deste elemento químico para a sobrevivência dos seres vivos.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CARACTERIZAÇÃO DO CARBONO

O nome carbono é originário do grego e significa carvão. A primeira descrição do carbono como elemento químico se deu em 1779 pelo químico francês Antoine Lavoisier (1743-1794), considerado o pai da química moderna. Mas seu uso é bem mais antigo. Há registros da utilização do carvão pelo ser humano desde a pré-história e evidências de que os chineses conheciam o diamante em aproximadamente 2.500 a.C. (Zabin, 2022).

Segundo Machado (2005), os quatro principais compartimentos de carbono na Terra são: oceanos, atmosfera, formações geológicas contendo carbono fóssil e mineral e ecossistemas terrestres (biota e solo). O ciclo do carbono baseia-se no fluxo de dióxido de carbono (CO_2) no planeta. A importância do carbono e de seus compostos é indiscutível. Este é onipresente na natureza e suas substâncias são constituintes essenciais de toda a matéria viva e fundamentais na respiração, fotossíntese e regulação do clima (Martins *et al.*, 2023). O carbono é também química e biologicamente ligado com os ciclos do oxigênio e hidrogênio, combinando com eles para formar os componentes da vida. Esse ciclo engloba os compostos orgânicos e alguns inorgânicos, a fotossíntese, a respiração, a matéria orgânica terrestre e marítima e processos como erosão, vulcanismo, queima de combustíveis e as cadeias alimentares (Zilberman, 1997).

O excesso de gás carbônico é o principal responsável pela intensificação do fenômeno natural chamado “efeito estufa”, que aumenta o aquecimento global do planeta. O excesso de CO_2 que se acumula na atmosfera impede que a radiação infravermelha (responsável pelo calor que sentimos quando ficamos sob o Sol) refletida pela superfície da Terra seja dissipada. Segundo IPCC (2001) o efeito do aumento da temperatura média do planeta, pode causar prejuízos à vida, além de provocar derretimento de gelo acumulado nas regiões polares, o que pode aumentar o nível dos mares e oceanos, podendo levar a inundações.

Entretanto, com o processo de industrialização e aumento das emissões de gases poluentes devido à demanda energética, o ser humano tem aumentado sobremaneira o uso de combustíveis fósseis, o que tem causado um aumento nas taxas de emissão de CO_2 para a atmosfera, desequilibrando o ciclo do carbono. Ou

seja, muito mais gás carbônico está chegando à atmosfera do que a quantidade que pode fazer o caminho inverso pelos processos conhecidos no ciclo do carbono. O desmatamento crescente também contribui para esse desequilíbrio.

A fotossíntese e a respiração celular são processos que ocorrem nas células e estão inter-relacionados para manter a vida na Terra. Ambos são fundamentais para o ciclo da vida e a manutenção da energia nos organismos. A energia e os compostos orgânicos são continuamente transformados e reciclados pelos organismos vivos na Terra.

As organelas celulares denominadas mitocôndrias desempenham importante papel no processo de respiração, que ocorre nas células. Esse processo extrai energia química acumulada em moléculas de substâncias orgânicas de alto teor energético, como lipídios e carboidratos. Já a fotossíntese é um processo que ocorre nas células de seres vivos clorofilados, os quais utilizam CO₂ (dióxido de carbono) e H₂O (água) para a produção de glicose, com o uso de energia solar. Assim, a energia luminosa é transformada em energia química (glicose e ATP - adenosina trifosfato), a qual pode ser usada nos processos metabólicos dos seres vivos (Lopes *et al.*, 2014, p. 6).

Por intermédio das cadeias alimentares, o carbono incorporado pela fotossíntese de plantas e pelo fitoplâncton é transportado para os animais que se alimentam desses organismos. Outros animais que se alimentam desses herbívoros também incorporam o carbono presente nesse alimento (Dias-Filho, 2006). Assim, a fotossíntese contribui significativamente para o sequestro de carbono, pois as plantas retiram o carbono da atmosfera durante a produção dos compostos orgânicos. Logo, o decréscimo vegetal pode ter impactos negativos no sequestro de carbono. Portanto, as ações que promovam o sequestro do carbono (atividade fotossintética), como o reflorestamento e o florestamento, devem ser prioritárias no combate ao aquecimento global (Dias-Filho, 2006).

2.2 MUDANÇA CLIMÁTICA E A ERA DO ANTROPOCENO

A mudança climática e a era do Antropoceno estão interligadas e representam influências relacionadas à ação humana sobre o planeta Terra. Para Onça e Feliciano (2011), o fluxo antropogênico do carbono consiste basicamente em duas frações: (1) a queima de combustíveis fósseis e a produção de cimento, que responderam por 80% do total na década de 1990; e (2) as mudanças no uso da

terra, como o desflorestamento e a agricultura, referentes aos 20% restantes. Desde a Revolução Industrial, o homem vem provocando um crescimento considerável das emissões de gases que causam o chamado efeito estufa. Esses gases têm a capacidade de reter calor e alterar tanto o equilíbrio térmico quanto o equilíbrio climático do nosso planeta, sendo o CO₂ o gás que mais contribui para a intensificação desse problema (Campo, 2011).

Artaxo (2014) analisou a grande aceleração no uso dos recursos naturais no planeta, através de um conceito conhecido como era do Antropoceno e que passou a ser definido por alguns pesquisadores deste a década de 1980 e, a partir do materialismo histórico e dialético, explica as contradições no uso do carbono como elemento essencial à vida humana. De acordo com Crutzen¹ (2006 *apud* Albuquerque; Souza, 2022), no Antropoceno, os seres humanos são os principais agentes das mudanças bióticas e abióticas em toda a biosfera. O conceito de Antropoceno não é sinônimo de mudança climática, no entanto, abarca a convergência de uma sequência de manifestações compreendidas pela ciência como crises ambientais. Um dos sintomas desta crise, como já destacado, é a mudança climática (SQS, 2009; Gardel; Crutzen, 1997 *apud* Pinto *et al.*, 2020).

Diversas atividades antropogênicas contribuem para o aumento das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera. A queima de combustíveis fósseis, desmatamento e outras práticas industriais têm acelerado o aquecimento global. Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), além do dióxido de carbono, o metano também necessita de reduções de emissões urgentes e ambiciosas. Caso contrário, espécies e ecossistemas terrestres, marinhos e de água doce enfrentarão condições que se aproximam ou excedem os limites de sua experiência histórica (IPCC, 2022).

Atualmente, observa-se a discussão sobre adaptação e mitigação, duas abordagens distintas, porém inter-relacionadas, para enfrentar as mudanças climáticas e outros desafios ambientais, como por exemplo a construção de infraestruturas resistentes a eventos climáticos extremos. Ambas desempenham papéis essenciais na promoção da resiliência e da sustentabilidade.

¹ Crutzen PJ. 2006. **The Anthropocene**. In: Ehlers E, Krafft T. (eds.). Earth system science in the Anthropocene. Basingstoke, Springer. p. 13-18.

A mitigação procura limitar a mudança do clima em si, reduzindo as emissões de gases do efeito estufa por meio de medidas como a prevenção do desmatamento e o uso de energias renováveis. Já a adaptação consiste em diminuir ou evitar danos decorrentes da mudança do clima, ou ainda explorar oportunidades benéficas relacionadas a essa mudança. Vale notar que a mitigação e a adaptação são estratégias complementares. Elas devem caminhar juntas e, dependendo da abordagem adotada, podem gerar vários cobenefícios ou benefícios múltiplos. Uma medida de adaptação que envolve a recuperação da vegetação nativa de uma área para melhorar a drenagem de água no solo, por exemplo, pode contribuir também para a mitigação, já que as plantas fazem a captura de carbono do ar. Além disso, tal medida poderia colaborar para a melhoria da qualidade do ar no local, refletindo-se em melhores condições de saúde pública (Brasil, 2018, p. 25).

2.3 EDUCAÇÃO AMBIENTAL NA ESCOLA

A escola propicia o desenvolvimento das diversas potencialidades do educando, se tornando um campo social onde, segundo Bourdieu é um espaço social relativamente autônomo, em que ocorre uma dinâmica de forças e posições sociais em constante interação (Layrargues; Lima, 2014). Sua organização contempla os objetivos previstos nas leis e documentos que regem o sistema educacional brasileiro, nos quais está prevista a inserção da Educação Ambiental nas práticas docentes (Silva; Grzebieluka, 2015). Nos termos do art. 8º da Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999, que institui a Política Estadual de Educação Ambiental e o Sistema de Educação Ambiental, no qual as ações relacionadas à implementação da Política Nacional de Educação Ambiental devem ser realizadas tanto no contexto educacional, em geral quanto no âmbito da educação escolar, através de abordagens interligadas de atuação (Brasil, 1999).

A Educação Ambiental deve ser trabalhada na escola não por ser uma exigência do Ministério da Educação, mas porque acredita-se ser a uma forma de ensinar que nós, seres humanos, não somos os únicos habitantes deste planeta, que não temos o direito de destruí-lo, pois da mesma forma que herdamos a Terra de nossos pais, deveremos deixá-la para nossos filhos (Narcizo, 2009). A questão ambiental não é somente a relação do homem com o meio em que vive, vai muito além, refletir sobre a relação entre o meio ambiente e os nossos hábitos e costumes é decisivo para a nossa qualidade de vida, no presente e no futuro, é também a certeza de novas gerações (Narcizo, 2009).

Nesse contexto, às macrotendências político-pedagógicas da Educação Ambiental Brasileira são descritas por Layrargues e Lima (2014, p. 11), como:

- Conservacionista: Tende a adotar abordagens mais tradicionais e conservadoras em relação à educação e à gestão ambiental e enfatiza a preservação e conservação da natureza.
- Pragmática: Baseia-se em abordagens mais práticas e voltadas para a resolução de problemas ambientais imediatos e busca soluções viáveis dentro do sistema capitalista e das estruturas existentes, adaptando-se às demandas do mercado e da sociedade.
- Crítica: Enfatiza a necessidade de uma educação ambiental mais engajada politicamente, que promova a conscientização, a participação cidadã e a luta por justiça ambiental e social.

Portanto, a educação ambiental na escola não apenas fornece conhecimentos sobre o meio ambiente, mas também desenvolve habilidades, atitudes e valores que promovem a sustentabilidade e a responsabilidade ambiental ao longo da vida dos estudantes.

2.4 ENSINO INVESTIGATIVO COMO METODOLOGIA ATIVA

Metodologias ativas são ferramentas facilitadoras para o processo de ensino-aprendizagem efetivo, que contribui para a formação integral do estudante, devendo ser adaptada às demandas para oferecer aos discentes novas maneiras de aprender conteúdos distintos (Seabra *et al*, 2023).

O construtivismo exerce uma influência significativa na Alfabetização Científica e na forma como os estudantes aprendem sobre os fenômenos científicos (Scarpa; Campos, 2018) e o ensino investigativo promove a aprendizagem ativa, crítica e reflexiva por meio da investigação e descoberta. Essa abordagem pedagógica enfatiza que os estudantes constroem ativamente seu próprio conhecimento por meio da interação com o ambiente e com os conteúdos de aprendizagem (Scarpa; Campos, 2018), além de colocar os estudantes no papel de

pesquisadores, encorajando-os a explorar, questionar, analisar e aprimorar o conhecimento de maneira independente.

O ensino por investigação permite que os estudantes participem ativamente do processo de aprendizagem, saindo de uma postura passiva para uma postura mais ativa e participativa (Brito *et al*, 2018). Para Brito e Fireman (2019), a estratégia de ensino por investigação é apresentada como um meio eficaz para superar desafios comuns na alfabetização científica. A alfabetização científica valoriza a participação ativa dos estudantes no processo de aprendizagem, incentivando a construção de significados a partir de suas próprias experiências e conhecimentos prévios (Scarpa; Campos, 2018).

Conforme Bacarin (2021), metodologias ativas são processos de aprendizagem em que os estudantes participam ativamente da construção do conhecimento.

Para conduzir atividades investigativas em sala de aula de maneira eficaz, é necessário seguir algumas etapas fundamentais.

A primeira delas é a proposição do problema, quando o professor divide a turma em grupos e oferece condições para que pensem e trabalhem com as hipóteses; na segunda etapa temos a resolução do problema; a terceira etapa se configura como uma atividade para a sistematização e contextualização dos conhecimentos, podendo essa ser praticada por meio da leitura onde os estudantes possam discutir suas hipóteses com o relatado no texto; a última etapa é denominada 'escrever e desenhar', quando ocorre a sistematização individual do conhecimento (Carvalho², 2013 apud Brito *et al*, p. 56).

Seguindo essas etapas, é possível implementar atividades investigativas e promover o desenvolvimento do pensamento crítico, da criatividade e da autonomia dos estudantes.

2.5 PORTFÓLIO COMO INSTRUMENTO DE AVALIAÇÃO

O uso de portfólios como instrumento de avaliação é uma prática educacional que tem ganhado destaque devido à sua capacidade de fornecer uma visão abrangente das habilidades, conhecimentos e realizações dos estudantes ao longo do tempo. A utilização do portfólio em educação vem atender às demandas de

²CARVALHO, A. M. P. de. In: _____ (org.). **Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula**. São Paulo: Cengage Learning, 2013, p. 02-10.

inserção do estudante no seu aprender, como sujeito ativo que identifica e percebe o que sabe e o que não sabe, capaz de realizar escolhas, respeitado no seu julgamento que é parte do processo e, mais importante, sendo visto na sua singularidade (Oliveira; Elliot, 2012).

O portfólio é um artefato que desempenha um papel importante na avaliação formativa, permitindo a avaliação do pensamento crítico, a apresentação e articulação de soluções para problemas complexos, e a intensificação do trabalho colaborativo. Além disso, o portfólio possibilita a reflexão constante, permitindo que estudantes e professores visualizem os documentos com base nos objetivos e critérios previamente acordados, dialogando com as soluções e problemas que surgem a partir das tarefas solicitadas (Galiuzzi, 2021, p. 6).

A criação de portfólios pode ser uma atividade envolvente para os estudantes, pois lhes dá um senso de propriedade sobre seu trabalho e aprendizado. Enquanto um caderno tradicional é fundamental na organização e na dinâmica escolar, possibilitando o monitoramento do desenvolvimento e a aprendizagem dos estudantes, garantindo o registro das informações sobre os conteúdos ensinados, facilitando a comunicação entre pais e escola, assim como entre professores e estudantes (Santos; Souza, 2005). Nessa interpretação, o portfólio é instrumento que compreende a compilação de todos os trabalhos realizados pelos estudantes durante um curso ou disciplina e inclui registro de saídas de campo, resumos de textos, projetos e relatórios de pesquisa, anotações de experiências, ensaios auto-reflexivos (Alvarenga, 2021).

A utilização do portfólio como instrumento de avaliação ainda é considerada uma novidade pedagógica e, inclusive, objeto de desconfiança no meio docente. Os portfólios permitem uma avaliação contínua ao longo do tempo, o que é especialmente útil para capturar o desenvolvimento do estudante ao longo de um período prolongado (Nascimento; Rôças, 2015). O trabalho com portfólio favorece a interdisciplinaridade, pois possibilita um trabalho mais abrangente em relação às disciplinas e a exploração dos temas afins, além de contribuir para a ampliação do conhecimento em outras áreas do conhecimento por parte dos professores, de forma indireta, sem a rigidez da fragmentação disciplinar (Raposo; Silva, 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Oportunizar um processo de aprendizagem investigativo, aplicando metodologias ativas, com foco no elemento químico carbono, a fim de potencializar a apropriação de saberes, sobre a relevância deste elemento químico para a sobrevivência dos seres vivos.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estruturar um conjunto de encaminhamentos nos moldes de uma Sequência Didática, aplicando metodologias ativas aliadas à abordagem investigativa, a fim de contribuir para a sensibilização dos estudantes sobre o papel do elemento carbono no ambiente, bem como do impacto dos hábitos de vida na emissão de carbono e formas de mitigação dos impactos.
- Dialogar com os estudantes sobre conceitos e concepções ligadas a temática do carbono, almejando a formação de um processo reflexivo e crítico, sobre posturas e comportamentos.
- Verificar se a sequência didática proposta é executável em uma escola pública.

4 METODOLOGIA

No âmbito do processo de ensino e aprendizagem nas ciências naturais, o propósito para o ensino médio consiste em capacitar os estudantes a desenvolver competências específicas, de forma a:

Habilitar os estudantes a analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global e analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis. (Brasil, 2018, p. 540).

Essas habilidades estão descritas no referencial curricular para o ensino médio do Paraná (Paraná, 2021), que inclui as competências descritas no Quadro 1. O projeto foi aplicado em sala de aula após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa das Ciências Humanas e Sociais - CEP/CHS da UFPR (parecer número 5.978.276; ANEXO 1) e autorização do Núcleo Regional de Educação da Área Metropolitana Norte (ANEXO 2). A sequência didática investigativa, que consiste em um conjunto de dez aulas com duração de 45 minutos cada, foi aplicada a três turmas da primeira série do Ensino Médio do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves, localizado no município de Colombo, na região metropolitana de Curitiba, no estado do Paraná.

Os principais materiais e recursos didáticos utilizados foram vídeos, textos, imagens, quadro e giz, Educatron (TV tela plana com webcam, acoplado a um computador e com conexão à internet), tablet, vidrarias de laboratório, microscópio, equipamento para medir a luz ou aplicativo Light Meter disponível nas lojas de aplicativos para *smatrphones*, balança digital, luminária de mesa, termômetros com escala de 0 a 100° C, reagente vermelho de cresol, recipientes de plástico, cascalhos, areia, terra, plantas herbáceas rústicas da espécie *Callisia repens* (dinheiro-em-penca), lâminas, lamínulas e a planta aquática *Egeria densa* (elodea).

QUADRO 1 - HABILIDADES DA BASE NACIONAL COMUM CURRICULAR TRABALHADAS

Habilidades	Objetos do conhecimento	Possibilidades de conteúdos
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	<ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo energético 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotossíntese • Respiração celular
	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas (cadeia e teia Alimentar) • Modelo do fluxo energético
(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Método científico 	<ul style="list-style-type: none"> • Método hipotético-dedutivo: etapas de uma investigação científica
(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclos biogeoquímicos • Fenômenos naturais • Poluição 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclos biogeoquímicos • Efeito estufa • Camada de ozônio • Poluição do solo e do ar
(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	<ul style="list-style-type: none"> • Conservação e preservação ambiental • Educação ambiental • Sustentabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pegada ecológica e biocapacidade Consumismo X Recursos Naturais (obsolescência perceptiva e planejada) • Problemas ambientais locais, mundiais e globais. • Políticas ambientais para a Sustentabilidade

FONTE: A autora (2023) a partir da BNCC (Brasil, 2018) e Currículo do Paraná (Paraná, 2022)

As dez aulas que compuseram a sequência didática não foram sequenciais, sendo intercaladas por aulas sobre outros objetivos de aprendizagem, tendo ocorrido ao longo de um período de quatro meses. As atividades (QUADRO 2) foram organizadas de acordo com a metodologia conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP), segundo Muenchen e Delizoicov (2014, p. 620), conforme descrito a seguir:

Problematização Inicial: Os estudantes são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa diagnosticar os conhecimentos prévios e para estimular a reflexão e motivação dos estudantes.

Organização do Conhecimento: Sob a orientação do professor, os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados, permitindo a testagem de hipóteses elaboradas no primeiro momento.

Aplicação do Conhecimento: Momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo estudante, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

QUADRO 2 - ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

MOMENTOS	AULAS
1º momento: Problematização	Aula 1: Pegada de Carbono
2º momento: Organização do conhecimento	Aula 2: Construção de mini terrários (montagem de experimento)
	Aula 3: Verificação dos resultados do experimento com mini terrários
	Aula 4: Rotação por estações: experimentação e atividades práticas
	Aulas 5 e 6: Orientação e organização do seminário
	Aulas 7 e 8: Apresentação de seminários
	Aula 9: Exibição da animação: Carbono e vida
3º momento: Aplicação o conhecimento	Aula 10: Plantio de mudas e fechamento

FONTE: A autora (2023)

Os estudantes foram estimulados a desenvolver as atividades propostas de forma a escrever, falar, resolver problemas e refletir a partir de aula expositiva dialogada, trabalhos em grupo e aulas práticas. Foram utilizados métodos ativos, como aprendizagem por problemas, ensino investigativo, aulas experimentais, seminário e rotação por estações. Os estudantes foram organizados individualmente, duplas ou trios a depender da especificidade da turma. Ao final de cada momento, o registro das problematizações propostas, hipóteses, observações, discussões e conclusões foi individual e em formato de portfólio, que foi recolhido pela professora para verificação ao final de cada aula.

Os resultados foram analisados de forma qualitativa, verificando-se o engajamento e a motivação dos estudantes ao longo de todo o processo. Durante as apresentações de seminários, rodas de conversa e discussões, foi verificado se as atividades contribuíram para a aquisição de conhecimentos dos estudantes. A aplicabilidade da SD também foi avaliada no que se refere ao tempo necessário para o desenvolvimento de cada atividade.

5 DESENVOLVIMENTO E RESULTADOS

A sequência didática foi aplicada com duas turmas do período matutino e uma turma do noturno do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves (Colombo-PR), totalizando 70 estudantes.

5.1 PRIMEIRO MOMENTO: PROBLEMATIZAÇÃO

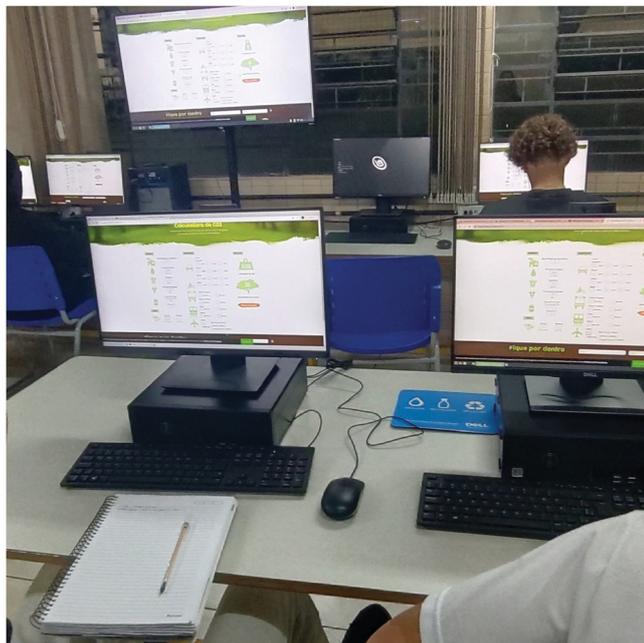
5.1.1 Aula 1 - Pegada de Carbono

Com um dia de antecedência, foi postado o link da ferramenta *Calculadora de CO₂ online*³ na sala virtual Google Classroom com objetivo de organizar a aula e facilitar o acesso dos estudantes a este recurso, embora a atividade tenha ocorrido presencialmente na escola com a maioria dos estudantes. A calculadora consiste de um questionário que relaciona as atividades antrópicas com as respectivas emissões de carbono expressas em toneladas e sugere quantas árvores seriam necessárias plantar para neutralizar a emissão de carbono.

No primeiro momento da aula, antes de acessar a calculadora de carbono online, a professora questionou os estudantes sobre o que seria a pegada de carbono, instigando-os a levantar hipóteses oralmente e, em seguida, registraram-nas nos portfólios. Muitos não tinham conhecimento do que se tratava. Após a utilização da *Calculadora de CO₂*, a pergunta foi refeita, explorando a problemática através de nossas ações diárias, ou seja, o quanto de carbono nós emitimos na atmosfera ao produzir lixo e consumir produtos, por exemplo, e quantas árvores cada um deveria plantar para compensar. Os estudantes manifestaram surpresa em relação à possibilidade de calcular (estimar) as emissões de carbono, sendo que alguns haviam pensado somente no carbono emitido durante a expiração. Em seguida, a turma se deslocou para o laboratório de informática, onde acessaram o link e responderam às perguntas da ferramenta digital (FIGURA 1).

³ <https://www.ecooar.com/calculadora-co2>

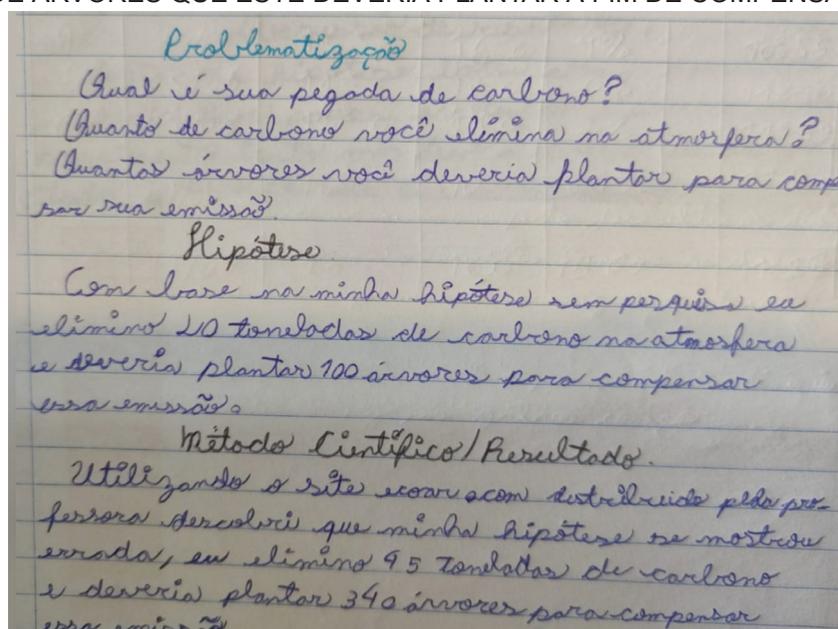
FIGURA 1 - ESTUDANTES NA SALA DE INFORMÁTICA, UTILIZANDO A CALCULADORA DE CARBONO ONLINE APÓS O LEVANTAMENTO DAS HIPÓTESES



FONTE: A autora (2023)

O resultado obtido pela calculadora informou a estimativa de toneladas de gases de efeito estufa (GEE) emitidos, bem como o número de árvores que deveriam ser plantadas a fim de compensar a emissão do carbono (FIGURA 2) foi anotado no portfólio, permitindo assim que o estudante comparasse com as hipóteses previamente formuladas. Além dos estudantes presentes, aproximadamente, dez estudantes não compareceram à aula porém realizaram a atividade no ambiente virtual de aprendizagem em casa.

FIGURA 2 - REGISTRO FEITO NO PORTFÓLIO, MOSTRANDO A HIPÓTESE LEVANTADA E O RESULTADO DO QUESTIONÁRIO (CALCULADORA DE CARBONO) DE UM DOS ESTUDANTES, CONTENDO A ESTIMATIVA DE TONELADAS DE GASES DE EFEITO ESTUFA (GEE) EMITIDOS E O NÚMERO DE ÁRVORES QUE ESTE DEVERIA PLANTAR A FIM DE COMPENSAR A EMISSÃO.



FONTE: A autora (2023)

5.2 SEGUNDO MOMENTO: ORGANIZAÇÃO DO CONHECIMENTO

5.2.1 Aula 2 - Construção de mini terrários

Em uma aula anterior, foi explicado aos estudantes que eles construiriam terrários com plantas simulando ecossistemas e que seriam mantidos em quatro situações diferentes: dois recipientes (terrários) foram tampados hermeticamente e os outros dois permaneceram sem tampa. Para cada situação, foram feitas três réplicas (uma para cada turma). Um dos terrários fechados e um dos terrários abertos seriam acondicionados em ambiente com incidência de luz solar e, os outros dois terrários (com e sem tampa) seriam acondicionados em local escuro. Informou-se ainda, que as plantas seriam molhadas apenas durante a montagem dos terrários, permanecendo três semanas sem nenhum tipo de intervenção. Após a explicação, foram apresentadas as seguintes perguntas problematizadoras: Como as plantas irão se desenvolver nos quatro terrários, submetidos a diferentes condições ambientais? As plantas irão sobreviver? Irão crescer? Em relação à temperatura, haverá alteração? Em seguida, os estudantes levantaram e registraram as hipóteses no portfólio.

De modo geral, as hipóteses dos estudantes foram que as plantas que estavam no terrário aberto iriam se desenvolver melhor, enquanto as plantas que estavam no terrário fechado morreriam ou não iriam se desenvolver, conforme exemplificado a seguir:

“Eu acredito que todos os terrários irão ter um resultado diferente, desses quatro terrários, o mais provável a sobreviver, será o de tampa aberta na luz, pois assim, a planta terá como fazer respiração e a fotossíntese, esse terrário irá crescer e sobreviver. Já o terrário fechado no escuro tenho total certeza que não conseguirá se desenvolver irá murchar e morrer. Os outros dois, acredito que terão pequenas chances de sobrevivências pois terá a respiração e não terá fotossíntese e o outro terá fotossíntese, mas não se terá respiração”. (Grupo 1)

“Eu imagino que o único terrário que irá sobreviver pelo menos por um tempo será o terrário do Sol sem tampa, esse terrário tem luz constante e ar circulando. O terrário sem tampa no escuro imagino que vai apodrecer com o tempo. O terrário com tampa e no Sol durará por um pouco mais de tempo, mas morrerá também e o terrário com tampa e no escuro vai ser o mais rápido a morrer”. (Grupo 2)

“No terrário tampado e no escuro eu acho que a planta vai sofrer poucas mudanças devido à falta de oxigênio e mudanças climáticas. Já no terrário aberto e no escuro a planta vai sofrer diversas alterações e vai ficar maior devido às mudanças climáticas. O terrário aberto na luz a planta vai crescer melhor mais colorida e sofrendo várias mutações do ambiente. E o terrário fechado na luz a água vai secar e a planta vai crescer mais lentamente a Terra vai ficar mais seca e a planta ficará com risco de morte”. (Grupo 3).

Posteriormente, os estudantes de cada turma foram divididos em quatro grupos, sendo que cada grupo ficaria responsável pela construção de um terrário com determinadas condições experimentais, bem como pela observação e registro das mudanças e da temperatura durante três semanas. Foi feito um sorteio para definir qual equipe seria responsável por acompanhar qual tipo de terrário.

No dia destinado à montagem dos terrários, os estudantes (FIGURA 3) receberam os materiais necessários: recipiente plástico transparente, cascalhos, terra, areia, plantas herbáceas da espécie *Callisia repens* (dinheiro-em-penca), manta bidim, recipientes graduados para medir as quantidades dos materiais, termômetro com escala até 100° C e um roteiro (APÊNDICE 1) para anotar informações das variáveis. Foi verificada a massa de cada componente (plantas, terra, areia, cascalhos) em balança digital no início e fim do experimento. A ficha continha espaços para os seguintes registros: data, hora, temperatura ambiente, massa da embalagem vazia e sem tampa, massa da manta bidim, massa da planta (sem terra), massa do terrário sem água e sem plantas, massa do terrário com plantas, massa do terrário com plantas e com um grama de água. Estas informações foram registradas à medida que os terrários foram montados, iniciando pela colocação de cascalhos no fundo do recipiente, seguido pela manta bidim, areia, terra, as plantas e a água. Para todas as situações experimentais, foram usados recipientes iguais e as mesmas quantidades dos demais materiais. Nos dois terrários fechados, a tampa foi colocada e lacrada com fita adesiva transparente. Em seguida, a ponta do termômetro foi fixada na parte interna de cada terrário fechado, passando através de um orifício na tampa e lacrado com cola quente. Todos os terrários foram marcados com o nome da turma, data e condicionados em seus respectivos ambientes, com iluminação natural ou no escuro (FIGURA 4).

FIGURA 3 - ESTUDANTES CONFECCIONANDO OS TERRÁRIOS



FONTE: A autora (2023)

FIGURA 4 - TERRÁRIOS CONFECCIONADOS



FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A - Terrário fechado. B - Terrário aberto.

Para coordenar o acompanhamento do experimento, um líder da equipe foi eleito para orientar os outros membros do grupo e compartilhar informações com os estudantes ausentes. Durante os dias de observações, de três a quatro membros da equipe, acompanhados pelo líder, foram até o local de armazenamento dos terrários. O líder instruiu seus colegas, e juntos observaram e registraram as características do terrário de responsabilidade de sua equipe, além de observarem os terrários das outras equipes de sua turma e das demais. Essas observações ocorreram nas segundas, quartas e sextas-feiras ao longo de três semanas, totalizando nove dias de observações. Todos os membros acompanharam uma observação de todos os terrários, mas apenas o terrário específico da equipe foi registrado quanto à temperatura e sua aparência (FIGURA 5).

FIGURA 5 - ESTUDANTES REALIZANDO O REGISTRO DAS VARIÁVEIS E REGISTRANDO AS CARACTERÍSTICAS DOS TERRÁRIOS



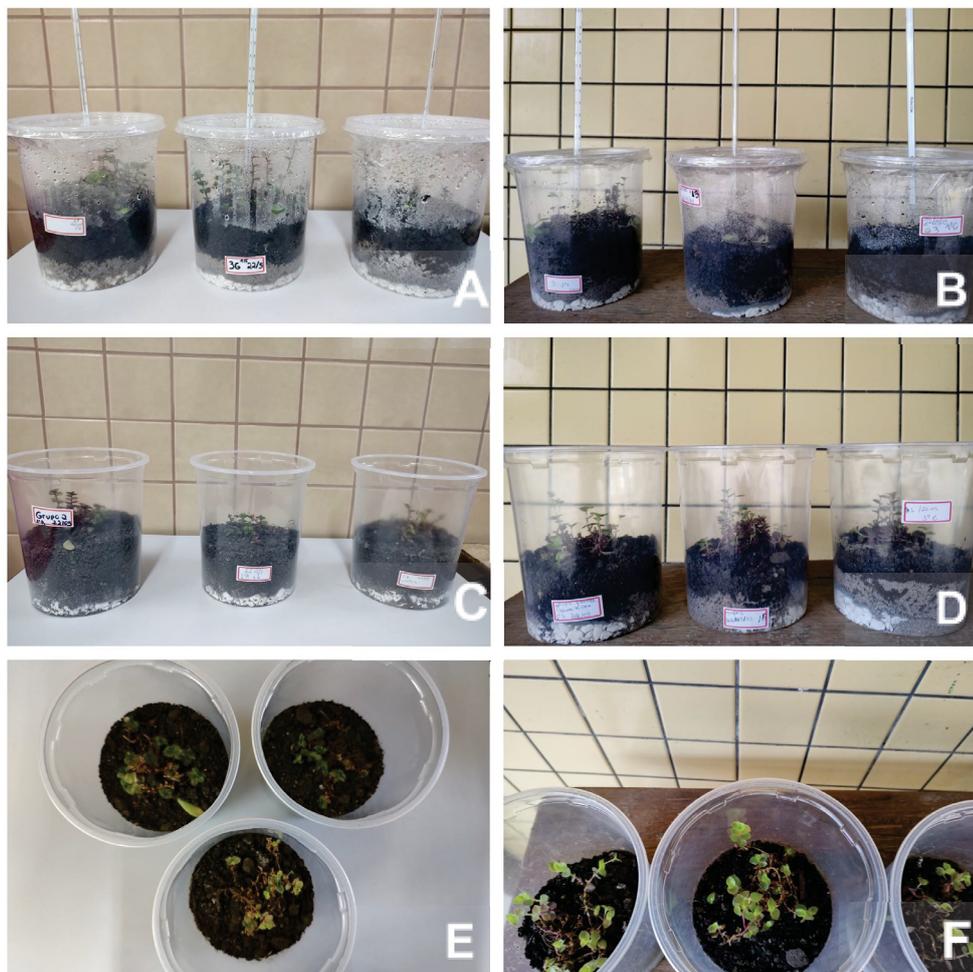
FONTE: A autora (2023)

O registro do experimento por cada estudante foi completo, pois mesmo em caso de ausência em algumas aulas, os estudantes eram responsáveis por registrar as informações em seu portfólio, com base nas anotações feitas por um dos membros da equipe.

5.2.2 Aula 3 - Verificação dos resultados do experimento com mini terrários

Após três semanas, os terrários foram desmontados e novamente foi verificada a massa dos materiais (plantas, terra, areia, cascalhos) (FIGURA 6). Antes de desmontar, os estudantes registraram a data, hora, temperatura ambiente, a massa de todo o terrário (sem a tampa), a massa do terrário sem as plantas e a massa das plantas (sem terra) (FIGURA 7). As variáveis foram registradas em uma ficha de acompanhamento, que foi transcrita para o portfólio.

FIGURA 6 - ASPECTO DOS TERRÁRIOS APÓS TRÊS SEMANAS DE OBSERVAÇÃO



FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A – Terrário fechado no ambiente claro; B – Terrário fechado no ambiente escuro; C e E – Terrário aberto em ambiente claro; D e F – Terrário fechado em ambiente escuro

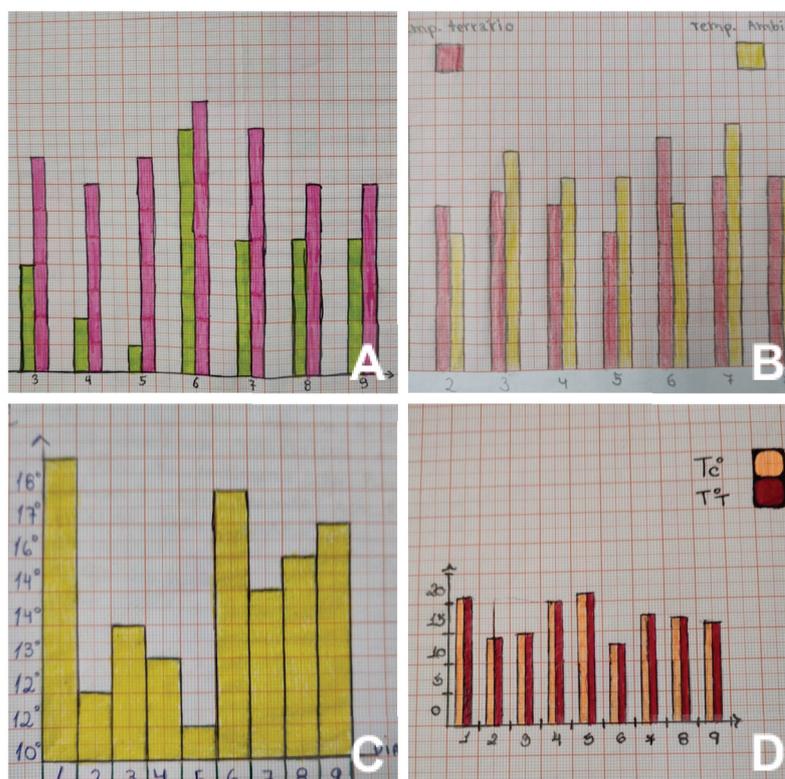
Em seguida, os estudantes receberam instruções para criar um gráfico (histograma) que representasse as variáveis de temperatura (FIGURA 8) e massa da planta (FIGURA 9) com base na tabela de anotações (FIGURA 10). Essa etapa foi designada como uma atividade a ser realizada em casa. As informações registradas foram compartilhadas durante a aula destinada para apresentação dos seminários.

FIGURA 7 - ESTUDANTES REALIZANDO O DESMONTE DO TERRÁRIOO



FONTE: A autora (2023)

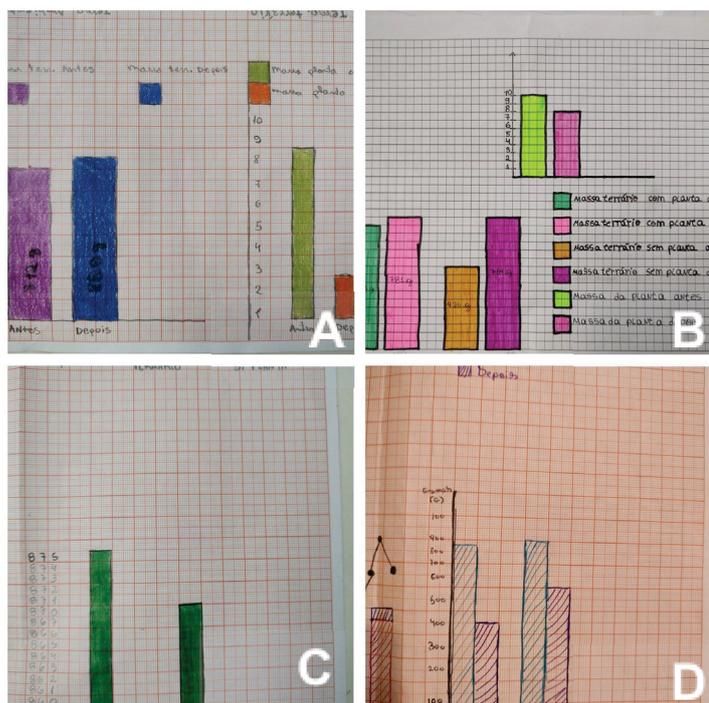
FIGURA 8 - GRÁFICOS ELABORADOS PELOS ESTUDANTES CONTENDO A VARIÁVEL TEMPERATURA REGISTRADA NA OBSERVAÇÃO DOS TERRÁRIOS



FONTE: A autora a partir dos dados desta pesquisa (2023)

LEGENDA: A – Terrário fechado em ambiente claro; B – Terrário fechado em ambiente escuro; C – Terrário aberto em ambiente claro; D – Terrário aberto em ambiente escuro

FIGURA 9 - GRÁFICOS ELABORADOS PELOS ESTUDANTES CONTENDO A VARIÁVEL MASSA DOS TERRÁRIOS COM E SEM PLANTAS



FONTE: A autora a partir dos dados desta pesquisa (2023)

LEGENDA: A – Terrário fechado em ambiente claro; B – Terrário fechado em ambiente escuro; C – Terrário aberto em ambiente claro; D – Terrário aberto em ambiente escuro

FIGURA 10 - TABELA CONTENDO O REGISTRO DOS VALORES DA TEMPERATURA AMBIENTE DO TERRÁRIO

2	29/05	12°C	15°C	ambiente condensado	25%
3	31/05	13°C	17°C	ambiente condensado	56%
4	02/06	11°C	16°C	ambiente condensado	57%
5	05/06	10°C	17°C	ambiente condensado folhas secas	0%
6	07/06	18°C	22°C	ambiente condensado	0%
7	12/06	14°C	18°C	ambiente condensado	25%
8	14/06			ambiente condensado	

Diário	Data	T°C a.	T°C T.	Observações
1º	24/05	18°C	18°C	
2º	29/05	12°C	18°C	aparecendo pontos
3º	31/05	13°C	13°C	brancos.
4º	02/06	17°C	17°C	aparecimento de fungo
5º	05/06	18°C	18°C	os fungos estão
6º	07/06	11°C	11°C	sumindo e ainda
7º	12/06	15°C	15°C	tem umidade
8º	14/06	14°C	14°C	mas acustum

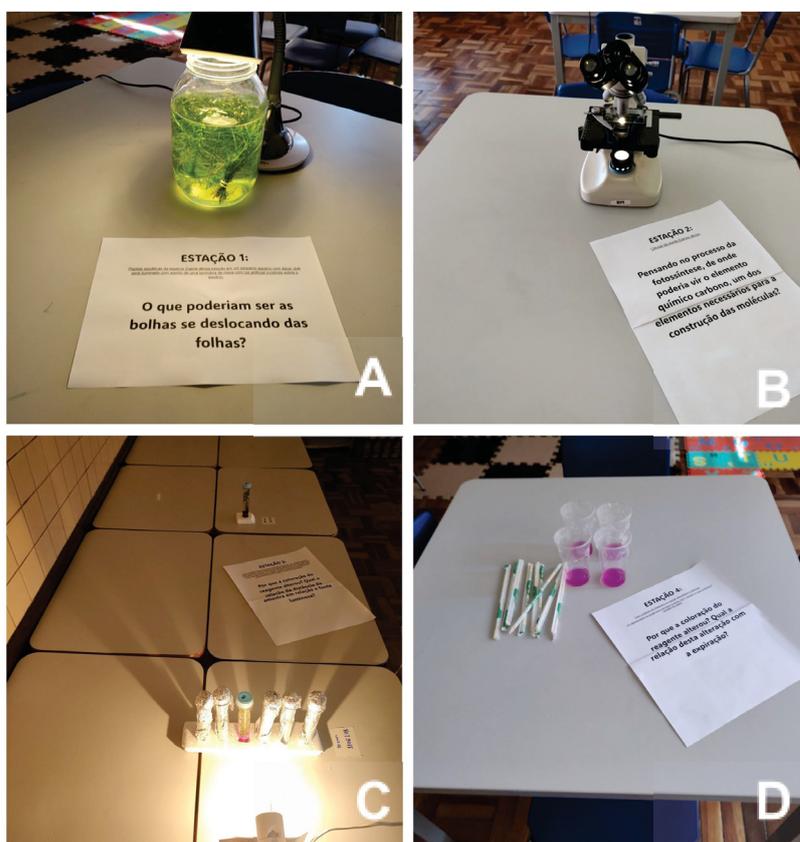
FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A – Terrário fechado; B – Terrário aberto

5.2.3 Aula 4 - Rotação por estações: experimentação e atividades práticas

Nesta etapa, foi montado um circuito com quatro atividades experimentais. Cada estação continha os materiais necessários para a realização de um experimento, juntamente com uma breve descrição dos procedimentos e uma pergunta problematizadora. As atividades propostas, em especial aquelas mais complexas ou com reações demoradas, foram montadas com antecedência a fim de otimizar o tempo destinado às práticas, de modo que os estudantes pudessem observar os resultados e as evidências dos experimentos realizados (FIGURA 11).

FIGURA 11 - ESTAÇÕES CONTENDO AS ATIVIDADES PROPOSTAS



FONTE: A autora(2023)

LEGENDA: A – Estação 1: Plantas aquáticas acondicionadas em um recipiente contendo água e bicarbonato e iluminado com uma luminária de mesa; B – Estação 2: Lâmina preparada com folha da planta aquática para observação no microscópio ótico; C – Estação 3: Experimento sobre a taxa de fotossíntese e D – Estação 4: Copos e canudos descartáveis para detectar dióxido de carbono durante a expiração.

Os estudantes foram organizados em quatro equipes e posicionados em uma estação, onde permaneceram por cerca de 10 minutos e alternando-se, até

passarem por todos os experimentos. A professora fez uma orientação rápida para explicar como a metodologia da atividade de rotação por estação funcionaria. Os estudantes, de posse de seus portfólios, analisaram os experimentos e registraram as hipóteses geradas a partir das perguntas problematizadoras. Durante a execução das atividades, enquanto os estudantes discutiam hipóteses e analisavam as evidências dos experimentos, a professora acompanhava as equipes no registro das situações e suas respectivas observações. Segue-se uma descrição dos experimentos realizados em cada estação:

Estação 1: Antes da aula, plantas aquáticas da espécie *Egeria densa* (Elodea) foram colocadas em um recipiente de vidro com um litro de água filtrada e duas colheres de sopa de bicarbonato de sódio. Com auxílio de uma luminária de mesa com luz artificial, a planta foi iluminada. No decorrer da prática, os estudantes (FIGURA 12) puderam observar a saída de “bolhas” das folhas da planta, tendo sido questionados a respeito de sua composição e origem, registrando hipóteses para a problematização: *O que poderiam ser as bolhas se deslocando das folhas?* As hipóteses mais comuns observadas entre os estudantes foram:

“A planta está fazendo a fotossíntese por conta da luz artificial”.

“A planta liberando o gás oxigênio com as bolhas indo para a superfície”.

“Seria o oxigênio liberado pela planta após sua fotossíntese”.

A reação entre o bicarbonato de sódio e a água resulta na produção de gás carbônico.



Dessa forma, estimuladas pela exposição à luz proveniente da luminária, as plantas podem utilizar o gás carbônico gerado realizando fotossíntese, sendo que um dos subprodutos deste processo é o oxigênio.

FIGURA 12 - ESTUDANTES OBSERVANDO A LIBERAÇÃO DE BOLHAS DE GÁS OXIGÊNIO PELAS FOLHAS DA PLANTA AQUÁTICA



FONTE: A autora (2023)

Estação 2: Na segunda estação, os estudantes observaram as células das folhas da planta *Egeria densa* através de um microscópio óptico (FIGURA 13). O propósito desta aula foi permitir que os estudantes pudessem identificar os cloroplastos dentro das células, identificando-os como os locais onde ocorre a fotossíntese. Após a observação, os estudantes receberam orientações para responder à pergunta problematizadora: “*Pensando no processo da fotossíntese, de onde poderia vir o elemento químico carbono, um dos elementos necessários para a construção das moléculas orgânicas?*” As hipóteses foram registradas em seus portfólios, juntamente com o desenho das células observadas (FIGURA 14). As hipóteses mais comuns observadas entre os estudantes foram:

“*O carbono da planta vem da captura do carbono na fase escura da fotossíntese*”.

“*Do gás carbônico que vem da atmosfera . O cloroplasto é a organela utilizada para a construção da glicose pela fotossíntese*”.

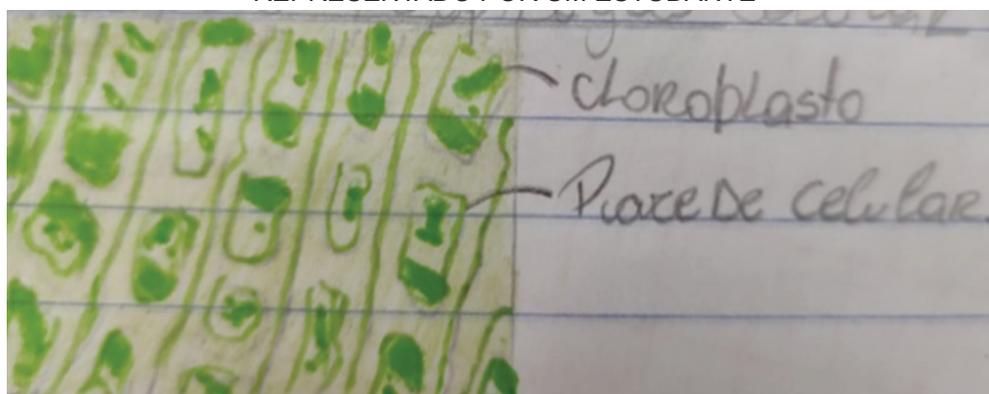
“*O elemento químico carbono vem da respiração celular da planta*”.

FIGURA 13 - ESTUDANTES OBSERVANDO AS CÉLULAS VEGETAIS DA PLANTA AQUÁTICA ATRAVÉS DO MICROSCÓPIO



FONTE: A autora(2023)

FIGURA 14 - DESENHO DAS CÉLULAS VEGETAIS CONTENDO CLOROPLASTOS REPRESENTADO POR UM ESTUDANTE



FONTE: A autora (2023)

Estação 3: Na estação 3, os estudantes analisaram as evidências do experimento denominado "*Determinação da Irradiância de Compensação*" seguindo o roteiro adaptado proposto por Peixoto, Pimenta e Reis (s.d.). Para realizar o experimento foram utilizados quatro tubos de ensaio com tampa, nos quais foram colocados 2 ml da solução contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 10,0$) e um ramo da planta *Egeria densa* cerca de duas horas antes da aula para que houvesse tempo suficiente para a reação. Apenas um dos tubos foi envolto em papel alumínio, simulando um ambiente sem luz. Os tubos de ensaio que permaneceram sem papel alumínio foram posicionados a diferentes distâncias de uma fonte luminosa, que continha uma lâmpada de 100 watts. As distâncias utilizadas foram de 10 cm, 100 cm e 200 cm. Após cerca de duas horas, a irradiância foi medida através do aplicativo Light Meter. Os valores obtidos foram, 1106 lux, 110 lux 100 lux, respectivamente. O tubo envolto por papel alumínio permaneceu a 10 cm da lâmpada. Foram preparados 4 tubos de ensaio envoltos pelo papel alumínio para que todas as equipes pudessem retirar o papel alumínio e observar como ficou a coloração do reagente vermelho de Cresol.

Os estudantes puderam verificar que a solução do tubo sem papel alumínio posicionado mais próximo da fonte luminosa apresentava tonalidade rosa-vibrantes, enquanto que a 100 cm, a coloração do reagente enfraqueceu, tornando-se rosa-amarelada. Já a solução presente no tubo posicionado a 200 cm, bem como os tubos embalados posicionados a 10 cm da fonte de luz, apresentaram coloração amarelada (FIGURA 15). As informações coletadas foram registradas no portfólio juntamente com as hipóteses para as problematizações. *Por que a coloração do reagente se alterou? Qual a relação da distância da amostra em relação à fonte luminosa?* As hipóteses mais comuns observadas entre os estudantes foram:

“Quanto mais o reagente fica distante da luz, fica mais claro”.

“Perto da luz a água ficou escura, em 100 cm ficou Clara e 200 ficou mais Clara. A água alterou por conta da luz, a relação é que a luz é a principal fonte de mudança da cor”.

“A planta está fazendo fotossíntese, assim consumindo carbono e deixando a coloração rosa”.

FIGURA 15 - ESTUDANTES OBSERVANDO A COLORAÇÃO QUE INDICA A OCORRÊNCIA DE FOTOSÍNTESE



FONTE: A autora (2023)

A explicação para tais resultados reside no fato de o Vermelho de Cresol ser um indicador de pH. Sobre a mesa da estação, havia um diagrama mostrando a relação entre a coloração do reagente e o pH, sendo mais próxima do vermelho em pHs mais altos e mais amarelado em pHs mais baixos. Logo, ficou evidenciado que quanto mais próximo da fonte luminosa mais alto é o pH e que ausência da luz manteve o pH baixo. Neste experimento, a abundância de dióxido de carbono (CO_2) na solução torna a solução ácida e, portanto, amarelada. Contudo, a proximidade da lâmpada estimulou a fotossíntese pela planta, que utilizou dióxido de carbono (CO_2), alcalinizando a água e, com isso, alterando a coloração do reagente para tonalidades rosa-vibrantes ($\text{pH} \cong 10$).

Essa é uma forma indireta de detectar o dióxido de carbono (CO_2), demonstrando que, quando os tubos de ensaio foram posicionados a uma distância de 10 cm da fonte de luz, as plantas demonstraram maior atividade fotossintética,

resultando em um aumento do pH da solução de vermelho de Cresol, tornando-a mais alcalina em comparação com o estado inicial. Essas influências contribuíram para o surgimento das tonalidades rosa-vibrantes observadas no indicador.

À medida que a distância aumentou para 100 cm, a coloração do indicador enfraqueceu, tornando-se rosa-amarelada devido à maior concentração de CO_2 tornando a solução menos alcalina, com pH aproximado de 8,0. Isto sugere que a respiração celular (que libera CO_2) foi mais intensa do que a fotossíntese (que consome CO_2). Nesse ponto, a coloração dos indicadores ainda era levemente rosada, porém em intensidade mais tênue em comparação com a condição inicial. Já nos tubos posicionados a 200 cm e nos tubos embalados posicionados a 10 cm da fonte luminosa, a intensidade de radiação foi diminuída e a redução do pH ($\cong 7,0$) em resposta à maior concentração de CO_2 , resultando na coloração amarelada do indicador, o que indica redução na taxa de fotossíntese em comparação aos demais tubos (FIGURA 16).

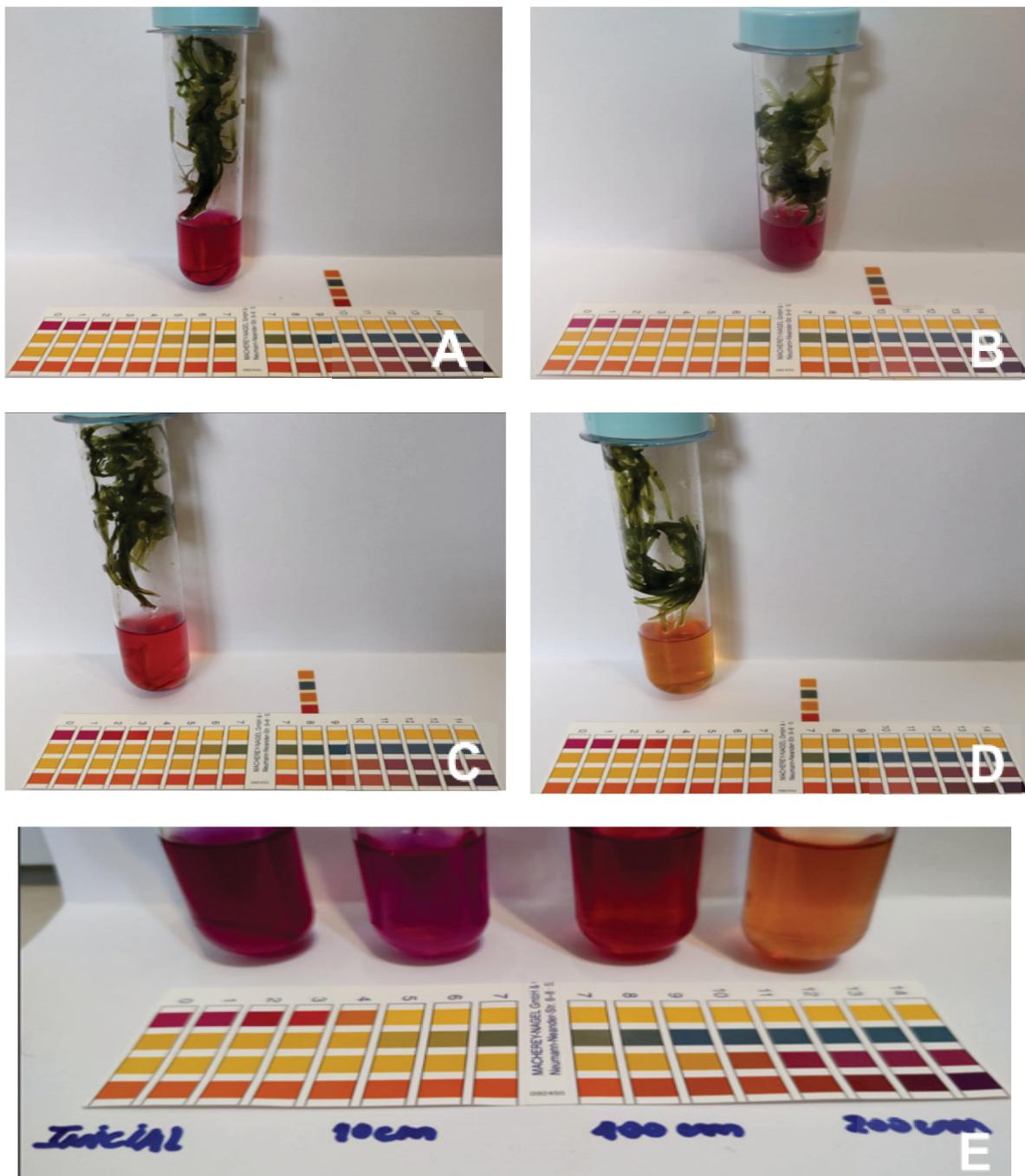
Estação 4: Sobre a mesa da estação 4, foram posicionados quatro copos contendo apenas o reagente vermelho de Cresol e um papel filtro na borda, para evitar respingos no rosto dos estudantes. Utilizando um canudo descartável, um representante de cada equipe foi convidado a soprar sobre o reagente contido em um dos copos (FIGURA 17). Ao soprar na solução indicadora de pH através do canudo, a solução apresentou a cor amarelada clara (FIGURA 18). As hipóteses mais comuns para explicar os resultados observados pelos estudantes sobre a problematização de porque a coloração do reagente alterou e qual a relação desta alteração com a expiração, foram:

“O reagente desconhecido passou de rosa para laranja ao entrar em contato com o carbono e no momento passou para vermelho”.

“A cor do reagente se alterou devido ao gás carbônico soltado pela expiração”.

“Conforme fosse assoprando o líquido com o canudo ele iria mudando de cor para vermelho claro, através da expiração ele libera o gás carbônico”.

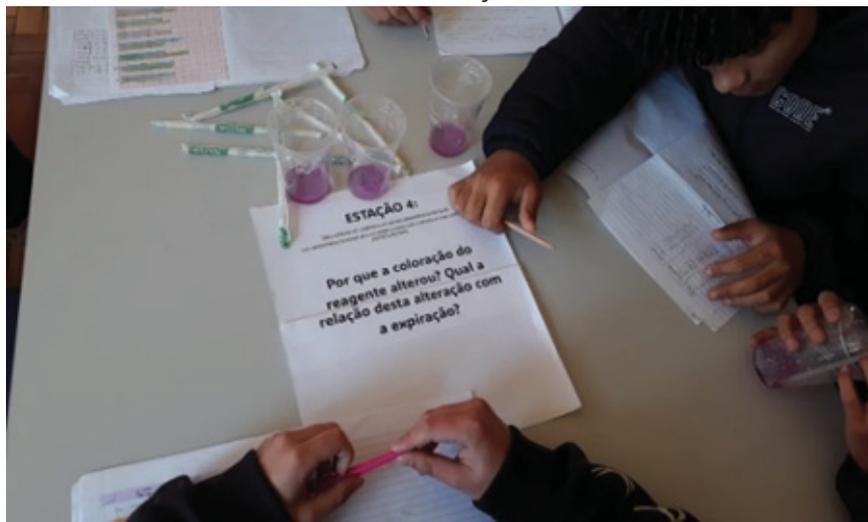
FIGURA 16 - AMOSTRAS DO REAGENTE VERMELHO DE CRESOL CONTENDO A ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO A PARTIR DA DISTÂNCIA DA FONTE LUMINOSA



FONTE: A autora (2023)

Legenda: A - Solução inicial; B - Tubo de ensaio à 10 cm da fonte luminosa; C - Tubo de ensaio à 100 cm da fonte luminosa; D - Tubo de ensaio à 200 cm da fonte luminosa; E - Os tubos apresentando quatro cores diferentes de acordo com a distância da fonte luminosa, todos contendo o indicador.

FIGURA 17 - ESTUDANTES OBSERVANDO A MUDANÇA DA COLORAÇÃO DO REAGENTE APÓS A EXPIRAÇÃO



FONTE: A autora (2023)

A mudança de cor é explicada pela introdução do CO_2 na solução. O CO_2 é um subproduto da respiração humana e, como acontece com o CO_2 de qualquer fonte, acidificou a solução, resultando na coloração amarelada.

FIGURA 18 - COLORAÇÃO DO REAGENTE APÓS A EXPIRAÇÃO



FONTE: A autora (2023)

5.2.4 Aula 5 e 6 - Orientação e organização do seminário

Este momento foi destinado a retomar os objetivos das aulas anteriores, orientar e organizar as equipes para o seminário que seria apresentado posteriormente. Para melhor compreensão do tema estudado, os estudantes, organizados em grupos (FIGURA 19), retomaram os resultados dos experimentos que permitiram testar as hipóteses elaboradas nas etapas anteriores e, então, realizaram pesquisas utilizando o tablet. Em seguida, organizaram apresentações abordando assuntos relevantes relacionados à proposta deste trabalho, tais como sequestro de carbono, mudança climática, efeito de estufa e aquecimento global.

FIGURA 19 - ESTUDANTES ORGANIZADOS EM GRUPO, PREPARANDO O SEMINÁRIO



FONTE: A autora (2023)

Os assuntos selecionados foram sorteados entre os grupos. Foi orientado que, para a apresentação dos seminários, os grupos deveriam seguir três critérios: a) Responder às hipóteses levantadas durante o momento em que os estudantes verificaram a pegada de carbono, durante a montagem dos terrários e durante o momento da rotação por estações; b) Abordar o conceito do assunto de forma contextualizada e c) Sugerir ações de sensibilização. As equipes também foram instruídas a usar imagens e animações para ilustrar os temas. Esta aula em que os

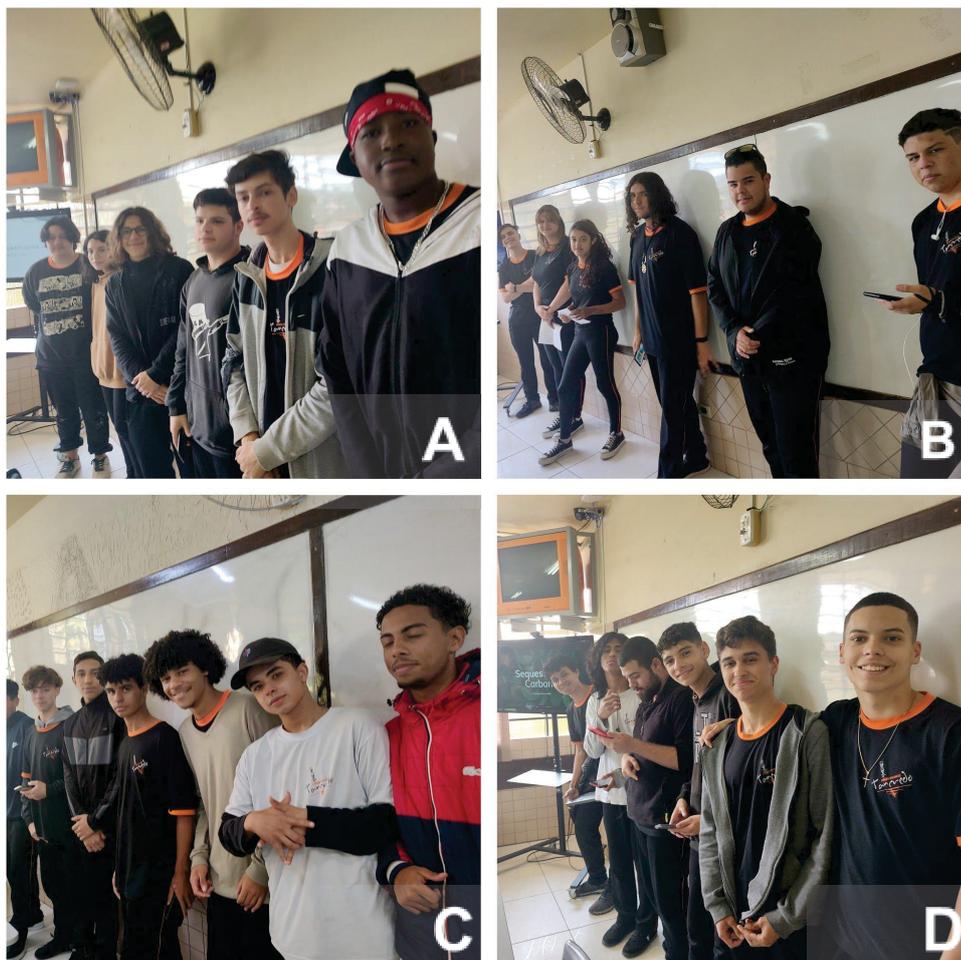
estudantes puderam realizar pesquisas na escola foi importante, pois nem todos os estudantes possuem acesso à internet em casa.

5.2.5 Aulas 7 e 8 - Seminários

Neste momento, os estudantes, organizados em grupos, realizaram apresentações por meio da prática de seminários (FIGURA 20). As apresentações foram divididas em dois dias. Estas apresentações abordaram uma variedade de tópicos, incluindo o efeito estufa, mudança climática, aquecimento global, bem como a introdução dos conceitos de ebulição global e sequestro de carbono.

Durante essas exposições, os estudantes discutiram não apenas os conceitos em questão, mas também a sua importância, as consequências associadas e ofereceram sugestões para atenuar os impactos. Algumas orientações incentivaram os grupos a estabelecer conexões entre seus terrários e os tópicos mencionados acima, fazendo uso de gráficos e materiais visuais. Para ilustrar as apresentações, os estudantes puderam utilizar os recursos disponíveis, como o Educatron. Em situações em que alguns estudantes demonstraram insegurança, a professora esclareceu dúvidas pontuais e orientou os estudantes na relação de seus temas com os trabalhos já mencionados. Após cada apresentação, a professora mediou discussões para que todos pudessem avaliar as hipóteses de acordo com os dados disponíveis.

FIGURA 20 - ESTUDANTES ORGANIZADOS EM GRUPO, APRESENTANDO OS SEMINÁRIOS



FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A – Aquecimento global; B – Mudança climática; C – Efeito estufa; D – Sequestro de carbono.

Abaixo, seguem os resumos das apresentações elaborados pelos estudantes, que foram entregues por escrito ou transcritos pela professora a partir da gravação dos seminários:

Efeito estufa

“O Sol possui um papel importante na regulação da temperatura global e que o efeito estufa foi benéfico anteriormente mas que está se tornando ruim através aquecimento do globo e que afeta a temperatura média do planeta e nos oceanos. A camada protetora da atmosfera é vital para a nossa sobrevivência. Sem essa camada, o clima seria extremamente prejudicial. As emissões de carbono contribuem para o aquecimento global. Cerca de 20% dessas emissões vêm dos

veículos, como carros e motos. Uma possível solução seria incentivar o uso de transporte público. Além disso, apoiar a produção local e reduzir a pegada de carbono é importante. Isso não só beneficia o ambiente, mas também a economia. O governo tem um papel importante na promoção dessas práticas. Recentemente, houve eventos importantes na Índia envolvendo grupos de trabalho e debates sobre questões críticas. A participação ativa da comunidade é fundamental para compreender e enfrentar essas questões”.

Aquecimento global

“O aquecimento global é causado principalmente pela emissão de gases de efeito estufa na atmosfera. Isso inclui a queima de combustíveis fósseis, desmatamento e práticas agrícolas intensivas. As consequências do aquecimento global incluem eventos climáticos extremos, elevação do nível do mar, branqueamento de corais, perda de habitat, impactos na agricultura, deslocamento de populações, ameaças à saúde humana e escassez de recursos hídricos. Além disso, os oceanos estão absorvendo o excesso de dióxido de carbono, tornando a água mais ácida e prejudicando os ecossistemas marinhos. Além disso, as mudanças no uso da terra e o descarte de resíduos contribuem para o problema. Recentemente novo termo para o aquecimento foi informado, a ebulição global. A única distinção é que o termo foi atualizado devido às novas descobertas e eventos decorrentes das mudanças climáticas. A ebulição global contribui para a identificação dos problemas decorrentes do aumento da temperatura causado pelo aquecimento global, que se manifesta em formas de temperaturas cada vez mais elevadas. Para combater o aquecimento global, várias medidas estão sendo discutidas globalmente. Uma delas é a preferência por energias menos poluentes, como a energia solar e eólica, até 2040. Além disso, as indústrias estão sendo incentivadas a reduzir suas emissões e adotar políticas de emissões zero”.

Mudança climática

“O tema sobre mudanças climáticas é de extrema importância e diversas alterações no clima têm ocorrido nas últimas décadas, especialmente em regiões equatoriais e polares. Uma das causas das mudanças climáticas é a produção de energia. Muitas fontes de geração de energia, como combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás), são não renováveis e causam emissões prejudiciais para o meio

ambiente. Além disso, a fabricação de produtos em massa pelas empresas consome grandes quantidades de combustíveis fósseis, especialmente na produção de plásticos. Isso contribui para as emissões de carbono. O desmatamento também desempenha um papel importante, já que as árvores desempenham um papel crucial na absorção de carbono. O desmatamento para a agricultura e outras atividades humanas está comprometendo a capacidade da Terra de regular o clima. É importante entender que as mudanças climáticas têm sérias consequências. Como o aumento projetado de 2°C na temperatura global até 2100 pode ter impactos catastróficos, incluindo eventos climáticos extremos, escassez de água, aumento do nível do mar e ameaças à biodiversidade. Além disso, a produção de alimentos pode ser afetada, levando a preços mais altos e escassez. Para combater as mudanças climáticas, é essencial fazer o uso de fontes alternativas de energia, reduzir o consumo de produtos baseados em combustíveis fósseis e adotar práticas agrícolas mais sustentáveis. A sensibilização e a ação são fundamentais para diminuir os impactos das mudanças climáticas e proteger nosso planeta”.

Sequestro de carbono

“O sequestro de carbono é um termo usado para descrever o processo de remoção de CO₂ da atmosfera. Esse processo pode ocorrer naturalmente, por meio da fotossíntese realizada pelas plantas e algas, ou ser realizado artificialmente com o auxílio de tecnologias específicas. A captura do carbono da atmosfera envolve o uso de diversas tecnologias, e uma delas foi desenvolvida em 2010, permitindo a absorção direta do CO₂ do ar. Essa tecnologia, embora promissora, ainda está em estágios iniciais de desenvolvimento. A logística de carbono é crucial para o sucesso do sequestro. Envolve a coleta de CO₂ capturado e sua distribuição para locais de armazenamento. O carbono capturado é frequentemente transformado em açúcar, amido ou celulose, antes de ser armazenado. A questão fundamental é se o carbono é um herói ou um vilão. A redução das emissões de CO₂ é essencial para mitigar as mudanças climáticas, mas o sequestro artificial de carbono também envolve desafios e riscos. É importante considerar o impacto ambiental e econômico dessas tecnologias. Além disso, governos e organizações têm um papel importante na regulamentação e promoção de práticas sustentáveis. A iniciativa das Nações

Unidas de estabelecer metas específicas para a redução das emissões é um exemplo de esforços globais nesse sentido”.

Ao apresentar os seminários, durante a exposição dos gráficos relacionados ao desenvolvimento dos terrários, foi notável que os estudantes conseguiram estabelecer conexões entre diferentes situações. Perceberam que nos terrários fechados que eram iluminados, a temperatura média interna era cerca de 2°C mais alta do que a temperatura ambiente. Isso os levou a relacionar essa condição a uma estufa, fazendo uma comparação com a atmosfera da Terra. Por outro lado, os estudantes concluíram, a partir da análise da massa das plantas e observações da temperatura ambiente e da temperatura do terrário, que houve uma redução na biomassa devido à ausência da fotossíntese e, conseqüentemente, à falta de incorporação de carbono em seus tecidos nos terrários que permaneceram no escuro. Além disso, no terrário que permaneceu aberto e iluminado, o solo acabou se tornando ressecado. Isso também foi notado durante a análise da massa das plantas nesses terrários. A perda de água previamente retida no solo ressecado e o aumento da biomassa das plantas ocorrem devido à escassez de água para o processo fotossintético. Nos terrários que permaneceram no escuro, embora o solo tenha se mantido úmido por mais tempo, também ocorreu uma diminuição na massa das plantas devido à ausência de luz necessária para a fotossíntese.

5.2.6 Aula 9 - Vídeo carbono e Vida

Nesta aula, os estudantes assistiram a uma animação intitulada "*Carbono e Vida*" (Oliveira, Ometto; Loyolla, 2011), que explorou a relação entre o carbono e a massa dos seres vivos, com ênfase especial nas plantas. A animação abordou a presença de carbono na atmosfera e conexão com processos como a fotossíntese e a respiração celular. Além disso, destacou como o carbono é transferido ao longo da cadeia alimentar e sua importância nas plantas, evidenciando a captura de carbono e seu sequestro.

A animação concluiu enfatizando a importância de calcular a pegada de carbono, relacionando-a com a aula em que os estudantes primeiro calcularam e perceberam a quantidade de carbono que liberam na atmosfera. Isso foi acompanhado por uma sensibilização sobre a necessidade de minimizar o impacto

do carbono no meio ambiente devido às ações humanas. Após assistir à animação, os estudantes responderam à pergunta problematizadora: “Qual a relação do carbono da atmosfera com a vida?” e formularam suas hipóteses. As hipóteses mais comuns observadas entre os estudantes foram:

“A atmosfera age na proteção contra os raios UV, nas chuvas, retenção de calor”.

“Por conta das plantas que precisam de carbono para sobreviver. Sem carbono as plantas não conseguem fazer a fotossíntese”.

“Ele é responsável pelo efeito estufa, o que gera calor que por sua vez possibilita a vida”.

Após assistir a animação, os estudantes finalmente responderam a pergunta: Afinal, o carbono é herói ou vilão? As respostas mais comuns observadas entre os estudantes foram:

“Depende, porém ele é mais herói do que vilão”.

“O carbono é tanto herói quanto vilão. Apesar de ele ser mais herói. O carbono é necessário para a planta realizar a fotossíntese que soltam oxigênio para a atmosfera”.

“O carbono é herói, pois ele é responsável pela vida na Terra”.

“Ele é herói. Ele tem adaptação para a vida humana na atmosfera e adaptação climática”.

“O carbono é herói, porém o excesso dele tem feito mal para a atmosfera e para o aquecimento global e isso é devido à ação humana”.

5.3 TERCEIRO MOMENTO: APLICAÇÃO DO CONHECIMENTO

5.3.1 Aula 10 - Plantio de mudas de árvores

O fechamento foi feito a partir da exposição, interpretação e discussão dos resultados de todos os experimentos de forma integrada com os conceitos teóricos estudados. Este momento serviu para internalizar os conhecimentos adquiridos,

compreender os aspectos mais importantes e propor uma ação de sensibilização com o plantio de mudas nativas e ameaçadas de extinção, visando a contribuição dos estudantes para a neutralização do carbono. O propósito da calculadora empregada na primeira aula foi mostrar aproximadamente quanto de carbono emitimos na natureza. Como resultado dessa atividade, dependendo dos hábitos de consumo e gasto energético, a calculadora indicou quantas árvores seriam necessárias para compensar a emissão de carbono. Como parte da iniciativa de sensibilização para a preservação do meio ambiente e a redução das emissões de carbono, os estudantes foram convidados para participar de um plantio na área pertencente a aldeia Tupã Nhe'é Kretã que está situada dentro dos limites do Parque Nacional Guaricana, localizado em Morretes - PR, a cerca de 56,5 km do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves. Com aproximadamente 49.300 hectares, a Unidade de Conservação (UC), o Parque Nacional Guaricana é a mais extensa unidade de conservação de proteção integral do litoral e da Serra do Mar paranaenses, região que faz parte do maior remanescente de Mata Atlântica do Brasil (ICMBio, 2024, p. 11).

Este Parque Nacional abriga e protege espécies endêmicas e ameaçadas de extinção da fauna e flora brasileiras. Integra extensa região resguardada por áreas protegidas como terras indígenas e quilombolas, além de outras unidades de conservação de diferentes categorias e geridas em diferentes esferas (federal, estadual, municipal e privada). O Parque tem cerca de 90% de sua área sobreposta à APA Estadual de Guaratuba e está conectado por remanescentes florestais com o vizinho Parque Nacional de Saint-Hilaire/Lange. Além disso, compõe de forma importante outros territórios oficiais, como o Mosaico Lagamar, a área de tombamento da Serra do Mar e a Reserva da Biosfera da Mata Atlântica – RBMA e iniciativas como a Grande Reserva Mata Atlântica (ICMBio, 2024, p. 11).

O Parque Nacional Guaricana é uma reserva de conservação integral, onde a comunidade indígena desenvolve um projeto de restauração florestal com plantio de espécies nativas, com o intuito de fortalecer a regeneração natural e enriquecer a biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção. O objetivo da ação foi sensibilizar os estudantes para a importância da redução das emissões de carbono na atmosfera e do uso responsável dos recursos naturais.

A Aldeia Nhe'é Kretã está localizada na divisa entre os municípios de São José dos Pinhais e Morretes, próximo ao Rio Guaratuba, onde o Rio Arraial deságua.

É uma comunidade autodenominada Tupã Nhe'é Kretã, composta por representantes dos povos Guarani, Xetá e Kaingang. Situada na porção noroeste do parque, abrange a área do antigo cultivo de pinus da Fazenda Arraial e áreas bem preservadas entre o limite da UC, o rio Arraial e os cumes da Serra da Igreja. A área deste polígono foi preliminarmente delimitada na oficina de elaboração do plano de manejo como correspondente à microbacia do rio Guaratuba e refinada com a própria comunidade e FUNAI (ICMBio, 2024, p. 46).

A área foi anexada ao Parque Nacional Guaricana, após ser uma fazenda dedicada ao plantio de *Pinus* sp. para extração. A comunidade indígena Tupã Nhe'é Kretã ocupou o local há cerca de 15 anos com o objetivo de estabelecer uma aldeia. Como resultado dessa ação, diversas famílias aderiram à comunidade e passaram a colocar em prática algumas iniciativas, entre elas a implantação de uma escola indígena chamada Escola Estadual Emília Jera Poty e, posteriormente, a comunidade começou a desenvolver projetos ambientais e sociais.

Nesse contexto, em 2021, teve início o projeto financiado pelo Fundo Brasileiro para a Biodiversidade (FUNBIO) que visa a restauração florestal na região. Foram desenvolvidas atividades de capacitação em restauração em campo e, atualmente, estão sendo realizadas atividades de monitoramento com o uso de tecnologias. O objetivo é permitir que a comunidade se desenvolva em harmonia com o Parque Nacional Guaricana, frequentemente realizando ações voluntárias de mutirão para o plantio das mudas.

O projeto, financiado pelo FUNBIO, conta com diversos participantes, incluindo o executor, o Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento (Lactec), e os parceiros como a Companhia Paranaense de Energia (Copel), o Instituto Água e Terra (IAT), a Sociedade Chauá (que apoia na capacitação) e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), gestor do parque. Além do FUNBIO, o projeto também contou com o financiamento do Banco Alemão KFW, por meio do grupo chamado GEF Terrestre, com o objetivo de apoiar atividades próximas a unidades de conservação.

As mudas das espécies *Ilex paraguariensis* (erva-mate), *Cedrela fissilis* (cedro), *Araucária angustifolia* (pinheiro-do-paraná), *Eugenia uniflora* (pitanga) e a espécie endêmica da Mata Atlântica *Pseudobombax grandiflorum* (embiruçu) plantadas pelos estudantes do Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves (FIGURA 21) foram doadas pelo IAT após solicitação pelo site. A autorização e o agendamento do plantio das mudas na Aldeia Tupã Nhe'é Kretã foram obtidos por

meio de ofício aos cuidados do responsável pelo local. A saída de campo para o plantio ocorreu em horário de aula, sendo que os estudantes estavam munidos das autorizações previamente solicitadas aos responsáveis com informações sobre o objetivo da atividade, local, data e horário de saída e retorno (APÊNDICE 2). Para o deslocamento, foi fretado o transporte escolar, pago a partir da mobilização dos estudantes e da escola.

FIGURA 21 - ESTUDANTES REALIZANDO O PLANTIO DAS MUDAS NO PARQUE NACIONAL GUARICANA



FONTE: A autora (2023)

Os estudantes com impedimento de participar das atividades propostas em sala ou de se deslocar para a saída de campo não foram prejudicados em relação a notas e foram remanejados para a biblioteca ou laboratório de informática para a realização de um estudo dirigido sobre o tema e, em um segundo momento, foram convidados (FIGURA 22) a realizar a atividade de sensibilização na própria escola com plantio de mudas de *Euterpe edulis* (palmito-juçara), que também foram doadas pelo IAT, em uma área já escolhida pelos próprios estudantes.

FIGURA 22 - ESTUDANTES REALIZANDO O PLANTIO DAS MUDAS NO COLÉGIO ESTADUAL TANCREDO DE ALMEIDA NEVES



Fonte: A autora (2024)

6 DISCUSSÃO

A sequência didática realizada neste trabalho teve como objetivos estimular o educando a pensar analiticamente acerca do objeto do conhecimento proposto, identificar o elemento químico carbono como necessário à vida, compreender o ciclo do carbono, relacionar a importância da fotossíntese com a sobrevivência dos seres vivos, compreender o conceito de sequestro de carbono, ser capaz de se perceber como parte integrante do ambiente e verificar a importância da sensibilização em relação à sustentabilidade através da pegada de carbono e seguiu a metodologia dos três momentos pedagógicos.

Esta metodologia contribuiu para a estruturação da dinâmica de sala de aula na situação de estudo, permitindo que o ponto de partida da proposta pedagógica esteja ancorado em problemas que emergem das vivências dos estudantes (Gehlen *et al*, 2012).

Para promover uma aprendizagem significativa, os educadores podem usar estratégias para relacionar o novo conteúdo com o conhecimento prévio do estudante e atividades que incentivem a reflexão e a aplicação prática do conhecimento.

A aprendizagem significativa, de acordo com a Teoria de Ausubel, é definida como a organização e integração do material na estrutura cognitiva do indivíduo, propondo estratégias como o uso de organizadores prévios, a diferenciação progressiva e a reconciliação integradora (Silva *et al*, 2019 p. 8).

Ao reconhecer e integrar os conhecimentos prévios dos estudantes, os educadores podem facilitar a aprendizagem significativa e promover uma maior retenção do conhecimento (Sousa; Silvano; Lima 2018). Os aspectos relevantes da estrutura cognitiva que servem de ancoragem para a nova informação são denominados "subsunçores", e à medida que o conhecimento prévio é utilizado para atribuir significados à nova informação (Moreira, 2013).

Ao combinar a aprendizagem significativa com uma sequência didática baseada em investigação, os estudantes adquirem a oportunidade de construir conhecimento de maneira significativa.

A pegada de carbono está ligada às alterações climáticas, uma vez que as emissões de GEE provenientes de atividades humanas estão impulsionando o aquecimento global e suas consequências. A redução da pegada de carbono e a

mitigação das emissões de GEE são cruciais para limitar o impacto das mudanças climáticas e para a preservação do nosso planeta.

Devido à popularização dos interesses ambientais, começaram a aparecer iniciativas de compensação voluntária de emissões de carbono na internet. Estas neutralizações em geral se propõem a reduzir as emissões de GEE, sobretudo de indivíduos e eventos, a partir de valores elaborados com base em fatores de emissão abrigados implicitamente em “Calculadoras de Carbono” que fazem esse serviço, seja pela introdução de valores de consumo médio, de valor em moeda corrente dos hábitos de consumo, ou de comportamentos individuais cotidianos. O resultado é a “Pegada de Carbono” (Campos, 2011, p.9).

De acordo com Campos (2011), a pegada de carbono fornece uma visão sobre como nossos comportamentos são insustentáveis diante das mudanças climáticas. A compreensão dessa relação é um ponto de partida essencial para a adoção de práticas mais sustentáveis em nosso dia a dia. A sensibilização sobre nossa pegada de carbono nos capacita a tomar decisões embasadas e adotar comportamentos que possam ter um impacto positivo na luta contra as mudanças climáticas, criando assim um futuro mais sustentável e resistente para as gerações futuras.

No presente trabalho, os estudantes ficaram surpresos diante da quantidade de árvores que deveriam ser plantadas para compensar suas emissões de carbono e expressaram o desejo de realizar o plantio das mudas. O sequestro de carbono florestal é uma alternativa viável para amenizar o agravamento do processo de elevação da temperatura global, pelo aumento de GEE (Barreto, Paiva; Freitas, 2009). Portanto, as árvores desempenham um papel fundamental na absorção de CO₂ da atmosfera durante o processo de fotossíntese, capturando carbono em sua biomassa, contribuindo para a redução das concentrações de CO₂ na atmosfera.

Entretanto, é importante ressaltar que o plantio de árvores não constitui uma solução única e suficiente para enfrentar as mudanças climáticas. É fundamental reduzir as emissões de carbono, adotando medidas como a utilização de fontes de energia renovável e a redução do desperdício. Além disso, o plantio de árvores deve ser realizado de maneira cuidadosa. É importante escolher espécies de árvores adequadas ao ambiente local, preferencialmente escolhendo espécies nativas para garantir a manutenção ao longo prazo das florestas plantadas.

O método investigativo é fundamental no contexto das metodologias ativas, pois estimula os estudantes a fazer perguntas, coletar dados e desenvolver habilidades de pesquisa. Ao investigar os princípios por trás do efeito estufa e como ele afeta os ecossistemas, os estudantes desenvolvem uma compreensão das características naturais e de como as atividades humanas podem influenciá-los. Desta forma, uma prática pedagógica pautada em atividades investigativas e problematização dos conteúdos é uma proposta que visa superar o abismo entre o conhecimento científico escolar e os seus processos de produção (Moreira; Souza, 2016).

Para Gonçalves e Goi (2017), a experimentação investigativa é uma estratégia didática em que as atividades são observadas e solucionadas pelos estudantes através do levantamento de hipóteses, a formulação de estratégias, tomadas de atitudes, elaboração de experimentos e construção de conceitos científicos. Portanto, ao integrar metodologias ativas, métodos investigativos, aulas experimentais e terrários simulando ecossistemas e o efeito estufa, os educadores proporcionam uma experiência de aprendizado prático e envolvente. Isso ajuda os estudantes a compreender melhor as complexas interações entre o efeito estufa, os ecossistemas e o impacto humano no meio ambiente, ao mesmo tempo em que desenvolvem habilidades críticas, como pensamento científico, resolução de problemas e colaboração. Essa abordagem pedagógica não apenas enriquece o ensino, mas também capacita os estudantes para se tornarem cidadãos conscientes e responsáveis em relação às questões ambientais.

No entanto, segundo Oliveira (2021), é importante notar que a implementação de metodologias ativas e investigativas exige esforço e dedicação por parte dos educadores. Eles precisam planejar cuidadosamente as atividades, fornecer orientação e apoio aos estudantes e avaliar o progresso da forma adequada. Além disso, o ambiente de aprendizagem deve ser propício para esse tipo de abordagem, incluindo recursos, laboratórios bem equipados e materiais didáticos adequados.

A aula experimental é um componente essencial para o processo ensino-aprendizagem. Ela proporciona a oportunidade de aplicar o conhecimento teórico na prática, permitindo que os estudantes observem como os terrários simulam um ecossistema e como o efeito da estufa pode ser replicado em um ambiente controlado. Nesse contexto, os estudantes podem criar seus próprios

terrários, ajustar variáveis como temperatura, umidade e composição do ar e observar as consequências dessas mudanças no ecossistema. O papel fundamental das atividades experimentais é permitir que as explicações teóricas e conceituais se tornem mais acessíveis e eficientes e promovam uma aprendizagem significativa dos conceitos no ensino de Biologia (Mota; Cavalcante, 2012).

Os terrários são excelentes ferramentas para simular ecossistemas, pois são ambientes fechados que replicam as condições naturais de forma limitada. Para Ferreira *et al.*, (2020), o uso do terrário mostra-se uma boa ferramenta pedagógica para o ensino-aprendizagem de temas ligados ao ecossistema. A construção desse instrumento didático motiva os estudantes, fomentando a curiosidade sobre o funcionamento dos componentes que compõem os sistemas ecológicos (Ferreira *et al.*, 2020). Ao introduzir plantas, solo e água em um terrário, os estudantes podem observar como algumas interações ecológicas ocorrem e como o equilíbrio é restrito. Além disso, é possível introduzir um elemento de efeito estufa no terrário, como uma película plástica que atua como barreira à radiação infravermelha, para demonstrar o aumento de temperatura e as alterações no ecossistema.

Durante as observações, os estudantes notaram diversos aspectos relacionados aos quatro tipos de terrários utilizados nos experimentos. Puderam observar que o terrário aberto mantido no ambiente iluminado apresentou solo mais seco devido à evaporação da água, o que resultou na morte ou redução da quantidade de plantas. A temperatura dentro desses terrários foi semelhante à temperatura ambiente. No caso dos terrários fechados, observaram um acúmulo significativo de água condensada nas paredes, e as temperaturas ao longo de três semanas foram aproximadamente 2°C mais altas do que a temperatura ambiente.

Quanto aos terrários posicionados em um ambiente escuro, os estudantes notaram que os terrários abertos mantiveram a umidade do solo e as plantas se desenvolveram melhor. Por outro lado, os terrários fechados sem iluminação não produziram água condensada e mantiveram uma temperatura interna cerca de 1°C mais baixa que a temperatura ambiente. Os estudantes também observaram que, no ambiente escuro, as plantas dos terrários apresentavam uma tendência à morte devido à dificuldade da realização da fotossíntese devido à falta de luz. Em contraste, no ambiente claro, as plantas eram viáveis, apesar da temperatura mais elevada e da alta condensação devido à criação de um ambiente semelhante a uma estufa.

Nos terrários abertos mantidos em ambiente claro, os estudantes notaram a escassez de água devido à evaporação e ao ressecamento do solo, o que, conseqüentemente, resultou na morte das plantas ali presentes. Os estudantes tiveram a oportunidade de verificar as variações no aumento e na redução da massa das plantas, bem como as oscilações de temperatura, por meio da análise dos dados coletados e organizados em gráficos, utilizando as variações de temperatura dos terrários e a massa das plantas.

A diminuição da biomassa da planta em resposta à ausência de luz solar está diretamente relacionada ao processo de fotossíntese. A fotossíntese é o processo pelo qual as plantas e outros organismos fotossintéticos convertem a energia da luz solar em energia química, na forma de glicose e outros compostos orgânicos. Esse processo é fundamental para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Quando as plantas não recebem luz solar em quantidade adequada, vários efeitos negativos ocorrem, levando à diminuição da biomassa.

A metodologia ativa, como a rotação por estações, propõe uma abordagem mais dinâmica e participativa para o processo de ensino-aprendizagem. Nesse método, os estudantes circulam por diferentes estações de aprendizagem, cada uma com atividades específicas, que podem incluir leituras, experimentos, discussões em grupo, entre outras (Steinert; Hardoim, 2019). Para Conceição, Nunes e Pigatto (2021), a utilização do modelo de rotação por estações é considerada relevante e permite, a partir da retomada de conceitos importantes referentes aos temas tratados nas diferentes estações, verificar se os estudantes tiveram uma apropriação adequada desses conceitos. Na sequência didática aplicada, os estudantes se deslocavam entre as estações, sendo possível observar que eles procuravam identificar a produção de bolhas de oxigênio ao usar uma planta *Egeria densa*. Uma das observações feitas pelos estudantes foi a possibilidade de visualizar a produção de oxigênio em forma de bolhas, o que ocorre no ambiente aquático, mas não é visível no ambiente atmosférico.

Além disso, os estudantes procuram identificar as organelas chamadas de cloroplastos durante a observação das células vegetais presentes nas folhas da planta *Egeria densa*. Alguns estudantes já sabiam que os cloroplastos eram os responsáveis pela fotossíntese, embora parte deles não se lembrasse do nome da organela. No entanto, o objetivo foi melhorar a aprendizagem deste tópico, de modo

que os estudantes identificassem corretamente a organela como local onde as reações químicas da fotossíntese acontecem.

Nas estações 3 e 4, os estudantes puderam estabelecer uma conexão entre a coloração dos indicadores de pH e a produção de dióxido de carbono durante a expiração. Eles também observaram que na estação 3, a solução presente no tubo de ensaio que estava mais distante (a 200 cm) da fonte luminosa apresentava a mesma coloração amarelada daquela que estava em tubo envolto em papel alumínio, simulando um ambiente escuro, embora posicionado próximo à fonte luminosa (10 cm). Em ambas situações, os estudantes puderam perceber a relação entre a luz e a fotossíntese, concluindo que quanto maior a luminosidade, mais fotossíntese a planta realiza, enquanto que a distância da fonte de luz estimula maior produção de dióxido de carbono proveniente da respiração celular.

A utilização do seminário como uma opção de organização dos conhecimentos adquiridos por meio da experimentação, observação e levantamento de hipóteses é uma abordagem eficaz e enriquecedora. Os seminários são uma ferramenta de interação no processo de aprendizagem, e oferecem uma abordagem que promove a troca de conhecimento e o desenvolvimento de habilidades críticas.

O seminário como metodologia ativa vem sendo utilizado desde o ensino médio, graduação e pós-graduação devido à experiência educacional que este proporciona. Essa ferramenta confere aos estudantes o desenvolvimento de suas habilidades em pesquisa, autonomia, comunicação e argumentação oral através da “substituição” do professor por eles próprios. Os seminários podem ser divididos em três etapas, onde cada uma tem seu papel fundamental no desenvolvimento do estudante. São elas: preparação e planejamento da apresentação, onde o professor expõe os objetivos a serem alcançados; execução do trabalho, correspondente às pesquisas feitas pelos estudantes e sua posterior apresentação; e avaliação, onde o trabalho é analisado tanto pelo professor assim como os estudantes telespectadores de cada apresentação. (Capellato; Silva Ribeiro; Sachs, 2019, p. 7).

Já para Soares, Santos e Januário (2020):

A prática dos seminários, como estratégia de ensino nas aulas de pós-graduação stricto sensu, assim como nas aulas de graduação, como por exemplo, nas licenciaturas dedicadas à formação de professores, produz condições para que os estudantes envolvidos no processo desempenhem o papel de protagonistas de sua aprendizagem. (Soares, Santos; Januário, 2020, p. 85).

A partir das discussões ocorridas durante os seminários, em que os estudantes abordaram os temas relacionados ao efeito estufa, aquecimento global, mudanças climáticas e sequestro de carbono, perceberam conexões entre esses fatores, ficou claro que esses elementos estão frequentemente interligados durante as conversas. Uma das estratégias para mitigar as mudanças climáticas está relacionada ao entendimento da necessidade de agir em relação ao consumo e à liberação de carbono na atmosfera. Nesse contexto, o sequestro de carbono surge como uma das ações importantes. Foi destacado que o sequestro de carbono ocorre naturalmente por meio da ação de plantas e algas, graças ao processo químico da fotossíntese. Durante a divulgação, alguns estudantes questionaram o que poderia acontecer se a fotossíntese fosse interrompida. Surpreendentemente, eles mesmos concluíram que os seres vivos poderiam enfrentar sérias dificuldades para sobreviver na superfície da Terra caso esse processo fosse prejudicado.

A importância da aula de campo na educação ambiental e sua relação com o ensino de Biologia são temas fundamentais para o desenvolvimento de uma educação mais eficaz e significativa. Em seu artigo “A relação da educação ambiental com as aulas de campo e o conteúdo de biologia no ensino médio”, Lima (2014) destaca como as aulas de campo são recursos importantes para a compreensão das relações entre a Biologia e o ambiente.

Além da necessidade de valorização da prática da aula de campo como uma ferramenta metodológica e pedagógica no ensino dos estudantes sejam passadas para seus pais e suas futuras gerações na preservação e proteção desse ambiente rico em ecossistemas de imensa importância ecológica para o meio ambiente (Lopes; Teixeira; Melo, 2020, p.63).

A educação ambiental, por sua vez, visa sensibilizar os estudantes para questões ecológicas, promovendo a sensibilização sobre a importância da conservação dos recursos naturais e da biodiversidade. As aulas de campo permitem que os estudantes observem essas questões, despertando o interesse e o cuidado com o meio ambiente.

Durante o desenvolvimento das atividades propostas, a análise dos parâmetros dos terrários concentrou-se em analisar a temperatura e a massa das plantas, excluindo outros componentes e valores medidos no dia, como a massa da embalagem, da terra e da areia.

Ao comparar o terrário fechado com um aberto nos ambientes claro e escuro, os estudantes perceberam diferenças no aspecto do solo, da planta e da umidade. O aumento da massa observada teve origem na diferença da perda de água nos terrários abertos em comparação com os fechados, em que a umidade se manteve. Isso ficou evidente nos resultados obtidos por meio do monitoramento das condições de temperatura e massa da planta, compilados em histogramas. A exposição à radiação luminosa foi identificada como fator que influenciou no crescimento das plantas, relacionado ao processo de fotossíntese.

O objetivo foi determinar em que condições as plantas teriam melhor desenvolvimento. Os materiais inócuos como terra e cascalhos manteriam a sua massa devido ao curto período do experimento, entretanto, a massa das plantas seria alterada devido ao seu crescimento.

Os métodos investigativos aplicados nesta sequência didática foram bem aceitos pelos estudantes e permitiram a verificação das hipóteses levantadas pelos estudantes a partir da problematização "Carbono: Herói ou vilão?".

Através desta sequência didática com abordagem investigativa, foi possível aplicar a pesquisa-ação, que visa abordar problemas práticos e melhorar as práticas educativas através da colaboração ativa entre professores e estudantes (Pimenta, 2005).

A análise dos resultados do presente trabalho tornou evidente que o entendimento da importância do carbono, desde a sua presença na composição dos seres vivos até seu papel nas dinâmicas ambientais, na sobrevivência dos organismos e na capacidade de promover a sensibilização dos estudantes sobre sustentabilidade.

Além disso, os estudantes perceberam que a preservação das florestas contribui diretamente para a manutenção da biodiversidade e proteção dos ecossistemas.

Os estudantes foram incentivados a refletir sobre suas próprias práticas e a buscar soluções sustentáveis para os desafios ambientais atuais. Dessa forma, a educação ambiental se tornou uma ferramenta poderosa para promover mudanças positivas na sociedade. Com isso, buscou-se promover uma consciência ambiental mais ampla e participativa na sociedade, visando a construção de um futuro mais sustentável para as próximas gerações.

Além disso, estimulou-se a participação dos estudantes como cidadãos ativos na busca por soluções para os desafios ambientais enfrentados atualmente.

A interação entre teoria e prática proporcionada pela sequência didática contribuiu para uma aprendizagem mais significativa e contextualizada, permitindo aos estudantes compreenderem a importância da sustentabilidade de forma mais concreta. A abordagem ensino investigativo favoreceu a integração de diferentes conhecimentos, enriquecendo o processo de ensino-aprendizagem.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos demonstraram que a abordagem investigativa proposta na sequência didática contribuiu significativamente para o desenvolvimento dos estudantes, demonstrando sua relevância para a prática pedagógica na escola pública.

Os estudantes compreenderam que o carbono desempenha um papel importante no equilíbrio ambiental, mas sua emissão em excesso pode contribuir para o aquecimento global. Portanto, é fundamental que a sensibilização e ações práticas sejam implementadas para reduzir nossa pegada de carbono e preservar o meio ambiente para as gerações futuras através da percepção em adotar práticas sustentáveis em suas vidas diárias, contribuindo assim para a proteção do meio ambiente e para a mitigação das mudanças climáticas.

Portanto, é fundamental que as escolas incluam em seus currículos a educação ambiental, promovendo a sensibilização dos estudantes desde cedo. Além disso, é importante que os educadores sejam exemplos de práticas sustentáveis, incentivando os estudantes a adotarem comportamentos responsáveis em relação ao meio ambiente.

8 CONCLUSÕES

A partir dos dados obtidos nesta pesquisa, foi possível concluir que:

- Os estudantes demonstraram aceitação, envolvimento e motivação em atividades incluindo metodologias ativas.
- A abordagem investigativa permitiu que os estudantes observassem fenômenos naturais e procurassem explicações por meio de experimentação e pesquisas, contribuindo para o fortalecimento da educação científica e o raciocínio argumentativo.
- As metodologias aplicadas colaboraram para que os estudantes percebessem que carbono pode atuar como “herói”, uma vez que é essencial à vida, mas pode se tornar “vilão” dependendo de sua utilização.
- Os estudantes se sensibilizaram sobre a importância da adoção de abordagens sustentáveis para maximizar os benefícios contra as mudanças climáticas e perceberam que podem contribuir para melhorar o sequestro de carbono ao, por exemplo, plantar árvores.
- Considerando as condições de infraestrutura, a sequência didática proposta é executável em uma escola pública.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, U.P, SOUZA, T.G. **Introdução ao antropoceno** 1.ed. Recife: Nupeea, 2022.

ARTAXO, P. Uma nova era geológica em nosso planeta: o Antropoceno?. **Revista USP**, n. 103, p. 13-24, 2014. DOI: 10.11606/issn.2316-9036.v0i103p13-24. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/revusp/article/view/99279>. Acesso em: 02 set. 2022.

ALVARENGA, G. M. Portfólio: o que é e a que serve. **Olho Mágico**, Londrina, v. 8, n. 1, p. 18-21, 2001.

BACARIN, L. M. B. P. **Metodologias Ativas**. Curitiba: Contentus, 2020.

BARRETO, L. V.; FREITAS, A. C. S.; PAIVA, L. C. Sequestro de Carbono. **Enciclopédia Biosfera**, n.7. p. 1-10, 2009. Disponível em: <https://www.conhecer.org.br/enciclop/2009/sequestro.pdf>. Acesso em 20 mai. 2022.

BORGES, M. T. M. R. Introdução a Química do Carbono. **Repositório Digital de Materiais Didáticos - SEaD-UFSCar**. abr.2013. Disponível em <http://livresaber.sead.ufscar.br/handle/123456789/1310>. Acesso em 27 ago.2022.

BRASIL. Ministério da Educação - MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018 Disponível em http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf. Acesso em 20 mai. 2022.

BRASIL, Lei nº 9.795, de 27 de abril de 1999. Dispõe sobre a educação ambiental, institui a política nacional de educação ambiental e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n.79, 28 abr. 1999. Seção 1, p. 1.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Integração da Adaptação baseada em Ecossistemas (AbE) no planejamento do desenvolvimento: Uma formação orientada para a prática baseada no Guia de Políticas da OCDE**. Brasília, DF, 2018.p.25.Disponível em <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/arquivos/arquivo-3-apostila-curso-abe-novo.pdf>. Acesso em 23 nov. 2023.

BRITO, L. O. DE .; FIREMAN, E. C. Ensino de ciências por investigação: uma estratégia pedagógica para promoção da alfabetização científica nos primeiros anos do ensino fundamental. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências** , v. 18, n. 1, p. 123–146, jan. 2016. Disponível em <https://www.scielo.br/j/epec/a/mhnc5kG5WVLGNZMsBwwVbBJ/?lang=pt#>. Acesso em: 19 nov. 2023.

BRITO, B.W. da C.S.; BRITO, L.T.S.; SALES, E. de S.S. Ensino por investigação: uma abordagem didática no ensino de ciências e biologia. **Revista Vivências em Ensino de Ciências**, Pernambuco, v. 5, n. 2, p. 54-60. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/vivencias>. Acesso em: 31 mar. 2024.

CAPELLATO, P., SILVA R., L. M. , SACHS, D. Metodologias Ativas no Processo de Ensino - Aprendizagem Utilizando Seminários como Ferramentas Educacionais no Componente Curricular Química Geral. **Research, Society and Development**. v.8. n.6. Disponível em:file:///C:/Users/vanes/Downloads/Dialnet-MetodologiasAtivasNoProcessoDeEnsinoAprendizagemUt-7164708.pdf. Acesso em 02 nov. 2023.

CAMPOS, R.F. Pegada de Carbono: A Relação Entre Mudanças Climáticas E Hábitos Insustentáveis. **Revista Geográfica de América Central**, v.2. p. 1-16. Disponível em: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=451744820860>. Acesso em 31 out. 2023.

CONCEIÇÃO *et al.* O modelo de rotação por estações como estratégia para o ensino de ecologia: um relato de experiência na educação de jovens e adultos. **Revista Valore**, Volta Redonda, v.6. Edição Especial, p. 1389-1399, jul.2021. Disponível em file:///C:/Users/vanes/Downloads/894-2447-1-SM.pdf. Acesso em 25 nov.2023.

DIAS-FILHO, M. B. **A fotossíntese e o aquecimento global**. 1.ed, Belém: Embrapa Amazônia Central, 2006.

FERREIRA, M.F.R. *et al.* Terrário como instrumento didático-pedagógico para o ensino sobre ecossistema. **Scientia Amazonia**. Maranhão. v. 9, n.1.p.10-15, abr. 2020. Disponível em file:///C:/Users/vanes/Downloads/v9-n1-E10-E15-2020%20(1).pdf. Acesso em 25 nov.2023.

LOPES, P.D.P.; TEIXEIRA, N. S.; MELO, L. de M.R. Aplicação da aula de campo como uma prática efetiva para a educação ambiental: o estudo de caso da Escola Municipal de Ensino Fundamental Nossa Senhora da Consolação de Jericoacoara, Ceará. **Revista Eletrônica Casa de Makunaima**, [S. l.], v. 2, n. 4, p. 55–64, 2020. Disponível em: https://periodicos.uerr.edu.br/index.php/casa_de_makunaima/article/view/682.. Acesso em: 25 nov. 2023.

LOPES, N. P. G.; KAWABE, L. de A.; SLOMPO, C. S. **Formação continuada: mudanças climáticas globais e seus efeitos nos ambientes marinhos costeiros** Santo André : UFABC , 2014. p.6.

GALIAZZI, M. do C. Portfólios: escrever em rodas de formação. **Revista Extensão em Foco**, Palotina, n. 25 (Especial), p. 1-16, dez. 2021.

GEHLEN, S.T.; MALDANER, O.A.; DELIZOICOV, D. Momentos pedagógicos e as etapas da situação de estudo: complementaridades e contribuições para a educação em ciências. **Ciência & Educação**, v. 18, n. 1, p. 1-22, 2012.

GONÇALVES, R. P. N.; GOI, M. E. J. A experimentação investigativa no ensino de ciências na educação básica. **Revista Debates em Ensino de Química**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 207–221, fev.2019. Disponível em:

<https://www.journals.ufrpe.br/index.php/REDEQUIM/article/view/1840>. Acesso em: 26 nov. 2023.

GRZEBIELUKA, D.; SILVA, J. A. Educação ambiental na escola: do Projeto Político Pedagógico a prática docente. **Revista Monografias Ambientais**, , v. 14, n. 3, p. 76–101, 2015. DOI: 10.5902/2236130818693. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/remoa/article/view/18693>. Acesso em: 20 nov. 2023.

INSTITUTO CHICO MENDES DE CONSERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE (ICMBio). **Plano de manejo Parque Nacional Guaricana**. Brasília, 2024. Disponível em:

https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/mata-atlantica/lista-de-ucs/parna-guaricana/arquivos/copy_of_Plan_o_Manejo_PNGuaricana_mar24.pdf. Acesso em: 07 abr. 2024.

IPCC, 2022: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

IPCC 2001: **Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability**-Contribution of Working Group 2 to the IPCC Third Assessment Report. Cambridge Univ. Press. 2001.

LAYRARGUES, P. P.; LIMA, G. F. da C. As macrotendências político-pedagógicas da Educação ambiental brasileira. **Ambiente & Sociedade**. São Paulo v. 17, n. 1 n p. 23-40, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/asoc/a/8FP6nynhjdZ4hYdqVFdYRtx/>. Acesso em: 31 mar. 2024.

LIMA, R. A.; BRAGA, A. G. S. Relação com o campo das aulas de educação ambiental e o conteúdo de biologia na escola. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v.18, n.4, p. 1347-1348, 2014. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/14799>. Acesso em 02 nov. 2023.

MACHADO, P.L.O de A. Carbono do solo e a mitigação da mudança climática global. **Quím. Nova**, v. 28, n.2, p. 329-334, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0100-40422005000200026>. Acesso em 26 ago. 2022.

MARTINS, C. R. *et al.*, Ciclos globais de carbono, nitrogênio e enxofre: a importância na Química da atmosfera. **Cadernos temáticos de química nova na escola**, São Paulo, n. 5, p. 28-41, nov. 2003. Disponível em <https://ria.ufrn.br/jspui/handle/123456789/1383>. Acesso em 25 nov.2023.

MORÁN, J.; SOUZA, C.A. e MORALES, O.E.T. (orgs). Mudando a educação com metodologias ativas. **Coleção Mídias Contemporâneas. Convergências Midiáticas, Educação e Cidadania: aproximações jovens**. vol 2. Ponta Grossa: UEPG/PROEX.2015 Disponível em:

https://moran.eca.usp.br/wp-content/uploads/2013/12/mudando_moran.pdf. Acesso em: 25 nov. 2023.

MOREIRA, L.C.; SOUZA, G.S.de. O uso de atividades investigativas como estratégia metodológica no ensino de microbiologia: um relato de experiência com estudantes do ensino médio. **Revista experiências em ensino de Ciências**, Bahia, v. 11 n. 3. 17 p. out. 2020. Disponível em <https://fisica.ufmt.br/eenciojs/index.php/eenci/article/view/580/550>Acesso em 25 nov.2023.

MOTOKANE, M. T. Sequências didáticas investigativas e argumentação no ensino de ecologia. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 17, n. spe, p. 115–138, nov. 2015. Disponível em <https://www.scielo.br/j/epec/a/xL8cWSV4frJyzqPfc35NgXn/?lang=pt#>. Acesso em: 19 nov. 2023.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciência e educação (Bauru)**. v. 20, n. 3, p. 617-638. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300007>. Acesso em 30 ago. 2022

NASCIMENTO, L. A. e L. do; RÔÇAS, G. Portfólio: uma opção de avaliação integrada para o ensino de Ciências. **Estudos em Avaliação Educacional** v. 26, n. 63, p. 742–767, 2015. DOI: 10.18222/eae.v0ix.3209. Disponível em: <https://publicacoes.fcc.org.br/eae/article/view/3209>. Acesso em: 19 nov. 2023.

NARCIZO, K. R. dos S. Uma análise sobre a importância de trabalhar educação ambiental nas escolas. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande do Norte, v. 22, 2012. DOI: 10.14295/remea.v22.p.88. i0.2807. Disponível em: <https://periodicos.furg.br/remea/article/view/2807>. Acesso em: 27 ago. 2022.

OLIVEIRA, D. M. **Aulas experimentais investigativas e a metodologia de rotação por estações de aprendizagem: uma proposta para análise de fontes de água no ensino de biologia e química**. Trabalho de conclusão de curso de especialização (Ensino em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2021.

OLIVEIRA, D.L. de.; ELLIOT, L.G. **O Portfólio como Instrumento de Avaliação da Aprendizagem em Escola Montessoriana**. Meta: Avaliação | Rio de Janeiro, v. 4, n. 10, p. 28-55, jan./abr. 2012. Disponível em <file:///C:/Users/vanes/Downloads/133-691-6-PB.pdf>. Acesso em: 19 nov. 2023.

OLIVEIRA, G.S; OMETTO, J.P.H.B.; LOYOLLA, E.F.C. Carbono e vida. **YouTube**. 2011 Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSiU6N8tBzl>. Acesso em: 20 mai. 2022.

ONÇA, D. de S.; FELICIO, R. A. Dióxido de carbono: gás da vida ou poluente atmosférico?. **Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista** , [S. l.], v. 7, n. 8, 2011. DOI: 10.17271/19800827782011195. Disponível em:

https://publicacoes.amigosdanatureza.org.br/index.php/forum_ambiental/article/view/195. Acesso em: 20 mai. 2022.

ONU. United nations, department of economic and social affairs. **The United Nations**, Population Division, Population Estimates and Projections Section, 2012.

PARANÁ. Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED). **Referencial Curricular para o novo ensino médio do Paraná 2022**.

Disponível em

https://professor.escoladigital.pr.gov.br/sites/professores/arquivos_restritos/files/documento/2022-11/ensino_medio_curriculo_formacao_geral_basica.pdf. Acesso em 20 mai. 2022.

PEIXOTO, P.H.P. ; PIMENTA, M.R.; REIS, L.B. **Fisiologia vegetal: uma abordagem prática em multimídia**. Universidade Federal de Juiz de Fora. 88 pp., s.d.

Disponível em

<https://docplayer.com.br/108400169-Fisiologia-vegetal-uma-abordagem-pratica-em-multimidia.html> Acesso em 21 dez. 2022.

PIMENTA, S.G. Pesquisa-ação crítico-colaborativa: construindo seu significado a partir de experiências com a formação docente. **Educação & Pesquisa**, v. 31, n. 3, p. 521-539, set./dez. 2005.

PINTO. G.E.; PIRES. A.; GEORGES, M.R.R. **O Antropoceno e a mudança climática: a percepção e a consciência dos brasileiros segundo a pesquisa IBOPE**. vol. 54, p. 1-25, jul./dez. 2020. DOI: 10.5380/dma.v54i0.67833. e-ISSN 2176-9109. Disponível em <https://core.ac.uk/download/pdf/328065841.pdf>. Acesso em 19 nov. 2023.

RAPOSO, M. B. T.; SILVA, M. L. DA. Avaliação no ensino médio: o portfólio como proposta. **Cadernos de Educação**, n. 42, 11. Disponível em <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/caduc/article/view/2157>. Acesso em 19 nov.2023.

SANTOS, A. A. C. E. ; SOUZA, M. P. R. DE . Cadernos escolares: como e o que se registra no contexto escolar?. **Psicologia Escolar e Educacional**, v. 9, n. 2, p. 291–302, dez. 2005.

SCARPA, D.L.; CAMPOS, N.F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. **Estudos Avançados**, v. 32, n. 94, p. 25-41, 2018.

SEABRA, A. D. *et al.* **Metodologias ativas como instrumento de formação acadêmica e científica no ensino em ciências do movimento** . Educação e Pesquisa, v. 49, p. e255299, 2023. Disponível em

<https://www.scielo.br/j/ep/a/5cXxspYRzTx8QfPJShVQ4Gn/?lang=pt>. Acesso em: 19 nov. 2023.

SILVA, F.R. et al. A relação da teoria cognitiva da aprendizagem significativa com a concepção de Ensino Médio Integrado na Educação profissional e tecnológica. **Revista Semiárido De Visu**, Petrolina, v. 7, n. 2, p. 179-193, 2019. Disponível em

<https://periodicos.ifsertao-pe.edu.br/ojs2/index.php/semiaridodevisu/article/view/1058>
. Acesso em: 31 mar. 2024.

SOARES, M.C.R.A.; SANTOS, F.A.; JANUARIO, G. O seminário como uma estratégia de ensino na formação Pós-graduada em educação. **Revista de Iniciação à Docência**, v. 5, n. 3, 12. p, mar.2021. Disponível em <file:///C:/Users/vanes/Downloads/8316-Texto%20do%20artigo-17648-1-10-20210328.pdf>. Acesso em 25nov.2023.

SOUSA, C. O., SILVANO, A. M. da C., LIMA, I. P. de. Teoria da aprendizagem significativa na prática docente. **Revista Espacios**. Venezuela. v. 39, n. 23. 2018, p. 27. Disponível em: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n23/a18v39n23p27.pdf>. Acesso em: 31 mar. 2024.

STEINERT, M.E.P.; HARDOIM, E. L. Rotação por estações na escola pública: limites e possibilidades em uma aula de biologia. **Ensino em foco**. v. 2, n. 4, p. 11-24, abr. 2019. Disponível em <file:///C:/Users/vanes/Downloads/ensinoemfoco,+Editor+de+se%C3%A7%C3%A3o,+1+steiner.+ROTA%C3%87%C3%83O.pdf>. Acesso em 02 nov. 2023.

ZARBIN, A.J.G. Carbono: essencial e versátil. **Ciência Hoje**. Disponível em <https://cienciahoje.org.br/artigo/carbono-essencial-e-versatil>. Acesso em 20 mai. 2022 .

ANEXO 1 - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Carbono: Herói ou vilão?

Pesquisador: Flavia Sant Anna Rios

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 66404222.9.0000.0214

Instituição Proponente: Universidade Federal do Paraná - Ciências Humanas e Sociais

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.978.276

Apresentação do Projeto:

Trata-se de um projeto de mestrado do Programa Mestrado Profissional em Ensino de Biologia em Rede Nacional. A proposta é de desenvolvimento de "sequência didática investigativa como método para alcançar os objetivos propostos, de modo que os estudantes possam compreender que o vilão do meio ambiente não é o carbono (como muitos pensam), mas sim o ser humano, responsável por sua emissão de forma desgovernada". A atividade será desenvolvida no Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves – Ensino Fundamental e Médio e os estudantes envolvidos serão aqueles regularmente matriculados em duas turmas de 1o série do ensino médio do período matutino.

Objetivo da Pesquisa:

A pesquisa apresenta como objetivo geral: "Compreender que o elemento químico carbono está diretamente relacionado com a sobrevivência dos seres vivos através da aplicação de metodologias ativas envolvendo abordagem investigativa".

E 4 objetivos específicos:

Identificar como metodologias ativas são aceitas pelos estudantes como um método diferenciado;

Utilizar o modelo metodológico escolhido para a aplicação de uma sequência didática;

Propiciar a compreensão ao educando que o conhecimento científico é dialético e está sempre em transformação;

Preparar, aplicar e disponibilizar uma sequência didática sobre o carbono como elemento químico

Endereço: Rua General Carneiro, 460, Edifício D. Pedro I, 11º andar, sala 1121

Bairro: Centro

CEP: 80.060-150

UF: PR

Município: CURITIBA

Telefone: (41)3360-5094

E-mail: cep_chs@ufpr.br

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO
PARANÁ - CIÊNCIAS
HUMANAS E SOCIAIS**



Continuação do Parecer: 5.978.276

TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	CEP_CHS_TALE.docx	26/12/2022 16:45:04	Flavia Sant Anna Rios	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoPesquisaCarbono.pdf	26/12/2022 16:41:42	Flavia Sant Anna Rios	Aceito
Outros	QuestionarioCalculadoraCO2.pdf	26/12/2022 16:30:38	Flavia Sant Anna Rios	Aceito
Folha de Rosto	folhaDeRostoVanessa.pdf	26/12/2022 16:30:24	Flavia Sant Anna Rios	Aceito
Outros	Concordancia_dos_servicos_envolvidos.pdf	17/12/2022 11:02:54	VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS	Aceito
Declaração de concordância	Condordancia_de_coparticipacao.pdf	17/12/2022 11:02:29	VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS	Aceito
Outros	ATA.pdf	17/12/2022 10:54:23	VANESSA CRISTINA FABRI SANTOS	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CURITIBA, 31 de Março de 2023

Assinado por:
Simone Cristina Ramos
(Coordenador(a))

Endereço: Rua General Carneiro, 460, Edifício D. Pedro I, 11º andar, sala 1121
Bairro: Centro **CEP:** 80.060-150
UF: PR **Município:** CURITIBA
Telefone: (41)3360-5094 **E-mail:** cep_chs@ufpr.br

ANEXO 2 - DECLARAÇÃO DE AUTORIZAÇÃO



SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
DEPARTAMENTO DE DESENVOLVIMENTO CURRICULAR - CAA
SETOR DE ARTICULAÇÃO ACADÊMICA – NRE A M NORTE

DECLARAÇÃO

Declaramos para os devidos fins que a Pesquisadora Principal: Flavia Sant'Anna Rios e a Pesquisadora Assistente: Vanessa Cristina Fabri Santos, da Universidade Federal do Paraná, conforme o Anexo V – Termo de Concordância da Unidade Coparticipante: Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves – Colombo, que consta no Protocolo nº 19.817.148-4 (Fls. 28), está autorizada a realizar a Pesquisa Acadêmica Científica na respectiva escola.

Diante disso, o NRE A M Norte é favorável à realização da pesquisa, considerando que o Projeto “Carbono: Herói ou Vilão?”, está de acordo com o desenvolvimento dos objetivos e o Setor de Articulação Acadêmica deste NRE já recebeu o Parecer Consubstanciado do Comitê de Ética – da Universidade Federal do Paraná, Número do Parecer: 5.978.276, datado: 31/03/2023, aprovando o referido projeto, que será aplicado para estudantes do Ensino Médio.

Após receber a Declaração de Autorização do NRE para a realização da pesquisa acadêmica e científica, as pesquisadoras ficam cientes de que deverão: 1º) entregar esta Declaração na escola citada acima, na qual pretende aplicar a pesquisa. 2º) encaminhar ao final do trabalho, via *e-mail*, para os endereços: caa.seed@escola.pr.gov.br com cópia para: nreamn_saa@escola.pr.gov.br, um arquivo em PDF com os resultados do Projeto, contendo todas as informações coletadas durante a pesquisa, e outro arquivo com a versão final do Plano de Ação, para que a SEED disponibilize o respectivo material no Portal dia a dia Educação.

Por ser verdade, firmamos a presente.

Curitiba, 25 de abril de 2023.

Técnica Pedagógica – Representante da CAA/NRE - Rosi Nara Egues Tormann

Chefe do NRE AMN – Silvia Vieira Dias - Dec. nº 522/2023

NRE A M Norte - Rua Joaquim Nabuco, nº 968 – Tingüi – 82.620-060 - 3251-6571

Assinatura Avançada realizada por: **Rosi Nara Tormann (XXX.183.200-XX)** em 26/04/2023 09:06 Local: SEED/MTN/SAA, **Silvia Vieira Dias (XXX.275.409-XX)** em 26/04/2023 10:52 Local: SEED/MTN/CH. Inserido ao protocolo **19.817.148-4** por: **Rosi Nara Tormann** em: 26/04/2023 09:01. Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021. A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço: <https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o



ePROTOCOLO



Documento: **Declaracao_AutorizacaoNRE_VANESSAFABRI.pdf**.

Assinatura Avançada realizada por: **Rosi Nara Tormann (XXX.183.200-XX)** em 26/04/2023 09:06 Local: SEED/MTN/SAA, **Silvia Vieira Dias (XXX.275.409-XX)** em 26/04/2023 10:52 Local: SFFD/MTN/CH.

Inserido ao protocolo **19.817.148-4** por: **Rosi Nara Tormann** em: 26/04/2023 09:01.



Documento assinado nos termos do Art. 38 do Decreto Estadual nº 7304/2021.

A autenticidade deste documento pode ser validada no endereço:
<https://www.eprotocolo.pr.gov.br/spiweb/validarDocumento> com o código:
520f1a91cd17e419e7ee9cc069e49d38.

ANEXO 3 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Carbono: Herói ou Vilão

Pesquisadora Responsável: Professora Dra. Flavia Sant'Anna Rios

Pesquisadora assistente: Vanessa Cristina Fabri Santos

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves

Endereço: Rua da Tiriva, 88 - Arruda, Colombo - PR, 83401-380

Seu/sua () filho, () filha ou () adolescente sob sua responsabilidade está sendo convidado/a a participar de uma pesquisa. Este documento, chamado Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, visa assegurar os direitos dele/dela como participante da pesquisa. Por favor, leia com atenção e calma, aproveitando para esclarecer suas dúvidas. Se houver perguntas antes ou mesmo depois de assiná-lo, você poderá esclarecê-las com a pesquisadora. Você é livre para decidir se **ele/a** pode participar e pode desistir a qualquer momento sem que isto lhe traga prejuízo algum.

A pesquisa intitulada “Carbono: herói ou vilão?” tem como objetivo realizar e testar atividades escolares com novas metodologias a respeito do elemento químico carbono e seu papel na natureza. Esta pesquisa faz parte do projeto de mestrado da professora de Biologia Vanessa Cristina Fabri Santos junto à Universidade Federal do Paraná. As atividades serão realizadas durante o período normal das aulas de Biologia no Colégio Tancredo de Almeida Neves entre março e junho de 2023 (cerca de 12 aulas).

Participando do estudo **ele/a** está sendo convidado a:

- preencher formulário na internet sobre hábitos de consumo (pegada de carbono) no laboratório de informática. O tempo de preenchimento é de cerca de 10 minutos;
- realizar experimentos com plantas em diferentes condições e observações utilizando microscópio (aulas práticas);
- fazer pesquisas na internet e depois apresentar trabalho na forma de seminário (em grupo);
- participar de debates com os colegas e a professora em sala de aula;
- realizar registros das aulas por escrito (portfólio);
- participar de atividade prática envolvendo plantas fora da escola (em um parque, praça ou terreno arborizado em Colombo). O deslocamento será feito com ônibus saindo da escola e retornando para o mesmo local no horário normal das aulas. Será enviado um bilhete avisando a data da excursão e será solicitado a sua autorização para o(a) adolescente participar.

Desconfortos e riscos: Este projeto não oferece riscos aos(as) adolescentes, pois estarão dentro de sua rotina escolar. Entretanto, caso eles(as) sintam-se desconfortáveis em participar de qualquer etapa poderão avisar a professora, que lhes dará a opção de fazer uma atividade diferente, sem que haja qualquer prejuízo para sua aprendizagem e suas notas. Por outro lado, se aceitarem participar, terão a oportunidade de aprender Biologia de uma forma mais dinâmica e motivadora.

Sigilo e privacidade: Você tem a garantia de que a identidade **dele/a** será mantida em sigilo e nenhuma informação será dada a outras pessoas que não façam parte da equipe de pesquisadores. Na divulgação dos resultados desse estudo, o nome dele/dela não será citado.

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____



Os dados obtidos para este estudo serão utilizados unicamente para essa pesquisa e armazenados pelo período de cinco anos após o término da pesquisa, sob responsabilidade do (s) pesquisador (es) responsável (is) (Resol. 466/2012 e 510/2016).

Ressarcimento e Indenização: Não haverá nenhuma despesa por parte dos estudantes e seus responsáveis. Todos os custos da pesquisa serão pagos pela professora de Biologia ou sua orientadora na Universidade. Você terá a garantia ao direito à indenização diante de eventuais danos decorrentes da pesquisa.

Contato: Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o/a pesquisador/a Professora Vanessa Cristina Fabri Santos na própria escola (Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves, Rua da Tiriva, 88 - Arruda, Colombo - PR, 83401-380), pelo telefone (41) 99946-8550, pelo E-mail vanessacfabri@gmail.com ou então com a Professora Flavia Sant'Anna Rios no Centro Politécnico, Setor de Ciências Biológicas, Departamento de Biologia Celular, no endereço: Avenida Coronel Francisco Heráclito dos Santos, 100, Centro Politécnico - Jardim das Américas, Caixa Postal 19031 – CEP: 81531-990, Curitiba/PR, (41) 3361-1682/1542, e-mails: flaviasrios@ufpr.br, no horário comercial, para fornecer-lhe as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.

Em caso de denúncias ou reclamações sobre a participação do(a) adolescente sob sua responsabilidade, e sobre questões éticas do estudo, você poderá entrar em contato com a secretária do Comitê de Ética em Pesquisa em Ciências Humanas e Sociais do Setor de Ciências Humanas (CEP/CHS) da Universidade Federal do Paraná, rua General Carneiro, 460 – Edifício D. Pedro I – 11º andar, sala 1121, Curitiba – Paraná ou pelo e-mail cep_chs@ufpr.br.

O Comitê de Ética em Pesquisa (CEP): O papel do CEP é avaliar e acompanhar os aspectos éticos de todas as pesquisas envolvendo seres humanos. A Comissão Nacional de Ética em Pesquisa (CONEP), tem por objetivo desenvolver a regulamentação sobre proteção dos seres humanos envolvidos nas pesquisas. Desempenha um papel coordenador da rede de Comitês de Ética em Pesquisa (CEPs) das instituições, além de assumir a função de órgão consultor na área de ética em pesquisas

Este documento é elaborado em duas vias, assinadas e rubricadas pelo/a pesquisador/a e pelo/a participante/responsável legal, sendo que uma via deverá ficar com você e outra com o/a pesquisador/a.

Esta pesquisa foi submetida ao Comitê de Ética em Pesquisa com seres humanos da UFPR sob o número CAAE nº [66404222.9.0000.0214] e aprovada com o Parecer número [5.978.276] emitido em [31/03/2023].

Consentimento livre e esclarecido:

Após ter lido este documento com informações sobre a pesquisa e não tendo dúvidas informo que autorizo a participação do meu/minha _____ (filho, filha, neto, neta, etc) .

Nome do/a adolescente participante da pesquisa:

Nome e assinatura do/a pai/mãe ou responsável

_____ Data: ____/____/____.

[Assinatura do/a participante da pesquisa ou do seu RESPONSÁVEL LEGAL]

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

ANEXO 4 - TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TALE)



TERMO DE ASSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título do Projeto: Carbono: Herói ou Vilão

Pesquisadora Responsável: Professora Dra. Flavia Sant'Anna Rios

Pesquisadora assistente: Vanessa Cristina Fabri Santos

Local da Pesquisa: Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves

Endereço: Rua da Tiriva, 88 - Arruda, Colombo - PR, 83401-380

Você está sendo convidado/a para participar da pesquisa “Carbono: herói ou vilão?”. Seus pais ou responsáveis legais permitiram que você participe. Queremos saber se a realização de algumas atividades práticas podem ajudar os estudantes a compreender melhor o papel do carbono na natureza. Você não precisa participar da pesquisa se não quiser, é um direito seu, não terá nenhum problema se desistir. A pesquisa será feita no Colégio Tancredo de Almeida Neves, durante as aulas de Biologia, onde serão realizadas aulas práticas, experimentos, debates, uso do laboratório de informática, pesquisa na internet, apresentação de seminário e excursão para fora da escola. Ao participar da pesquisa, você pode se sentir constrangido(a) em falar em público ou talvez desconfortável em fazer algum experimento, trabalhar em equipe, ou não queira participar de atividade fora da escola. Caso alguma situação destas aconteça, você pode falar diretamente com a professora Vanessa na escola e ela lhe oferecerá atividades alternativas, de modo que você não terá nenhum tipo de prejuízo, ou ainda nos procurar pelos telefones (41) 99946-8550 ou (41) 3361-1542 ou E-mail vanessacfabri@gmail.com. Mas há coisas boas que podem acontecer, pois realizaremos atividades escolares diferentes e motivadoras, como experimentos, aulas práticas com microscópio e uma excursão. Não falaremos suas informações a outras pessoas de fora da nossa equipe de pesquisa. Os resultados da pesquisa vão ser publicados, mas não será dito os nomes das pessoas que participaram da pesquisa, ou seja, seu nome e sua imagem serão mantidos em sigilo. Quando terminarmos a pesquisa os resultados serão publicados na forma de uma dissertação de mestrado e um artigo, que ficarão disponíveis na internet, mas sem identificar você. Se você tiver alguma dúvida, você pode me perguntar (Professora de Biologia Vanessa Cristina Fabri Santos) ou à minha orientadora (Professora Flavia S. Rios). Os telefones de contato estão na parte de cima deste texto.

Eu _____ aceito participar da pesquisa “Carbono: herói ou vilão?”, que tem o/s objetivo/s realizar e testar atividades escolares com novas metodologias a respeito do elemento químico carbono e seu papel na natureza. Entendi as coisas ruins e as coisas boas que podem acontecer. Entendi que posso dizer “sim” e participar, mas que, a qualquer momento, posso dizer “não” e desistir que ninguém vai ficar zangado. Os pesquisadores tiraram minhas dúvidas e conversaram com os meus responsáveis. Recebi uma cópia deste termo de assentimento e li e concordo em participar da pesquisa.

Vanessa Cristina Fabri Santos
Assinatura de termo digital por Vanessa Cristina Fabri Santos
 Data: 2023.04.08 08:42:01 -02'00'

Assinatura do/a participante

Assinatura do/a pesquisador/a

Rubrica do pesquisador: _____ Rubrica do participante: _____

APÊNDICE 1 - ROTEIRO PARA REGISTRO DAS VARIÁVEIS

ROTEIRO

***Antes de montar o terrário, vocês devem:

1. Registrar a data: _____, a hora: _____ e a temperatura ambiente: _____
2. Verificar a massa da embalagem vazia e sem tampa e anotar: _____
3. Verificar a massa da manta bidim e anotar: _____
4. Verificar a massa da planta (sem terra): _____

***Montar o terrário como segue a imagem abaixo:



Planta

Terra – 3 a 4 cm

Areia – 2 cm

Manta bidim

Pedra – 1 cm

***Descontar a massa da embalagem e da manta bidim em todas as medidas.

5. Verificar a massa do terrário sem água e sem planta e anotar: _____
6. Verificar a massa do terrário com planta e anotar: _____
7. Colocar com a seringa a água.
8. Verificar a massa do terrário com água e planta e anotar: _____
9. Colocar a tampa e passar a fita ao redor para "lacrar".
10. Colocar a data na etiqueta e colar na embalagem.
11. Acondicionar no ambiente escolhido.

Espaço para anotações:

APÊNDICE 2 - AUTORIZAÇÃO PARA A SAÍDA DE CAMPO

Autorização para a Saída de Campo ao Parque Nacional Guaricana

Durante cinco meses, nas aulas de Biologia, os estudantes do primeiro ano participaram do projeto intitulado "Carbono: Herói ou Vilão?" Em uma das aulas, os estudantes realizaram uma atividade utilizando uma calculadora de carbono. O propósito dessa calculadora era mostrar quanto de carbono emitimos na natureza. Como resultado dessa atividade, dependendo da quantidade de carbono emitida na atmosfera, a calculadora indicava quantas árvores seriam necessárias para compensar essa emissão. Contudo, como parte de nossa iniciativa de sensibilização para a preservação do meio ambiente e a redução das emissões de carbono, convidamos os estudantes a participar de um plantio simbólico na área pertencente a aldeia **Tupã Nhe'é Kretã** que está situada dentro dos limites do **Parque Nacional Guaricana**, localizado em Morretes, no estado do Paraná e onde está localizada a **Escola Estadual Indígena Emília Jera Poty**. Esta comunidade é composta por 14 famílias e abriga um total de 33 crianças, representando diferentes etnias, incluindo os Guarani, Kaingang e Xokleng e está sob os cuidados da Fundação Nacional do Índio (Funai) e do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio). O Parque Nacional do Guaricana é uma reserva de conservação integral onde a comunidade indígena desenvolve um projeto de restauração florestal. A comunidade realiza o plantio de espécies nativas, com o intuito de fortalecer a regeneração natural e enriquecer a biodiversidade, incluindo espécies ameaçadas de extinção. O objetivo do projeto da disciplina de Biologia é sensibilizar os estudantes para a importância da redução das emissões de carbono na atmosfera e do uso responsável dos recursos naturais.

- Data: 27/10/2023 – sexta feira
- Local e horário de saída: Colégio Estadual Tancredo de Almeida Neves – 07:30h
- Custo: 20,00 (transporte)
- Horário previsto de chegada ao Colégio: 17:00h

O QUE VOCÊ DEVE LEVAR:

Documento de Identidade (OBRIGATÓRIO), muda de roupa e calçado, lanche/almoço para o dia todo, água, boné, toalha pequena, Filtro solar, Repelente e máquina fotográfica ou celular (opcional)

VOCÊ DEVE ESTAR DE: calça e tênis.

Para maiores dúvidas, estou à sua disposição.

Atenciosamente,

-----cortar

Eu, _____ autorizo o(a) estudante(a) _____ a participar da atividade de saída de campo ao Parque Nacional Guaricana, localizado no município de Morretes, PR em 27/10/2023.

Favor contribuir com as informações abaixo.

É alérgica(o)? _____

Utiliza medicamento? Se sim. Qual? _____

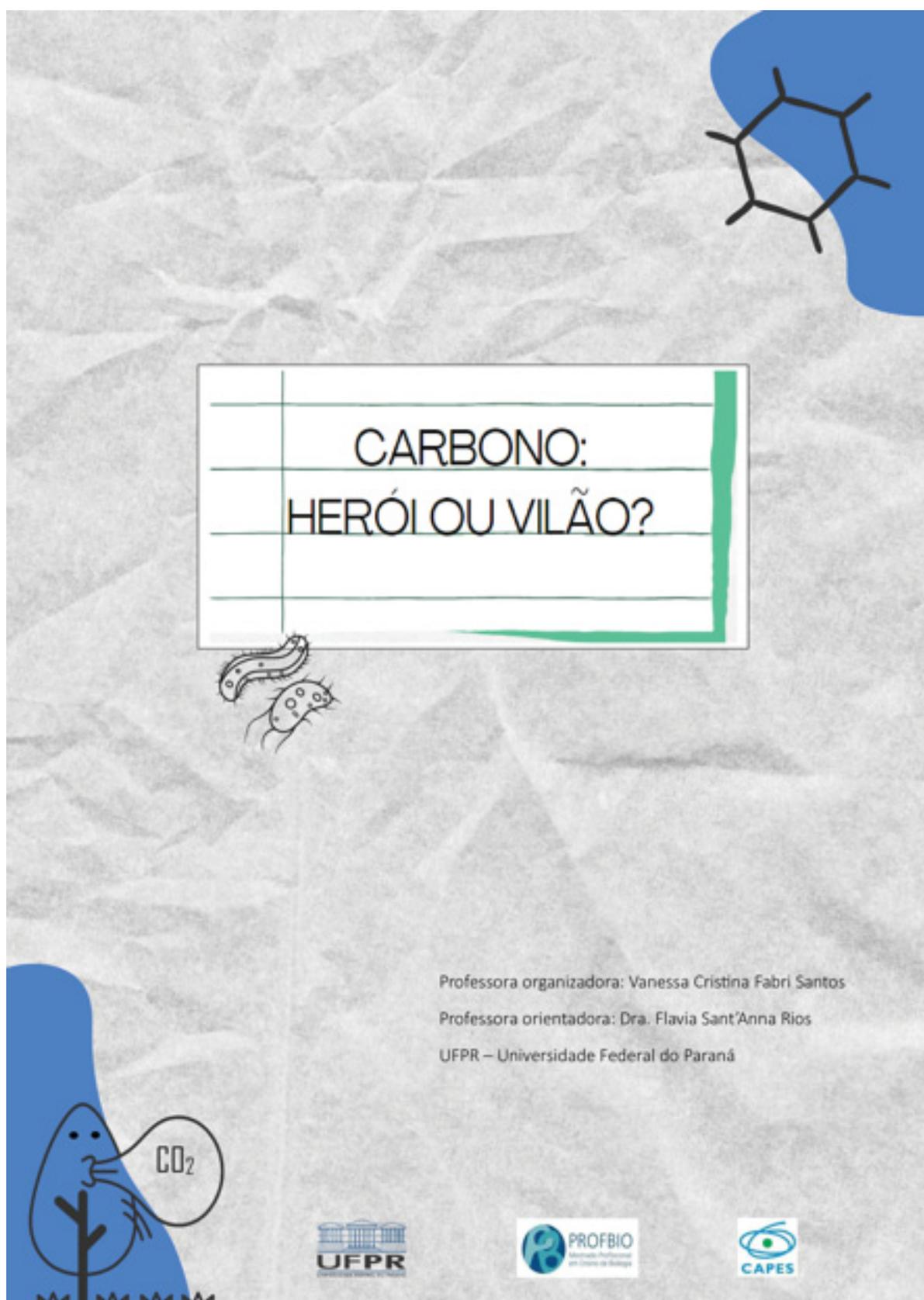
Poderá ser medicado, caso necessário? Qual? _____

Assinatura do responsável: _____

DATA: _____

TELEFONE PARA CONTATO: _____

APÊNDICE 3 - PRODUTO - SEQUÊNCIA DIDÁTICA



CARBONO:
HERÓI OU VILÃO?

Professora organizadora: Vanessa Cristina Fabri Santos
Professora orientadora: Dra. Flavia Sant'Anna Rios
UFPR – Universidade Federal do Paraná

UFPR

PROFBIO
Associação Profissional
em Ciências de Biologia

CAPES

Apresentação

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC), conforme estabelecida pelo Ministério da Educação em 2017, enfatiza a importância de criar oportunidades para que os alunos participem de debates de natureza científica. Portanto, esta Sequência Didática é o resultado de um projeto de pesquisa de mestrado que se concentra no desenvolvimento e avaliação de um conjunto de atividades destinado ao estudo da relevância do carbono para a vida e o meio ambiente no Ensino Médio. O potencial desta Sequência Didática está diretamente relacionado à exploração de conteúdos por meio de atividades participativas e envolventes, desempenhando um papel crucial na construção do conhecimento pelos próprios estudantes. Essa abordagem fornece um significado mais tangível e relevante aos conceitos relacionados ao carbono.

Este manual representa o estágio final do meu Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM), realizado sob a orientação da Professora Doutora Flavia, no âmbito do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Biologia (ProfBio) da Universidade Federal do Paraná (UFPR). O ponto importante deste processo ocorre com o questionamento intitulado "Carbono: Herói ou Vilão?", que representa o ápice deste trabalho, permitindo que os estudantes compreendam a importância do conhecimento construído.

Ao adotar essa abordagem, o professor é estimulado a aprimorar suas próprias habilidades, desempenhando o papel de orientador e motivador dedicado ao sucesso dos estudantes. A Sequência Didática "Carbono: Herói ou Vilão?" configura-se como uma proposta eficaz para o ensino de ecologia no Ensino Médio, por meio da construção participativa e investigativa do conhecimento. Este documento oferece uma metodologia flexível, que pode ser adaptada por professores de Biologia que desejam proporcionar uma experiência de aprendizagem significativa para seus alunos. Cada etapa é descrita com um breve relato de sua execução, baseada na experiência da autora.

É importante destacar que este Trabalho de Conclusão de Mestrado (TCM) foi desenvolvido no Setor de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Paraná, sob a orientação da Prof^a Dra. Flavia Sant'Anna Rios, e contou com o apoio financeiro da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).



A autora.

Introdução



O carbono é considerado um dos responsáveis pelo aumento da temperatura do globo e conseqüentemente da crise climática, mas este elemento químico também é primordial para a existência de todos os organismos vivos do planeta Terra e com inúmeras aplicações na elaboração dos meios de subsistência cotidiana dos seres humanos. Essas amplas possibilidades permitem a ocorrência de moléculas simples como o CO_2 , que exalamos durante a respiração, e de moléculas com alto grau de complexidade, como o DNA, que contém toda a informação relacionada à nossa individualidade (Zabin, 2022). Por outro lado, presenciamos o uso exagerado de recursos naturais e a crescente intoxicação do planeta por resíduos, poluentes e outros subprodutos, indesejáveis das atividades econômicas, incluindo moléculas contendo carbono. Ao causar alterações nas dinâmicas que envolvem o ciclo do carbono, este elemento torna-se um vilão do meio ambiente e, conseqüentemente, da própria humanidade. Como consequência das ações sobre o planeta, as florestas nativas vêm desaparecendo, gases do efeito estufa (incluindo o CO_2) acumulam-se, na atmosfera, em concentrações cada vez mais perigosas, as águas dos rios e dos mares estão poluídas e resíduos acumulam-se no solo e cada vez mais doenças surgem e ressurgem, conduzindo a existência humana constantemente em risco. A diminuição da taxa de emissão de CO_2 para a atmosfera deve ser encarada como um dos grandes desafios para a humanidade, e depende de ações políticas e de mudanças comportamentais, como o contínuo investimento em novas formas de geração de energia que não dependam de combustíveis fósseis, a substituição dos automóveis tradicionais pelos transportes coletivos e bicicletas, por exemplo, reciclagem e reaproveitamento de resíduos, diminuição do consumo e do desmatamento, recuperação de áreas degradadas, entre outros.

Nesse contexto, tornou-se necessário compreender, sobretudo no período de escolarização, o conceito de carbono como elemento químico importante à vida e a ação do carbono como meio de subsistência de produção e consumo para que os estudantes, munidos desse conhecimento, possam se sensibilizar sobre desenvolvimento sustentável, tornando-se seres humanos mais críticos e reflexivos e que possam tomar atitudes transformadoras.



Objetivos



- **Objetivo geral**

Oportunizar um processo de aprendizagem investigativo, aplicando metodologias ativas, com foco no elemento químico carbono, a fim de potencializar a apropriação de saberes, sobre a relevância deste elemento químico para a sobrevivência dos seres vivos.

- **Objetivos específicos**

Verificar a importância da sensibilização em relação à sustentabilidade através da pegada de carbono.

Identificar o elemento químico carbono como necessário à vida.

Compreender o ciclo do carbono e o conceito de sequestro de carbono.

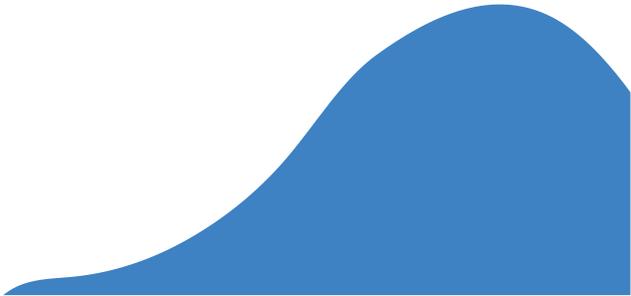
Relacionar a importância da fotossíntese com a sobrevivência dos seres vivos.

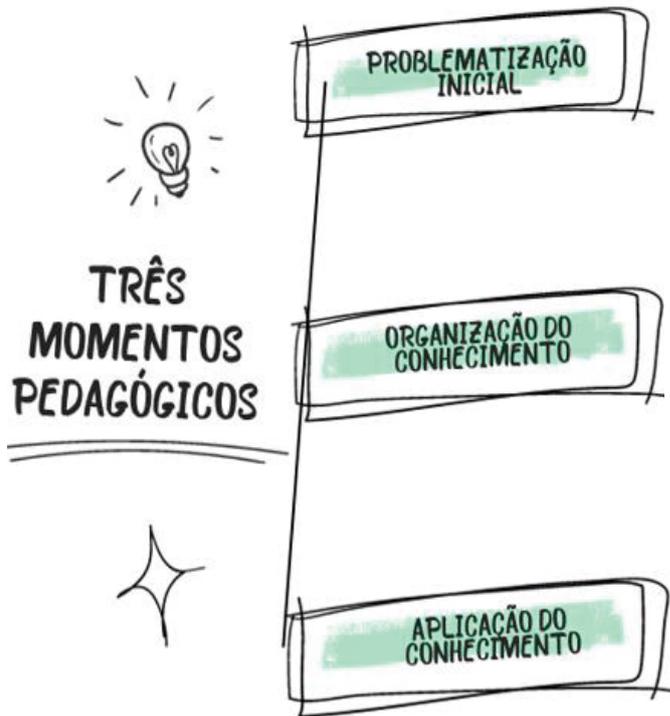
Ser capaz de se perceber como parte integrante do ambiente.

Desenvolvimento



O carbono é herói ou vilão? Esta sequência didática investigativa visa trazer este questionamento como ponto central, incitando a reflexão, a formulação de hipóteses e a testagem destas por meio de experimentos e pesquisas, bem como trazendo à tona meios de reduzir os impactos das emissões de carbono. Visando o engajamento dos estudantes as atividades foram organizadas de acordo com a dinâmica conhecida como Três Momentos Pedagógicos (3MP), segundo Muenchen e Delizoicov (2014, p. 620), conforme descrito a seguir:





Nesse momento pedagógico, os alunos são desafiados a expor o que pensam sobre as situações, a fim de que o professor possa diagnosticar os conhecimentos prévios e para estimular a reflexão e motivação dos estudantes.

Momento em que, sob a orientação do professor, os conhecimentos necessários para a compreensão dos temas e da problematização inicial são estudados, permitindo a testagem de hipóteses elaboradas no primeiro momento.

Momento que se destina a abordar sistematicamente o conhecimento incorporado pelo aluno, para analisar e interpretar tanto as situações iniciais que determinaram seu estudo, quanto outras que, embora não estejam diretamente ligadas ao momento inicial, possam ser compreendidas pelo mesmo conhecimento.

A sequência é composta por dez aulas que, podem ser sequenciais ou intercaladas por aulas sobre outros objetivos de aprendizagem e estão sugeridas no quadro abaixo (QUADRO 1):

QUADRO 1 - ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA INVESTIGATIVA

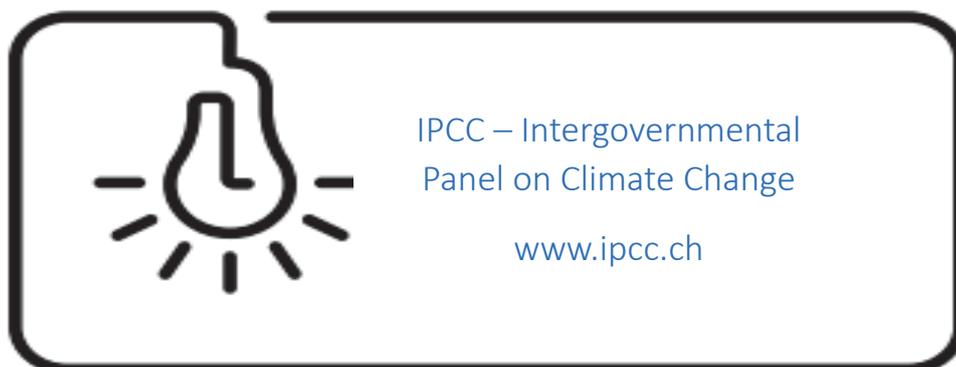
MOMENTOS	AULAS
1º momento: Problematização	Aula 1: Pegada de Carbono
2º momento: Organização do conhecimento	Aula 2: Construção de mini terrários (montagem de experimento)
	Aula 3: Verificação dos resultados do experimento com mini terrários
	Aula 4: Rotação por estações: experimentação e atividades práticas
	Aulas 5 e 6: Orientação e organização do seminário
	Aulas 7 e 8: Apresentação de seminários
	Aula 9: Exibição da animação: Carbono e vida
3º momento: Aplicação do conhecimento	Aula 10: Plantio de mudas e fechamento

FONTE: A autora (2023)

A sequência envolve vários métodos ativos, como aprendizagem por problemas, ensino investigativo e rotação por estações. Os estudantes podem ser organizados individualmente, duplas ou trios a depender da especificidade da turma. Como sugestão, ao final de cada momento, o registro das problematizações propostas, hipóteses, observações, discussões e conclusões é individual e em formato de portfólio e recolhido pelo professor para verificação ao final de cada aula.

Conteúdos

No âmbito do processo de ensino e aprendizagem nas ciências naturais, o propósito para o ensino médio consiste em capacitar os estudantes a desenvolver competências específicas, de forma a habilitá-los a “analisar fenômenos naturais e processos tecnológicos, com base nas interações e relações entre matéria e energia, para propor ações individuais e coletivas que aperfeiçoem processos produtivos, minimizem impactos socioambientais e melhorem as condições de vida em âmbito local, regional e global e analisar e utilizar interpretações sobre a dinâmica da Vida, da Terra e do Cosmos para elaborar argumentos, realizar previsões sobre o funcionamento e a evolução dos seres vivos e do Universo, e fundamentar e defender decisões éticas e responsáveis” (Brasil, 2018, p. 540) e está descrita no referencial curricular para o ensino médio do Paraná (Paraná, 2021), contemplando as seguintes habilidades (QUADRO 2):



QUADRO 2 - DESCRIÇÃO DAS HABILIDADES CONTEMPLADAS NA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Habilidades	Objetos do conhecimento	Possibilidades de conteúdos
(EM13CNT101) Analisar e representar, com ou sem o uso de dispositivos e de aplicativos digitais específicos, as transformações e conservações em sistemas que envolvam quantidade de matéria, de energia e de movimento para realizar previsões sobre seus comportamentos em situações cotidianas e em processos produtivos que priorizem o desenvolvimento sustentável, o uso consciente dos recursos naturais e a preservação da vida em todas as suas formas.	<ul style="list-style-type: none"> • Metabolismo energético 	<ul style="list-style-type: none"> • Fotossíntese • Respiração celular
	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • Fluxo de energia e matéria nos ecossistemas (cadeia e teia alimentar) • Modelo do fluxo energético
(EM13CNT201) Analisar e discutir modelos, teorias e leis propostos em diferentes épocas e culturas para comparar distintas explicações sobre o surgimento e a evolução da Vida, da Terra e do Universo com as teorias científicas aceitas atualmente.	<ul style="list-style-type: none"> • Método científico 	<ul style="list-style-type: none"> • Método hipotético-dedutivo: etapas de uma investigação científica
(EM13CNT105) Analisar os ciclos biogeoquímicos e interpretar os efeitos de fenômenos naturais e da interferência humana sobre esses ciclos, para promover ações individuais e/ ou coletivas que minimizem consequências nocivas à vida.	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclos biogeoquímicos • Fenômenos naturais • Poluição 	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclos biogeoquímicos • Efeito estufa • Camada de ozônio • Poluição do solo e do ar
(EM13CNT206) Discutir a importância da preservação e conservação da biodiversidade, considerando parâmetros qualitativos e quantitativos, e avaliar os efeitos da ação humana e das políticas ambientais para a garantia da sustentabilidade do planeta.	<ul style="list-style-type: none"> • Conservação e preservação ambiental • Educação ambiental • Sustentabilidade. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pegada ecológica e biocapacidade • Consumismo X Recursos Naturais (obsolescência perceptiva e planejada) • Problemas ambientais locais, mundiais e globais. • Políticas ambientais para a Sustentabilidade

FONTE: A autora (2023)



Sequência didática

Primeiro momento: Problematização

Aula 1: Pegada de carbono



Objetivo: Promover a conscientização e ação em relação à importância da pegada de carbono, reduzir as emissões de gases de efeito estufa e mitigar as mudanças climáticas, por meio da educação, engajamento de práticas sustentáveis.

Recursos: Computadores, tablets, smartphones ou outros dispositivos com acesso à internet.

Descrição da atividade: A atividade consiste em responder a perguntas em um questionário online, que estima qual a "pegada de carbono". A atividade pode ser realizada tanto presencialmente, na escola, quanto em casa. Se o professor optar por conduzir uma atividade na escola, deve-se solicitar com antecedência que os estudantes tragam informações como a quantidade de energia e água consumidas em suas residências, pois são dados solicitados no questionário do aplicativo. Pode-se, ainda, compartilhar o link com antecedência por meio de ambiente virtual de aprendizagem, mesmo que a atividade seja presencial, a fim de agilizar o acesso.

O questionário fornece informações sobre a relação entre as atividades humanas e as emissões de carbono correspondentes, expressas em toneladas, e sugere a quantidade de árvores permitidas para neutralizar a emissão de carbono.

Antes de acessar a calculadora de carbono online durante a aula, o professor pode começar questionando os estudantes sobre o significado de "pegada de carbono", encorajando-os a levantar hipóteses verbalmente. Em seguida, essas hipóteses podem ser registradas em portfólios ou em outra ferramenta avaliativa que o professor considere incluir.

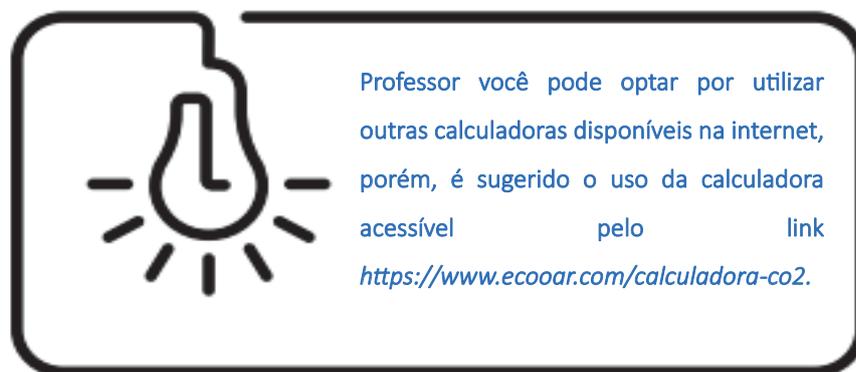
Sugestão de questões:

Qual a sua pegada de carbono?

O quanto de carbono nós emitimos na atmosfera ao produzir lixo e consumir produtos?

Quantas árvores cada um deveria plantar para reverter a situação?

Os resultados obtidos com a calculadora podem ser igualmente anotados no portfólio, permitindo que os estudantes comparem as estimativas prévias com as informações estimadas pela ferramenta digital em toneladas de gases de efeito estufa (GEE) emitidos, bem como o número de árvores permitidas para compensar essa emissão.



Segundo momento: Organização do conhecimento

Aula 2: Construção de mini terrários

Objetivo: Investigar como a variação da temperatura, a exposição à luz e manutenção da umidade em um terrário afeta a taxa de fotossíntese das plantas e, portanto, a dinâmica do ecossistema, a fim de compreender as relações entre condições ambientais e produção de biomassa em ambientes fechados e abertos com ênfase no ciclo do carbono.

Recursos: Recipientes transparentes com tampa, cascalho, areia, terra, água, manta bidim ou TNT, plantas herbáceas, balança, termômetro, fita adesiva, cola quente e ficha para registro das variáveis.

Descrição da atividade: A proposta desta aula consiste na montagem de terrários, tanto abertos como fechados, contendo plantas, de modo a simular ecossistemas. Serão necessários quatro

recipientes de tamanho igual e quantidades idênticas de cascalhos, areia, terra e plantas herbáceas rústicas devido à sua capacidade de adaptação a diferentes condições de temperatura, água e luz. Antes de confeccionar os terrários, a massa de cada componente (plantas, terra, areia, cascalhos) deve ser verificada com uma balança digital, sendo novamente aferida ao final do experimento e registrada em uma ficha de registro (FIGURA 1). O professor poderá utilizar a mesma ficha adaptada para o registro das variáveis durante a desmontagem.

FIGURA 1 – FICHA PARA REGISTRO DAS VARIÁVEIS DURANTE A MONTAGEM DO TERRÁRIOO

ROTEIRO

*****Antes de montar o terrário, vocês devem:**

1. Registrar a data: _____, a hora: _____ e a temperatura ambiente: _____
2. Verificar a massa da embalagem vazia e sem tampa e anotar: _____
3. Verificar a massa da manta bidim e anotar: _____
4. Verificar a massa da planta (sem terra): _____

*****Montar o terrário como segue a imagem abaixo:**



Planta

Terra – 3 a 4 cm

Areia – 2 cm

Manta bidim

Pedra – 1 cm

*****Descontar a massa da embalagem e da manta bidim em todas as medidas.**

5. Verificar a massa do terrário sem água e sem planta e anotar: _____
6. Verificar a massa do terrário com planta e anotar: _____
7. Colocar com a seringa a água.
8. Verificar a massa do terrário com água e planta e anotar: _____
9. Colocar a tampa e passar a fita ao redor para "lacrar".
10. Colocar a data na etiqueta e colar na embalagem.
11. Acondicionar no ambiente escolhido.

Espaço para anotações:

FONTE: A autora (2023)

A massa de cada componente (plantas, terra, areia, pedras) poderá ser verificada com uma balança digital no início e no final do experimento. A ficha inclui espaços para registros de

dados, hora, temperatura ambiente, massa do recipiente vazio e sem tampa, massa da manta bidim, massa das plantas (sem terra), massa do terrário sem água e sem plantas, massa do terrário com plantas, massa do terrário com plantas e uma grama de água. Essas informações são registradas à medida que os terrários são montados, obedecendo a ordem de colocação de



pedras no fundo do recipiente, seguida pela manta bidim, areia, terra, plantas e água. Para todas as situações experimentais, são usados recipientes idênticos e com as mesmas quantidades de outros materiais. Nos dois terrários fechados, a tampa é colocada e lacrada com fita adesiva transparente. Em seguida, o termômetro é fixado na parte interna de cada terrário fechado, passando por um orifício na

tampa e sendo lacrado com cola quente. Todos os terrários são marcados com o nome da turma e os dados, e são colocados em seus respectivos ambientes, seja com iluminação natural ou no escuro.

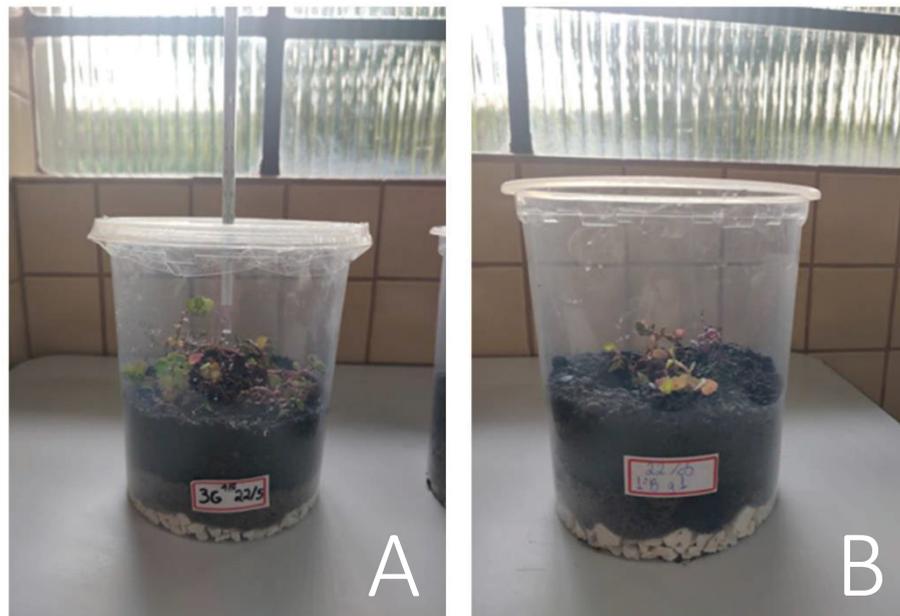
As plantas devem ser umedecidas, com aproximadamente dez ml de água, apenas durante a montagem dos terrários e ficarão sem intervenção por, no mínimo, três semanas.

Dois terrários serão fechados hermeticamente com suas tampas, enquanto os outros dois permanecerão abertos. Os terrários com tampa e um sem tampa serão colocados em locais com luz solar, enquanto os outros dois (com e sem tampa) serão fechados em ambientes escuros (FIGURA 2).

A temperatura nos terrários deverá ser monitorada, pelo menos três vezes por semana, utilizando um termômetro com escala de até 100°C. Os registros devem ser anotados em uma tabela no portfólio e, com os dados, posteriormente deve-se elaborar gráficos.

Nos terrários fechados, pode-se fazer um orifício na tampa através do qual um termômetro será introduzido, sendo vedado com cola quente. Este termômetro deve permanecer fixo durante todo período do experimento para evitar entrada ou saída de umidade através do orifício.

FIGURA 2- TERRÁRIOS CONFECCIONADOS



FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A- terrário fechado; B – terrário aberto

Sugere-se que a turma seja dividida em quatro grupos, sendo dois responsáveis pela criação dos terrários fechados e dois pelos abertos. Um líder de cada grupo pode ser eleito para coordenar o experimento, orientando os outros membros e compartilhando informações com estudantes eventualmente ausentes. Um sorteio pode ser realizado para determinar qual grupo será responsável por qual tipo de terrário.

Cada grupo será responsável por construir um terrário, observar e registrar as mudanças e a temperatura ao longo de três semanas. Após a montagem do experimento, os estudantes devem registrar suas hipóteses para as perguntas problematizadoras.

Sugestão de questões:

Como as plantas se desenvolvem em quatro terrários sujeitos a diferentes condições ambientais?

As plantas sobreviverão? Crescerão?

Que relação é esperada entre a temperatura ambiente e a temperatura do terrário?



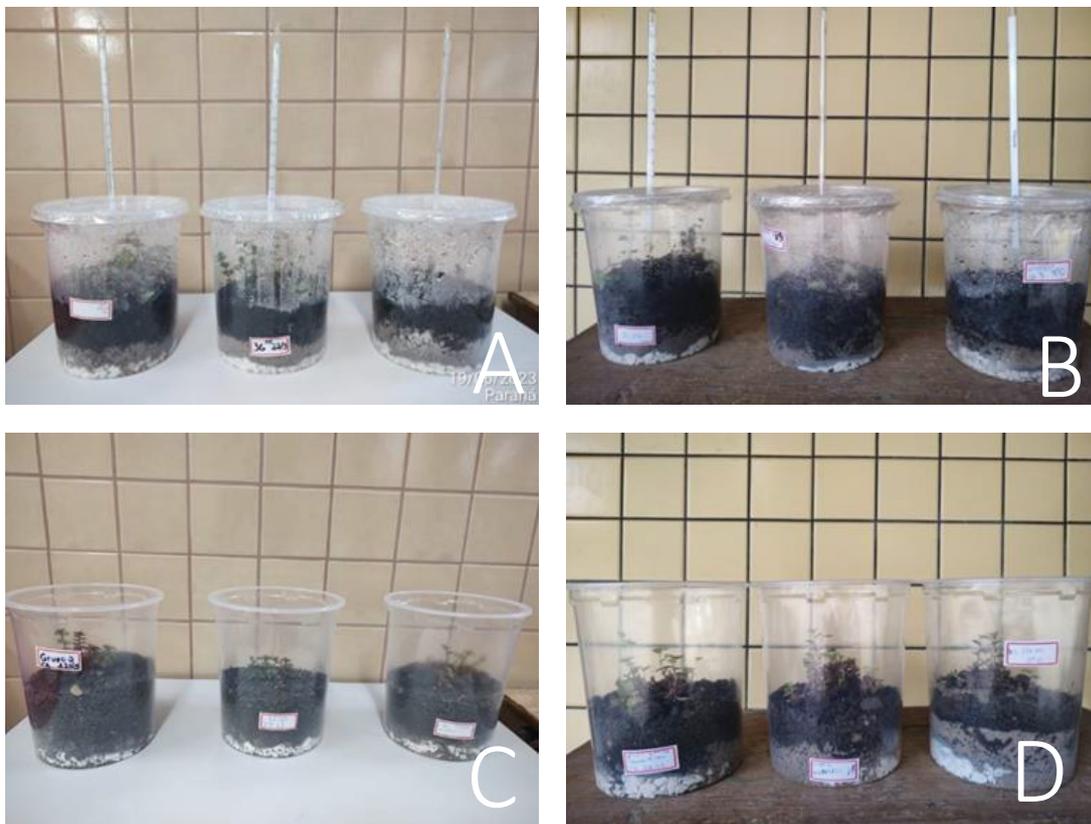
Após um tempo mínimo de três semanas de observação do experimento, os dados coletados serão tratados e analisados, e os resultados serão compartilhados com os demais grupos, permitindo a validação das hipóteses.

Aula 3: Verificação dos resultados do experimento com mini terrários

Após três semanas, os terrários poderão ser desmontados e novamente verificada a massa dos materiais (plantas, terra, areia, pedras). Antes de desmontar, os estudantes podem registrar a data, hora, temperatura ambiente, a massa de todo o terrário (sem a tampa), a massa do terrário sem as plantas e a massa das plantas (sem terra). As variáveis são registradas em uma ficha de acompanhamento, e poderá ser transcrita para o portfólio (FIGURA 3).

Em seguida, os estudantes recebem instruções para criar um gráfico (histograma) que represente as variáveis de temperatura e massa da planta com base na tabela de anotações produzida durante as aulas anteriores. Essa etapa pode ser designada como uma atividade a ser realizada em casa. As informações registradas podem ser compartilhadas durante a aula destinada para apresentação dos seminários nas aulas 7 e 8.

FIGURA 3 - ASPECTO DOS TERRÁRIOS APÓS TRÊS SEMANAS DE OBSERVAÇÃO





FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A – Terrário fechado no ambiente claro; B – Terrário fechado no ambiente escuro; C e E – Terrário aberto em ambiente claro; D e F – Terrário fechado em ambiente escuro.

Aula 4: Rotação por estações: experimentação e atividades práticas

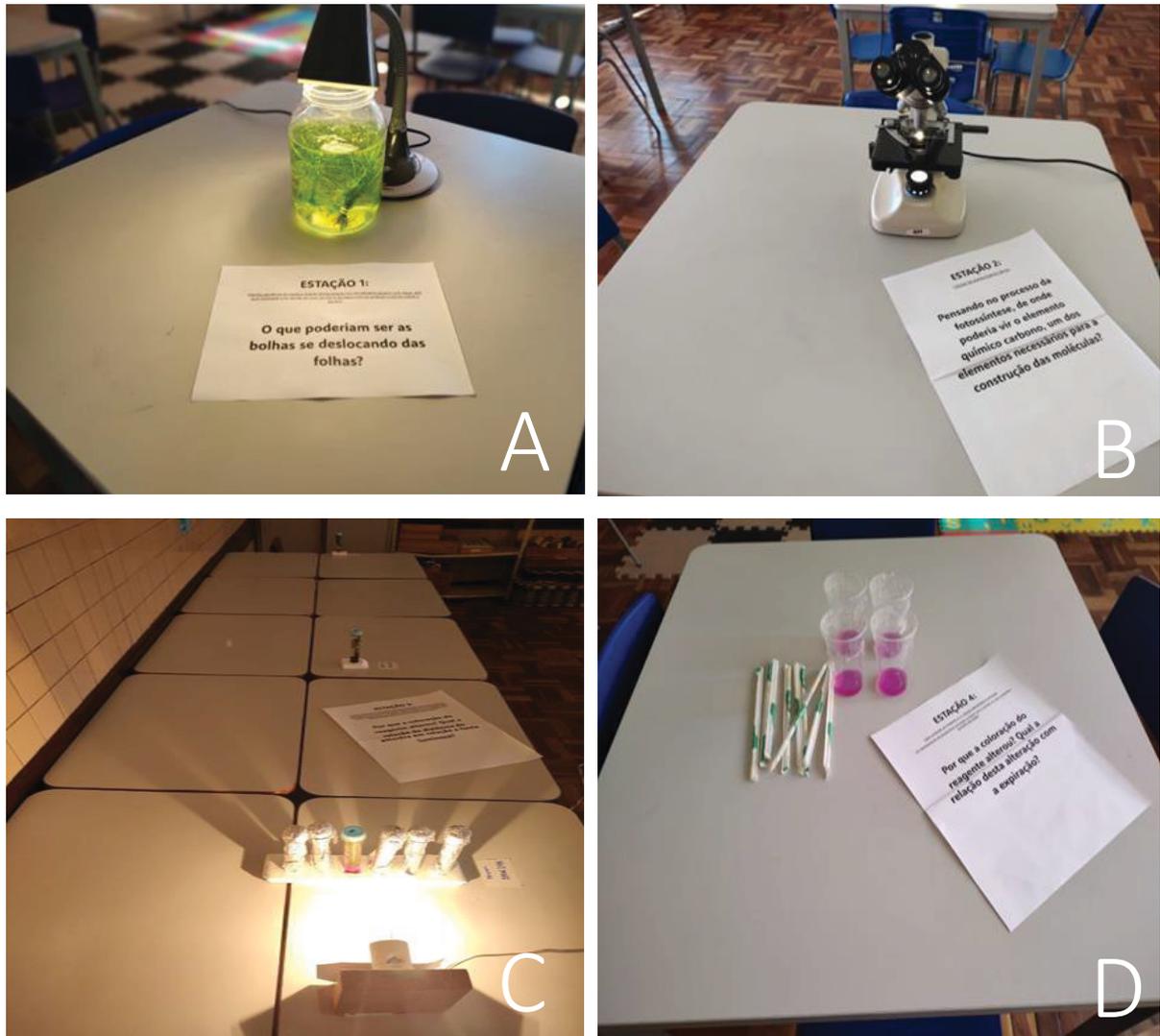
Objetivo: Compreender a interconexão entre a fotossíntese e a respiração celular como processos complementares que ocorrem em organismos vivos, destacando a transferência de energia e matéria, em especial o carbono, entre esses dois processos fundamentais para a manutenção da vida.

Recursos: Planta aquática *Egeria densa*, recipiente transparente, luminária de mesa, colher de sopa, bicarbonato de sódio, lâmina, lamínula, microscópio, tubo de ensaio, suporte para tubo de ensaio, papel alumínio, fonte luminosa, indicador de pH ou pHmetro e reagente vermelho de cresol.

Descrição da atividade: Nesta etapa, é montado um circuito com quatro atividades experimentais. Cada estação contém os materiais necessários para a realização de um experimento, juntamente com uma breve descrição dos procedimentos e uma pergunta problematizadora (FIGURA 4). Sugere-se que as atividades propostas, em especial aquelas mais complexas ou com reações demoradas, sejam montadas com antecedência a fim de otimizar o tempo destinado às práticas, de modo que os estudantes possam observar os resultados e as evidências dos experimentos realizados. Os estudantes devem ser organizados em grupos e permanecer em cada estação por cerca de 10 min, alternando-se, até passarem por todos os experimentos. Os registros das hipóteses e dos resultados dos experimentos devem ser feitos nos portfólios.



FIGURA 4 - ESTAÇÕES CONTENDO AS ATIVIDADES PROPOSTAS

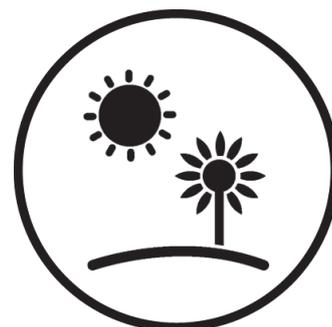


FONTE: A autora (2023)

LEGENDA: A – Estação 1: Plantas aquáticas acondicionadas em um recipiente contendo água e bicarbonato e iluminado com uma luminária de mesa; B – Estação 2: Lâmina preparada com folha da planta aquática para observação no microscópio ótico; C – Estação 3: Experimento sobre a taxa de fotossíntese e D – Estação 4: Copos e canudos descartáveis para detectar dióxido de carbono durante a expiração.

Durante a execução das atividades, enquanto os estudantes discutem as hipóteses e analisam as evidências dos experimentos, o(a) professor(a) acompanha os grupos no registro das situações e suas respectivas observações. Segue-se uma descrição dos experimentos realizados em cada estação:

Estação 1: Antes da aula, plantas aquáticas da espécie *Egeria densa* são colocadas em um recipiente de vidro com um litro de água filtrada e duas colheres de sopa de bicarbonato de sódio. Com auxílio de uma luminária de mesa iluminar a planta e no decorrer da prática, os estudantes poderão observar a saída de “bolhas” das folhas da planta, sendo questionados e registrando hipóteses sobre qual seria a origem e a composição das bolhas.



Sugestão de questão:

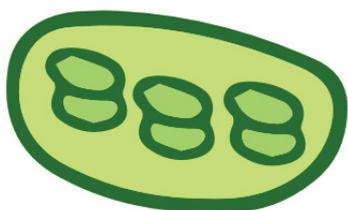


O que poderiam ser as bolhas se deslocando das folhas?

A reação entre o bicarbonato de sódio e a água resulta na produção de gás carbônico.



Dessa forma, estimuladas pela exposição à luz proveniente da luminária, as plantas podem utilizar o gás carbônico gerado que é liberado, formando bolhas. realizando fotossíntese, sendo um dos subprodutos deste processo é o oxigênio.



Estação 2: Na segunda estação, os estudantes observam as células das folhas da planta *Egeria densa* através de um microscópio óptico. O propósito desta aula é permitir que os estudantes possam identificar os cloroplastos dentro das células, identificando-os como os locais onde ocorre a

fotossíntese. Para observar o material, basta retirar uma folha da planta, e colocá-la sobre uma lâmina de vidro com algumas gotas com água e cobrir com a lamínula. Após a observação, os estudantes recebem orientações para responder à pergunta problematizadora. As hipóteses podem ser registradas em seus portfólios, juntamente com o desenho das células observadas.

Sugestão de questão:



Pensando no processo da fotossíntese, de onde poderia vir o elemento químico carbono, um dos elementos necessários para a construção das moléculas orgânicas?”

Estação 3: Nesta estação os estudantes analisam as evidências do experimento denominado "*Determinação da Irradiância de Compensação*", seguindo o roteiro adaptado a partir daquele proposto por Peixoto, Pimenta e Reis (s.d.). Para realizar o experimento são necessários quatro tubos de ensaio com tampa. No interior de cada tubo, colocar 2 ml da solução contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 10,0$) e um ramo da planta *Egeria densa* (*Elodea*) cerca de duas horas antes da aula para que houvesse tempo suficiente para a reação. Apenas um dos tubos deve ser envolto em papel alumínio, simulando um ambiente sem luz. Posicionados os tubos de ensaio que permanecem sem papel alumínio a diferentes distâncias de uma fonte luminosa com uma lâmpada de 100 watts, permanecendo a 10 cm, 100 cm e 200 cm. Após cerca de horas, a irradiância pode ser verificada através do aplicativo Light Meter. O tubo envolto por papel alumínio permanece a 10 cm da lâmpada. Sugere-se preparar o mesmo número de tubos de ensaio envoltos pelo papel alumínio quantos forem os grupos, para que todos possam retirar o papel alumínio e observar como ficou a coloração do reagente vermelho de Cresol.



Os estudantes poderão verificar que a solução do tubo sem papel alumínio posicionado mais próximo da fonte luminosa apresenta tonalidade rosa-vibrante, enquanto a 100 cm, a coloração do reagente deve enfraquecer, tornando-se rosa-amarelada. Já a solução presente no tubo posicionado a 200 cm, bem como os tubos embalados posicionados a 10 cm da fonte de luz, possivelmente apresentará coloração amarelada. As informações coletadas devem ser registradas no portfólio juntamente com as hipóteses para as problematizações.

Sugestão de questão:



Por que a coloração do reagente se alterou?

Qual a relação da cor com a distância da amostra em relação a fonte luminosa?

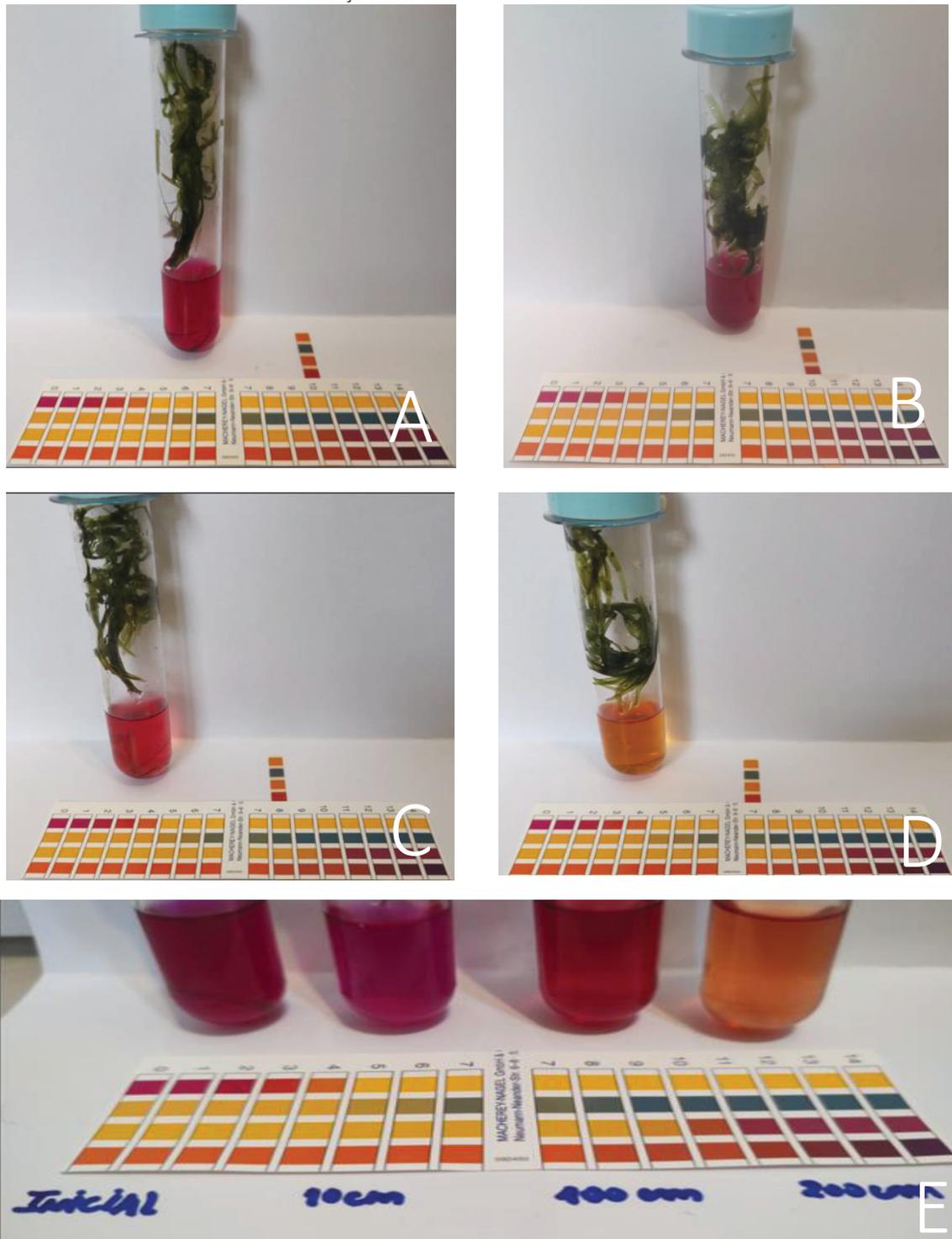
A explicação para tais resultados reside no fato de o Vermelho de Cresol ser um indicador de pH. Sobre a mesa da estação, pode-se disponibilizar um diagrama mostrando a relação entre a coloração do reagente e o pH, sendo mais próxima do vermelho em pHs básicos e mais amarelada em pHs ácidos. Logo, fica evidenciado que quanto mais próximo da fonte luminosa mais alto é o pH e que ausência da luz manteve o pH baixo. Neste experimento, a abundância de dióxido de carbono (CO_2) na solução torna a solução ácida e, portanto, amarelada. Contudo, a proximidade da lâmpada estimula a fotossíntese pela planta, que utiliza dióxido de carbono (CO_2), alcalinizando a água e, com isso, alterando a coloração do reagente para tonalidades rosa-vibrantes ($\text{pH} \cong 10$).

Essa é uma forma indireta de detectar o dióxido de carbono (CO_2), demonstrando que, quando os tubos de ensaio são posicionados a uma distância de 10 cm da fonte de luz, as plantas demonstraram maior atividade fotossintética, resultando em um aumento do pH da solução de vermelho de Cresol, tornando-a mais alcalina em comparação com o estado inicial. Essas influências contribuem para o surgimento das tonalidades rosa-vibrantes observadas no indicador.

À medida que a distância aumentou para 100 cm, a coloração do indicador enfraqueceu, tornando-se rosa-amarelada devido à maior concentração de CO_2 tornando a solução menos alcalina, com pH aproximado de 8,0. Isto sugere que a respiração celular (que libera CO_2) foi mais intensa do que a fotossíntese (que consome CO_2). Nesse ponto, a coloração dos indicadores ainda era levemente rosada, porém em intensidade mais tênue em comparação com a condição inicial. Já nos tubos posicionados a 200 cm e nos tubos embalados posicionados a 10 cm da fonte luminosa, a intensidade é menor e, portanto, a taxa de fotossíntese é reduzida, resultado em maior concentração de CO_2 , e, conseqüentemente na redução do pH e na coloração amarelada do indicador (FIGURA 5).



FIGURA 5 - AMOSTRAS DO REAGENTE VERMELHO DE CRESOL CONTENDO A ALTERAÇÃO DA COLORAÇÃO A PARTIR DA DISTÂNCIA DA FONTE LUMINOSA



FONTE: A aurora (2023)

LEGENDA: A- Solução inicial contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 10,0$) juntamente com um ramo da planta *Egeria densa*; B- Solução contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 10$) juntamente com um ramo da planta *Egeria densa* à 10 cm da fonte luminosa; C- Solução contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 8,0$) juntamente com um ramo da planta *Egeria densa* à 100 cm da fonte luminosa; D- Solução contendo o reagente vermelho de Cresol ($\text{pH} \cong 7,0$) juntamente com um ramo da planta *Egeria densa* à 200 cm da fonte luminosa; E- Os tubos apresentando quatro cores diferentes de acordo com a distância da fonte luminosa, todos contendo o indicador.

Estação 4: Sobre a mesa da estação 4, posicionar quatro copos contendo apenas o reagente vermelho de Cresol e um papel filtro cobrindo a borda, para evitar respingos no rosto dos estudantes. Utilizando um canudo descartável, um representante de cada grupo é convidado a soprar sobre o reagente contido em um dos copos. Ao soprar a solução indicadora de pH através do canudo, a solução se tornará amarelada. Deve-se estimular os estudantes a formular hipóteses para explicar tal observação.



Sugestão de questão:

Por que a coloração do reagente se alterou? Qual a relação desta alteração com a expiração?

A mudança de cor é explicada pela introdução do CO_2 na solução. O CO_2 é um subproduto da respiração humana e, como acontece com o CO_2 de qualquer fonte, acidificou a solução, resultando na coloração amarelada.

Aula 5 e 6: Orientação e organização do seminário

Objetivo: Organizar o conhecimento obtido nas etapas anteriores, embasando a aprendizagem por meio de conceitos pesquisados na literatura a aplicar os conhecimentos a outros contextos.

Recursos: Computador, tablets, smartphones ou outros dispositivo eletrônico com acesso à internet e/ou livros e revistas.

Descrição da atividade: Este momento foi destinado a retomar os objetivos das aulas anteriores, orientar e organizar as equipes para o seminário que seria apresentado posteriormente. Para melhor compreensão do tema estudado, os estudantes, organizados em grupos (FIGURA 19), retomaram os resultados dos experimentos que permitiram testar as hipóteses elaboradas nas etapas anteriores e, então, realizaram pesquisas utilizando o tablet. Em seguida, organizaram apresentações abordando assuntos relevantes relacionados à proposta deste trabalho, tais como sequestro de carbono, mudança climática, efeito de estufa e aquecimento global.

Os assuntos selecionados foram sorteados entre os grupos. Foi orientado que, para a apresentação dos seminários, os grupos deveriam seguir três critérios: a) Responder as hipóteses levantadas durante o momento em que os estudantes verificaram a pegada de carbono, durante a montagem dos terrários e durante o momento da rotação por estações; b) Abordar o conceito do assunto de forma contextualizada e c) Sugerir ações de sensibilização. As equipes também foram instruídas a usar imagens e animações para ilustrar os temas. Esta aula em que os estudantes puderam realizar pesquisas na escola foi importante, pois nem todos os estudantes possuem acesso à internet em casa.

Aulas 7 e 8: Seminários

Objetivo: Compartilhar com a turma os conhecimentos adquiridos, promover o debate e ampliar as possibilidades de aplicação dos conceitos trabalhados.

Recursos: Projetor multimídia ou outro equipamento visual.

Descrição da atividade: Neste momento, os estudantes, organizados em grupos, realizam apresentações por meio da prática de seminários. As apresentações podem ser divididas de acordo com o tamanho da turma. Espera-se que estas apresentações abordem uma variedade de tópicos, incluindo o efeito estufa, mudança climática, aquecimento global, bem como a introdução dos conceitos de ebulição global e sequestro de carbono. Durante as exposições, os deve-se estimular o debate não apenas dos conceitos em questão, mas também a sua importância, as consequências associadas, incentivando-se a proposição de sugestões para atenuar os impactos e o estabelecimento de conexões entre os experimentos realizados, os dados disponíveis e os tópicos pesquisados para ilustrar as apresentações, os estudantes podem utilizar os recursos disponíveis em sala de aula, como slides, maquetes ou cartazes. O(A) professor(a) deve mediar os debates e esclarecer dúvidas.



Aula 9: Vídeo carbono e Vida

Objetivo: Identificar o elemento químico carbono como necessário à vida e compreender o ciclo do carbono; relacionar a importância da fotossíntese com a sobrevivência dos seres vivos

Recursos: Projetor multimídia ou outro equipamento visual.

Descrição da atividade: Exibir a animação intitulada "Carbono e Vida" (OLIVEIRA, OMETTO; LOYOLLA, 2011), que explora a relação entre o carbono e a massa dos seres vivos, com ênfase especial nas plantas. A animação aborda a presença de carbono na atmosfera e conexão com processos como a fotossíntese e a respiração celular. Além disso, destaca como o carbono é transferido ao longo da cadeia alimentar e sua importância nas plantas, evidenciando a captura de carbono e seu sequestro. A animação conclui enfatizando a importância de calcular a pegada de carbono, relacionando-a com a aula em que os estudantes calcularam e perceberam a quantidade de carbono que liberam na atmosfera. Após assistir ao vídeo, promover uma roda de conversa a partir de uma questão norteadora.



Sugestão de questão:

Qual a relação do carbono da atmosfera com a vida?



Terceiro momento: aplicação do conhecimento

Aula 10: Plantio de mudas de árvores

Objetivos: Compreender o conceito de sequestro de carbono e ser capaz de se perceber como parte integrante do ambiente e verificar a importância da sensibilização em relação à sustentabilidade através da pegada de carbono.

Recursos: Mudanças, adubo, calcário, pá, cavadeira e área para o plantio

Descrição da atividade: Este momento serve para internalizar todos os conhecimentos produzidos pela aula e sintetizar os aspectos mais importantes e propor uma ação de sensibilização com o plantio de mudas nativas visando a contribuição da neutralização do carbono. Como sugestão você pode verificar a existência de locais de distribuição de mudas em sua cidade, junto à administração municipal ou órgãos ambientais. No Paraná, as mudas poderão solicitadas pelo site do Instituto Água e Terra (IAT) ou pelo Aplicativo Paraná Mais Verde. O local de plantio das mudas deve, primeiramente, ser selecionado e se necessário, agendado. Em alguns casos, é necessário fazer a solicitação por meio de ofício aos cuidados do responsável do local escolhido do município. A saída de campo para o plantio deve ser agendada com antecedência, autorizada por escrito pelos responsáveis dos estudantes e, se possível, no horário das aulas. Lembrar que, nas autorizações devem constar informações sobre o objetivo da atividade, local, data e horário de saída e retorno. Para o deslocamento, pode ser solicitado transporte escolar cedido pelo município ou fretado. O estudante com impedimento de participar das atividades propostas em sala ou de se deslocar para a saída de campo não poderá ser prejudicado em relação a notas devendo ser prevista uma atividade alternativa sobre o tema e, em um segundo momento, será convidado a realizar a atividade de sensibilização na própria escola com plantio da muda em um vaso.

O fechamento poderá ser realizado a partir da exposição, interpretação e discussão dos resultados de todos os experimentos de forma integrada com os conceitos teóricos estudados. Se necessário, poderá ser incluída uma lição de casa e/ou uma fala expositiva.

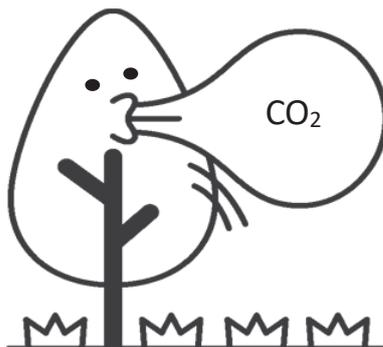


Avaliação

A combinação de diferentes tipos de avaliação pode oferecer uma visão mais completa e precisa do desempenho e do progresso dos estudantes.

AVALIAÇÃO	
✓	Avaliação Formativa: Avaliação contínua e acontece durante o processo de aprendizagem. Pode incluir feedback, questionários, publicações em sala de aula, trabalhos práticos, entre outros.
✓	Avaliação por apresentações: Os estudantes apresentam o que aprenderam, seja por meio de seminários, apresentações em sala de aula, debates ou outras formas de comunicação verbal.
✓	Avaliação por participação: Os estudantes são avaliados com base em sua participação em sala de aula, discussão, atividades em grupo e interações.
✓	Avaliação por portfólio: Os estudantes compilam uma coleção de seu trabalho ao longo do tempo para mostrar seu progresso, habilidades e conhecimentos adquiridos.

FONTE: A autora (2023)



Referências



BRASIL. Ministério da Educação - MEC. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, 2018
Disponível em
http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_-versaofinal_site.pdf.
Acesso em 20 mai. 2022.

IPCC, 2022: **Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability**. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Lösschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA, 3056 pp., doi:10.1017/9781009325844.

MUENCHEN, C.; DELIZOICOV, D. Os três momentos pedagógicos e o contexto de produção do livro "Física". **Ciênc. educ. (Bauru)**. v. 20, n. 3, p. 617-638. Disponível em:
<https://doi.org/10.1590/1516-73132014000300007>. Acesso em 30 ago. 2022

OLIVEIRA, G.S; OMETTO, J.P.H.B.; LOYOLLA, E.F.C. Carbono e vida. **YouTube**. 2011
Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ZSiU6N8tBzl>. Acesso em: 20 mai. 2022.

PARANÁ. Secretaria Estadual de Educação do Paraná (SEED) **Referencial Curricular para o novo ensino médio do Paraná 2021**. Disponível em
https://www.educacao.pr.gov.br/sites/default/arquivos_restritos/files/documento/2021-08/referencial_curricular_novoem_11082021.pdf. Acesso em 20 mai. 2022.

PEIXOTO, P.H.P. ; PIMENTA, M.R.; REIS, L.B. **Fisiologia vegetal: uma abordagem prática em multimídia**. Universidade Federal do Juiz de Fora. 88 pp., s.d. Disponível em
<https://docplayer.com.br/108400169-Fisiologia-vegetal-uma-abordagem-pratica-em-multimidia.html> Acesso em 21.dez. 2022.