

TÍTULO. UMA TRILHA CONSCIENTE NA PEGADA DO CARBONO



AUTORES. Francieli Gonçalves Azeredo; Jaime Paba Martínez

INSTITUIÇÃO. Mestrado Profissional em Ensino de Biologia-ProfBio, Universidade Federal do Paraná (UFPR)

CONTEÚDOS ABORDADOS

Pegada de Carbono, degradação ambiental e sustentabilidade

INTRODUÇÃO

A relação entre seres humanos e natureza sofreu grandes mudanças a partir da Revolução Industrial, no século XVIII (BRAZ & SILVA, 2020; CESARIO & MANSILLA, 2020). Desde então, avanços tecnológicos e científicos contribuíram para alterar o modo de vida da população (PEREIRA, 2023) e resultaram no aumento de sua expectativa de vida (CESARIO & MANSILLA, 2020) e na formação de aglomerados urbanos (BRAZ & SILVA, 2020). Esses avanços trouxeram também a emissão de poluentes pelas fábricas, o surgimento e a popularização do automóvel (BRAZ & SILVA, 2020), o desmatamento, a sobre-exploração de recursos naturais e o acúmulo de resíduos e gases no solo, águas e na atmosfera (REIS, 2004).

Dentro desse contexto, o mundo contemporâneo vive uma crise ambiental, fato que, mesmo sendo motivo de grande preocupação, ainda é negado por muitos (LATOUR, 2004; MARQUES, 2005; MARUYAMA, 2009; MOLION, 2008). O desequilíbrio ambiental não é um problema recente (GOMIDE, et al., 2018) e pode afetar o futuro da humanidade, motivo pelo qual tem causado mobilização de governos e da sociedade civil (CARVALHO, 2017).

Alterações atmosféricas causadas por ações antrópicas, através da queima de combustíveis fósseis (ARTAXO, 2014; FALCI & CARVALHO, 2022), possuem efeitos no clima do planeta, tema que causa controvérsias envolvendo aspectos políticos, econômicos, científicos e sociais (LIMA, 2009; ANDRADE, 2007). As mudanças climáticas possuem relação com o aumento exagerado de emissões principalmente de dióxido de carbono e metano, conhecidos como “gases de efeito estufa” ou GEE (PIMENTEL, 2011; FALCI & CARVALHO, 2022).

Essencial para a vida na Terra, o efeito estufa é um fenômeno físico natural que estabiliza a temperatura do planeta. Porém, a elevação da concentração atmosférica de gases de efeito estufa tem causado a intensificação do aquecimento global e levado a mudanças no clima (MIRANDA, et al., 2016).



Estudos indicam que alterações climáticas já apresentam efeitos sobre os ecossistemas e na organização socioeconômica (ARTAXO, 2014; IPCC, 2018; FALCI & CARVALHO, 2022), e que são agravadas pela explosão da população humana (*overpopulation*) e pelo consumo excessivo de recursos (*overconsumption*) (ALVES, 2007).

O consumismo, o descaso com o meio ambiente e uma estrutura econômica preocupada apenas com o lucro não são algo viável a longo prazo, pois os recursos naturais são finitos (COUTINHO, et al., 2012; ARTAXO, 2014). A sustentabilidade é a base para a preservação do planeta e das espécies (LEACH et al., 2021), pois, apoiada em pilares ambientais, sociais e econômicos (ELKINGTON, 2012), almeja um desenvolvimento que não comprometa o atendimento das necessidades das gerações futuras (JAPIASSU & GUERRA, 2017).

Diante da complexidade dos problemas ambientais da atualidade, é fundamental que ocorra uma mudança de comportamento em relação ao ambiente e que ações sejam tomadas a fim de atenuar a crise ambiental (LOPES & TENÓRIO, 2011; CARVALHO et al., 2021; PEREIRA, 2023). A Educação Ambiental tem o poder de instigar os indivíduos a reexaminarem suas concepções e hábitos, visando a prepará-los para uma interação mais equilibrada e duradoura com o ambiente que os cerca (TREVISOL, 2003; GOMIDE et al., 2018).

A escola, como local de construção de conhecimento, precisa desenvolver práticas educativas que sejam contextualizadas e desafiadoras (GIODAN & GALLI, 2014; CESARIO E MANSILLA, 2020), encorajando os estudantes a utilizarem os conceitos teóricos aprendidos em sua realidade local (CARVALHO et al., 2021), transformando hábitos e práticas sociais para o desenvolvimento de uma cidadania ambiental (JACOBI, 2005). A promoção de uma consciência ambiental requer que o aluno se identifique agente atuante nesse contexto, o que demanda a apresentação do conteúdo de forma menos reducionista (FALCI & CARVALHO, 2022) e que estimule a reflexão sobre realidade local, regional e global (ASANO & POLETTI, 2017). A importância de ações como essas são reforçadas pela Base Nacional Comum Curricular (BNCC) e representam uma das competências específicas de ciências da natureza e suas tecnologias (BRASIL, 2018).

A Pegada do Carbono, definida como o cálculo total da emissão de gases do efeito estufa causada por indivíduos, eventos ou produtos (ABNT, 2021; INTERNATIONAL STANDARD, 2018), pode auxiliar na quantificação da emissão de poluentes relacionados a mudanças climáticas e, portanto, tem se mostrado uma ferramenta capaz de atuar na conscientização para esse problema ambiental (ARBEX & PEROBELLI, 2010; DUBOIS et al., 2019). Desse modo, o educando, baseado em evidências por ele coletadas, pode elaborar raciocínios que sustentem tomadas de decisões em assuntos cotidianos, colaborando para a continuidade de sua alfabetização científica (SCARPA & CAMPOS, 2018).



Pensada para ser usada com estudantes da terceira série do ensino médio, a sequência didática (SD) aqui apresentada busca desenvolver a consciência ambiental do aluno a partir de dados do seu cotidiano, a fim de mostrar ao educando a sua participação ativa na degradação do ambiente e reforçar a sua responsabilidade no desenvolvimento de um mundo mais sustentável.

OBJETIVOS

Objetivo geral



Compreender a interferência antrópica no ciclo da matéria; relacionar temas como produção de energia e sustentabilidade com problemas da sociedade moderna; reconhecer o ser humano, de forma individual e coletiva, como agente ativo nos processos de degradação e proteção do ambiente.

Objetivos específicos

Espera-se que aluno ao finalizar sua participação na sequência didática proposta seja capaz de:

- Reconhecer a interferência do ser humano nos ciclos da matéria.
- Identificar relações entre poluição ambiental e sociedade.
- Compreender o papel do indivíduo na preservação do ambiente.
- Propor alternativas sustentáveis para diminuir os efeitos dos desequilíbrios ambientais relacionados ao aumento de CO₂ na atmosfera.

COMPETÊNCIAS E HABILIDADES NA BNCC

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 (BRASIL, 2018, p. 555).

EM13CNT104 Avaliar os benefícios e os riscos à saúde e ao ambiente, considerando a composição, a toxicidade e a reatividade de diferentes materiais e produtos, como também o nível de exposição a eles, posicionando-se criticamente e propondo soluções individuais e/ou coletivas para seus usos e descartes responsáveis. (BRASIL, 2018, p. 555).

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. (BRASIL, 2018, p. 555).

EM13CNT106 Avaliar, com ou sem o uso de dispositivos e aplicativos digitais, tecnologias e possíveis soluções para as demandas que envolvem a geração, o transporte, a distribuição e o consumo de energia elétrica, considerando a disponibilidade de recursos, a eficiência energética, a relação custo/benefício, as características geográficas e ambientais, a produção de resíduos e os impactos socioambientais e culturais (BRASIL, 2018, p. 555).

EM13CNT301 Construir questões, elaborar hipóteses, previsões e estimativas, empregar instrumentos de medição e representar e interpretar modelos explicativos, dados e/ou resultados experimentais para construir, avaliar e justificar conclusões no enfrentamento de situações-problema sob uma perspectiva científica. (BRASIL, 2018, p. 559).

EM13CNT302 Comunicar, para públicos variados, em diversos contextos, resultados de análises, pesquisas e/ou experimentos, elaborando e/ou interpretando textos, gráficos, tabelas, símbolos, códigos, sistemas de classificação e equações, por meio de diferentes linguagens, mídias, tecnologias digitais de informação e comunicação (TDIC), de modo a participar e/ou promover debates em torno de temas científicos e/ou tecnológicos de relevância sociocultural e ambiental. (BRASIL, 2018, p. 559).

EM13CNT309 Analisar questões socioambientais, políticas e econômicas relativas à dependência do mundo atual em relação aos recursos não renováveis e discutir a necessidade de introdução de alternativas e novas tecnologias energéticas e de materiais, comparando diferentes tipos de motores e processos de produção de novos materiais. (BRASIL, 2018, p. 560).

DESENVOLVIMENTO

Público-alvo

Estudantes da terceira série do ensino médio



Visão geral da proposta

A sequência didática inicia e finaliza usando música como ferramenta instigadora e lúdica para os discentes. Ao longo do roteiro didático os alunos analisarão informações decorrentes de um texto e um documentário; coletarão o lixo não compostável por eles consumido e farão o cálculo da sua pegada de carbono. As informações por eles apuradas serão usadas finalmente para discutir o papel individual no processo de degradação ambiental e a plausibilidade das propostas mais atuais para a sua contenção.

Materiais e recursos didáticos

A SD aqui apresentada, faz uso de diferentes ferramentas e materiais



- Aula expositiva: artigo, vídeos, músicas, lousa, slides, retroprojektor;
- Aula prática: luvas descartáveis, lixo coletado pelos alunos, sacos de lixo e balança;
- Aula em laboratório: computadores com acesso à internet, calculadoras *online* de pegada do carbono.

Roteiro didático

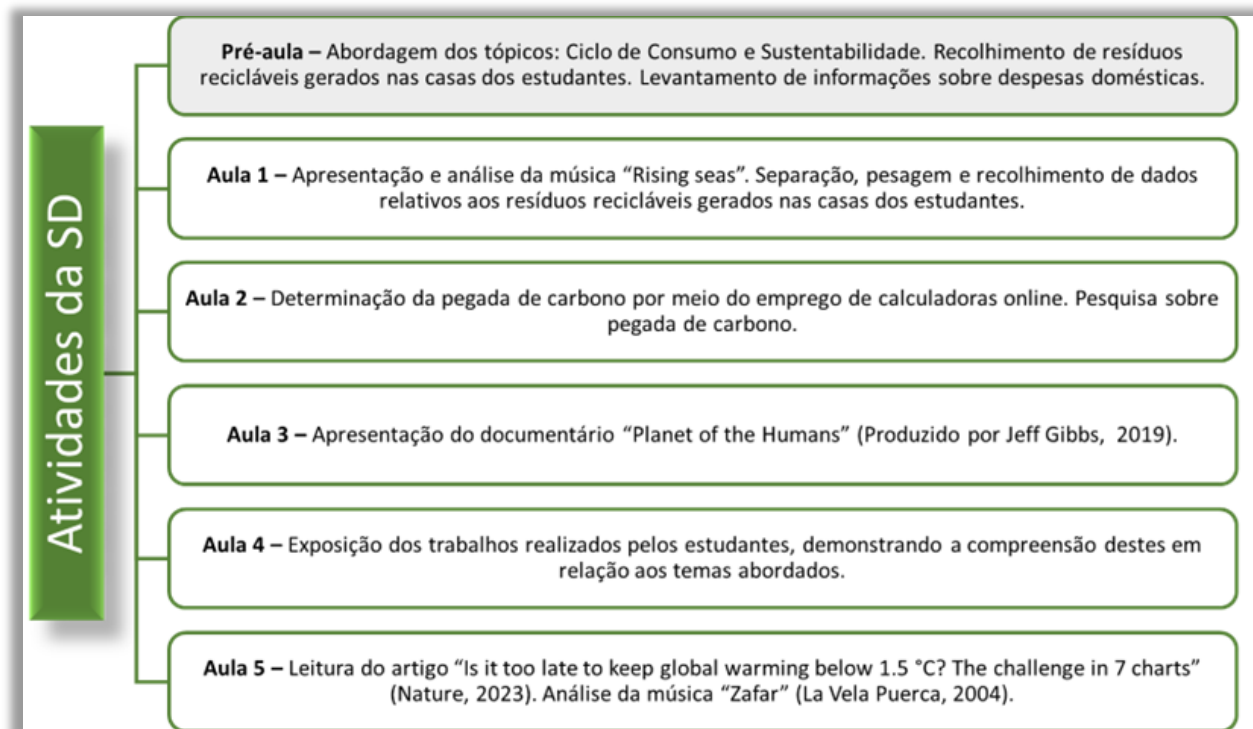
Antes da implementação dessa SD, os estudantes deverão ter sido expostos aos conteúdos de sustentabilidade e ao ciclo biogeoquímico do carbono, recebendo instruções para realizar algumas atividades preliminares à aula, sendo elas:



- Coleta de lixo reciclável produzido em suas residências durante 15 dias, para uso em atividade do colégio;
- Coleta de dados da residência, tais como: valor pago em contas de luz, gás e água e quilometragem rodada mensalmente por carro na residência.

A aplicação da SD é dividida em cinco momentos (figura 1).

Figura 1 – Fluxograma de aplicação da SD.



Fonte: Autor.

Aula 1

Com duas semanas de antecedência a esta aula o professor deverá instruir seus alunos a coletarem o lixo reciclável produzido na sua residência durante 15 dias. Para isso os alunos deverão lavar o material, deixar secar e guardar em sacolas até a data desta aula.



Para introduzir o conteúdo apresentar o vídeo e letra da música *Rising Seas* (figura 2), lançada em 2021, às vésperas da conferência das Nações Unidas sobre mudanças climáticas (COP26), pela banda australiana *Midnight Oil* (disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bow91gmiQXA&t=7s>). A música, pertencente ao álbum intitulado "*Resist*" de 2022, faz um alerta a respeito das mudanças climáticas. A agrupação é considerada uma banda de rock eco ativista.

Figura 2 – Música Rising Seas (Midnight Oil, 2021)

<i>Rising Seas</i>	<i>Mares Crescentes</i>
<i>Every child, put down your toys And come inside to sleep We have to look you in the eye And say, "we sold you cheap"</i>	<i>Crianças deixem seus brinquedos e venham logo se deitar eu preciso olhar nos seus olhos e dizer que vendemos vocês barato</i>
<i>Let's confess, we did not act With serious urgency So open up the floodgates To the rising seas.....</i>	<i>Confesso que não agimos com a urgência necessária Então abramos as comportas e deixemos o oceano entrar....</i>
<i>Temperature rising Climate denying Fever is gripping Nobody's listening Lustre is fading Because nobody's trading Wall Street is jumping Still the music keeps pumping</i>	<i>Temperatura subindo Negação a mudanças climáticas A febre está aumentando Ninguém está escutando O brilho está desaparecendo Porque ninguém está negociando Wall Street está em recessão Ainda assim, a música continua tocando</i>
<i>If you can't decide Between wrong and right If you can't see through All that you hold true</i>	<i>Se você não pode decidir Entre o errado e o certo Se você não pode ver através Tudo o que você considera verdadeiro se mantém verdadeiro</i>
<i>Queen of the firmament Lord of all beneath Masters of the universe We're all refugees And in many countries they adore celebrities Open up the floodgates To the rising seas</i>	<i>Rainha do firmamento Senhor de tudo que há na Terra Mestres do universo Somos todos refugiados E em muitos países eles adoram celebridades Abra as comportas Para a subida dos oceanos</i>
<i>Dinosaur stories Reliving past glories Lusting for gold F-f-fishing for souls They said it was coming We knew it was a-coming</i>	<i>Histórias de dinossauros Revivendo glórias passadas A busca pelo ouro Pescando almas Eles disseram que ia acontecer Sabíamos que ia acontecer</i>
<i>If you lift your game Put your toys away Well it looks like rain On that western plain</i>	<i>Se você melhorar sua atitude Guarde seus brinquedos Bem, parece chuva Naquela planície ocidental</i>
<i>Queen of the firmament Lord of all beneath Masters of the universe We're all refugees And in many countries they adore celebrities Open up the floodgates To the rising seas</i>	<i>Rainha do firmamento Senhor de tudo que há na Terra Mestres do universo Somos todos refugiados E em muitos países eles adoram celebridades Abra as comportas Para a subida dos oceanos</i>

Fonte: autor.

Após assistirem o vídeo, os alunos devem ser instigados a responder oralmente algumas perguntas (figura 3), de forma a refletir sobre o tema e

relacionar a interferência humana no ciclo do carbono com problemas ambientais.

Figura 3 – Questões propostas a partir da música *Rising Seas* (Midnight Oil, 2021).

<i>Questões para reflexão</i>	
1.	Quais problemas ambientais são tratados pela música <i>Rising Seas</i> ?
2.	Qual a relação entre a crise climática e o aumento do efeito estufa?
3.	Quais são os principais agentes causais do efeito estufa?
4.	Como agem estes agentes?
5.	Quais as consequências observadas e as esperadas do aumento desses agentes na atmosfera?
6.	O que podemos fazer para contribuir para a diminuição desses gases na atmosfera?

Fonte: autor.

Ainda nessa aula os alunos deverão trazer para a sala o lixo reciclável, produzido em suas residências (figura 4) ao longo de 15 dias. O material coletado será então separado em categorias (usando luvas de proteção), sendo elas: plástico, metal, vidro e papel.

Figura 4 – Alunos separando lixo reciclável coletado



Fonte: autor.

Após a separação, esse material será pesado com o auxílio de uma balança digital corporal e os dados anotados (figura 5). Na posse desses dados, os estudantes calcularão a média de lixo reciclável produzido por aluno durante 15 dias, para então extrapolar esses dados para produção de lixo reciclável pela turma em diferentes períodos (produção diária, mensal e anual)

Figura 5 – Exemplo de dados coletados pelos alunos durante a aula.

Material reciclável coletado pelos alunos		
Material	Quantidade (gramas)	
	3ª série - Turma G	3ª série - Turma H
Metal (alumínio)	500	90
Papel	12.901	1.000
Plástico	5.253	3.404
Vidro	1.494	390
Contribuição total	10 alunos	4 alunos

Fonte: Autor.

Aula 2.

Em uma atividade a ser realizada no laboratório de informática do colégio, os alunos serão orientados a pesquisar o significado da frase “pegada de carbono” e na sequência utilizar calculadoras on-line para determinar a quantidade de CO₂ por eles produzida (figura 6). Como sugestão os alunos poderão utilizar as calculadoras disponibilizadas pelas organizações *Iniciativa Verde* (<https://iniciativaverde.org.br/calculadora>) e *Global Footprint Network* (https://www.footprintcalculator.org/sponsor/wb/wb_pt), pela facilidade de uso e por ambas serem escritas em português (tabelas 1 e 2).

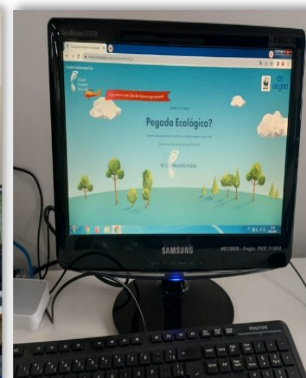


Figura 6 – Alunos utilizando calculadoras de “Pegada do Carbono”

Fonte: autor.

Ainda no laboratório de informática os alunos são encaminhados a pesquisar e responder algumas questões (figura 7), a serem entregues no final da aula, direcionadas ao tema.

Figura 7 – Questões referentes a “pegada do Carbono”

Questões “Pegada do Carbono”	
1.	O que é a “pegada do Carbono”?
2.	O que são “créditos de Carbono”?
3.	Quais atividades humanas que estão associadas ao efeito estufa e mudança climática?
4.	Como o acúmulo de dióxido de carbono na atmosfera atua sobre a temperatura e a vida nos oceanos?
5.	Que saídas para tais problemas são apresentadas pelo governo e pela mídia?
6.	As saídas ou soluções apresentadas são plausíveis. Justifique sua resposta.

Fonte: autor.

No final desta aula cada aluno, usando as calculadoras virtuais ou busca livre na internet, deverá ter determinado a sua pegada mensal de carbono (tabela 1)

Tabela 1. Exemplo de valores de consumo a serem inseridos na plataforma virtual *Iniciativa verde* (<https://iniciativaverde.org.br/calculadora>).

		Emissão CO ₂ (kg) familiar		Emissão individual	
		mensal	anual	mensal	anual
Conta luz kWh/mês	81	6,07	72,9		
Consumo gás (m ³)	4	8,26	99,22		
Consumo água (m ³)/mês	10				
Km rodados/carro/mês	600	76,8	921,6		
Plástico (kg/mês)					
Papel (kg/mês)		20			
Metal (kg/mês)					

Tabela. Exemplo de valores avaliados de consumo individual na plataforma *Global footprint network* (https://www.footprintcalculator.org/sponsor/wb/wb_pt).

Frequência consumo produtos de origem animal	30%
Frequência de consumo de comida não processada	85%
Tipo de moradia	apartamento
Material de construção da sua casa	Tijolo e cimento
Tamanho da casa e número de pessoas	48 m ² / 1 pessoa
Eficiência energética em casa	média
Porcentagem de energia renovável consumida em casa	média
Compras anuais de mobiliário doméstico	baixa
Distância semanal percorrida em automóvel	141 km

Aula 3.

Como forma de incentivo à reflexão mais aprofundada do tema, o documentário *Planet of the Humans* (disponível em: <https://youtu.be/Zk11vl-7czE>), produzido por Jeff Gibbs, com 1h 40min de duração, e lançado em 2019, é apresentado em sala. Opcionalmente é solicitado aos alunos assistirem primeiro em casa. A partir do documentário podem ser realizados alguns questionamentos aos alunos que servirão como fio condutor de uma discussão em sala de aula:



- O documentário levanta dúvidas sobre a verdadeira sustentabilidade das energias renováveis como a energia eólica, elétrica e o hidrogênio. Que argumentos são usados para afirmar que estas não são tão “verdes” assim? Você concorda com tais argumentos?
- O documentário aborda o papel das empresas e governos na busca por soluções sustentáveis. Como você vê as medidas adotadas pelo Brasil e pelo mundo para a transição para um futuro mais sustentável? Poderia citar alguns exemplos para sustentar sua afirmação?
- Retirada do debate encontra-se talvez a única coisa que pode nos salvar: modular a presença e o consumo humano descontrolado. Por que isso não é abordado como solução?

No final da atividade o professor poderá usar o quadro negro ou ferramenta virtual para em conjunto com os seus alunos criar um mapa mental contendo as principais ideias extraídas do documentário e da discussão.

Aula 4.

Nesta aula os alunos deverão ler e refletir sobre o conteúdo do artigo (traduzido) *“Is it too late to keep global warming below 1.5 °C? The challenge in 7 charts”*, publicado em novembro de 2023, por Jeff Tollefson.



Posteriormente, utilizando a técnica de Phillips 66, realizar a leitura, análise e reflexão da tradução do artigo.

A técnica de Phillips 66 consiste em:

“dividir os participantes em subgrupos com seis pessoas cada, para que discutam durante seis minutos um tema pré-estabelecido. Em seguida, cada elemento de cada subgrupo recebe um número para, depois, reunir-se novamente, dessa vez, os de números 1 (um) num grupo; os de número 2 (dois) em outro e assim por diante (BORDENAVE & PEREIRA, 2008).

O método, difundido por J.D. Phillips, não é rígido e pode ser adaptado, conforme a necessidade, alterando o tempo e o número de participantes, estimulando a troca de ideias, encorajando a divisão de trabalho e criando uma atmosfera informal (RODRIGUES & CARVALHO, 2012; DYBAS et al., 2012).

Para finalizar o roteiro didático de maneira lúdica o professor poderá usar o vídeo e letra da música *“Zafar”* (figura 9), lançada em 2004 pela banda uruguaia La Vela Puerca (disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OtPz-UQVK-k&list=RDOtPz-UQVK-k&start_radio=1&rv=OtPz-UQVK-k&t=92). Com ela pode-se incentivar os alunos a exporem suas opiniões sobre o apelo à consciência ambiental implícito na canção e ainda cantar juntos.

Figura 9 – Música Zafar (La Vela Puerca, 2004).

Zafar	Livrar / Soltar
<i>Soy de la ciudad con todo lo que ves Con su ruido, con su gente, consume vejez Y no puedo evitar, el humo que entra hoy Pero igual sigo creciendo, soy otro carbón No voy a imaginar, la pena en los demás Compro aire y si es puro, pago mucho más No voy a tolerar, que ya no tengan fe Que se bajen los brazos, que no haya lucidez</i>	<i>Sou da cidade com tudo o que vê Com seu ruído, com sua gente, consome velhice E não posso evitar a fumaça que entra hoje Mas mesmo assim sigo crescendo, sou outro carvão Não vou imaginar a pena nos demais Compro ar e se é puro, pago muito mais Não vou tolerar que já não tenham fé Que abaixem os braços, que não haja lucidez</i>
<i>Me voy, volando por ahí Y estoy, convencido de ir Me voy, silbando y sin rencor Y estoy, zafando del olor</i>	<i>Vou, voando por aí E estou convencido de ir Vou, assobiando e sem rancor E estou me safando do cheiro</i>
<i>Me encontré con la gente, que sabe valorar Que de turista en la capital, han sabido vagar Y no ha encarado al fin la cruda realidad De respirar hollín, de llorar alquitrán Y empiezo a envejecer, sudando mi verdad Criado pa' toser, con mucha variedad Y adonde ira parar, cargando con mi olor Deberíamos andar desnudos pa' sentirnos mejor</i>	<i>Encontrei com a gente que sabe valorizar Que de turista na capital, soube vagar E não encarei ao fim a crua realidade De respirar fuligem, de chorar piche E começo a envelhecer, suando minha verdade Criado para tossir, com muita variedade E aonde irá parar, carregando o meu cheiro Deveríamos andar nus para nos sentirmos melhor</i>
<i>Me voy, volando por ahí Y estoy, convencido de ir Me voy, silbando y sin rencor Y estoy, zafando del olor (epa)</i>	<i>Vou, voando por aí E estou convencido de ir Vou, assobiando e sem rancor E estou me safando do cheiro</i>
<i>Soy de la ciudad con todo lo que ves Con su ruido, con su gente, consume vejez Y no puedo evitar, el humo que entra hoy Pero igual sigo creciendo, soy otro carbón No voy a imaginar, la pena en los demás Compro aire y si es puro, pago mucho más No voy a tolerar, que ya no tengan fe Que se bajen los brazos, que no haya lucidez</i>	<i>Sou da cidade com tudo o que vê Com seu ruído, com sua gente, consome velhice E não posso evitar a fumaça que entra hoje Mas mesmo assim sigo crescendo, sou outro carvão Não vou imaginar a pena nos demais Compro ar e se é puro, pago muito mais Não vou tolerar que já não tenham fé Que abaixem os braços, que não haja lucidez</i>
<i>Me voy, volando por ahí Y estoy, convencido de ir Me voy, silbando y sin rencor Y estoy, zafando del olor</i>	<i>Vou, voando por aí E estou convencido de ir Vou, assobiando e sem rancor E estou me safando do cheiro</i>
<i>Me voy, volando por ahí Y estoy, convencido de ir Me voy, silbando y sin rencor Y estoy, zafando del olor</i>	<i>Vou, voando por aí E estou convencido de ir Vou, assobiando e sem rancor E estou me safando do cheiro</i>

Fonte: Autor.

A avaliação pode ser realizada de acordo com a participação dos estudantes nas diferentes etapas da SD, levando em consideração engajamento, interesse em sala de aula, respostas (orais e escritas) das questões propostas, apresentação final e colaboração com os colegas. Uma rubrica de avaliação é sugerida como ferramenta para facilitar a observação do desenvolvimento dos estudantes ao longo desse processo (figura 10).

Figura 10 – Rubrica para avaliar desempenho individual do aluno durante a aplicação da SD.

Critérios	Itens de avaliação	Atende	Atende parcialmente	Não atende
Coleta separação e pesagem do lixo reciclável	Aluno coletou material solicitado			
	Aluno auxiliou colegas na separação, pesagem do material e coleta de dados			
Participação em sala	Aluno estava engajado nas atividades propostas			
Respostas para as questões propostas	Aluno contribuiu com repostas as questões orais			
	Aluno demonstrou conhecimento nas questões escritas			
Apresentação final	Aluno participou ativamente da apresentação final			

Fonte: autor.

Considerações finais

O presente roteiro didático foi utilizado e avaliado em turmas do ensino médio de uma escola da rede pública paranaense, e algumas observações são aqui compartilhadas. Verificou-se que os alunos possuem compreensão adequada para o termo “efeito estufa”, conseguem compreender a importância desse fenômeno natural bem como as causas e consequências do seu agravamento por ações antrópicas. Os estudantes conseguiram ainda relacionar o efeito estufa com a crise climática, porém, ao propor ações para mitigar seus efeitos no ambiente, notou-se a falta de reconhecimento do indivíduo como um importante agente causal no desequilíbrio ambiental. A maior parte das propostas para minimizar os impactos dos GEE focaram em ações voltadas para indústrias e meios de transporte. Ainda foi evidente que parte dos estudantes não consegue integrar os conhecimentos sobre o aquecimento global, adquiridos na escola, com a sua cotidianidade, como resultado, não adotam práticas ambientalmente responsáveis em seu dia a dia (FALCI & CARVALHO, 2021). Porém à medida que as aulas avançaram os discentes passaram a ter mais consciência da sua contribuição pessoal no desequilíbrio ambiental atual. Quando o estudante reconhece que é um integrante ativo do meio em que vive, surge uma oportunidade de estimular o desenvolvimento de atitudes mais sustentáveis sem a necessidade de imposições legais, pois, aliada a sensação de pertencimento, vem o entendimento de que suas ações podem reverberar de maneira positiva ou negativa em todos os outros organismos que coexistem nesse mesmo cenário (COUTINHO, et al., 2012). Um exemplo notável dessa reflexão foi observado ao término das atividades, quando muitos estudantes passaram a adotar canecas



pessoais em substituição aos copos descartáveis. Além disso, começaram a zelar pelo descarte adequado do lixo na sala de aula, manifestando preocupação com colegas que não o faziam de maneira apropriada. Essas temáticas também foram incorporadas em diálogos informais em diferentes contextos, demonstrando a assimilação e aplicação prática dos assuntos discutidos em sala de aula. Isso pode ser exemplificado com a fala de umas das alunas participantes da SD.

“Há dois anos, quando vim morar em Curitiba, com meu pai e minha madrasta, tive que aprender muita coisa. Durante a aula onde separamos o lixo na sala lembrei que eu não tinha esse costume na cidade onde vivia, e quando cheguei aqui minha madrasta cobrava a separação do lixo e eu achava uma frescura! Depois virou hábito, mas nunca tinha parado para pensar a importância disso. Quando estudamos sustentabilidade, até me choquei com a quantidade de lixo produzida no mundo, mas me vi ali. Só quando separamos o lixo em sala e fizemos os cálculos da quantidade que cada aluno produz é que consegui de fato pensar no assunto e sentir minha responsabilidade nisso tudo. Enquanto preparava a apresentação escutei o sininho do caminhão do lixo reciclável e me senti feliz por entender melhor que separar o lixo nunca foi frescura e nem desperdício de tempo. Hoje vejo a campanha da “Família Folha” aqui da cidade como uma oportunidade de conscientizar as pessoas desde pequenas para que elas não demorem tanto para entender seu papel em questões que envolvem o meio ambiente” (aluna M. V., 3ª série H).

AGRADECIMENTOS

Esta Atividade de Aplicação em sala de aula foi desenvolvida no Colégio da Polícia Militar do Paraná - Cel. PM. Felipe de Sousa Miranda, Município Curitiba, sob a orientação do Prof. Dr. Jaime Paba Martinez, e contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), que financia o PROFBIO.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. O que é a pegada do carbono? Disponível em: <https://www.abntonline.com.br/sustentabilidade/Pegada/#:~:text=O%20que%20%C3%A9%20Pegada%20de,primas%20ate%20seu%20descarte%20final>.

Acesso em 15/11/2023.

ALVES, J., E., D. População, pobreza e meio ambiente. Bahia Análise e Dados (Salvador). v.17, n.1, p. 741-750, abr/jun, 2007.

ANDRADE, C. S. P. A complexidade da natureza e a natureza complexa dos problemas ambientais contemporâneos: pontos para reflexão. Revista de Geografia, Recife, v. 24, n. 1, p. 35-46, 2007.

ARAUJO, L. P. de; MENDONÇA, F. J. S. de F.; TAVARES, R. S. M.; KOHLRAUSCH, T. B.; CHAVES, J. I. M. Diagnóstico das práticas de descarte dos resíduos sólidos em comunidades. Revista Produção Online. Florianópolis, SC, v. 21, n. 3, p. 930-950, 2021.

ARBEX, M.; PEROBELLI, F. Solow meets Leontief: Economic growth and energy consumption. Energy Economics, v. 32, p.43–53, 2010.

ARTAXO, P. Dossiê do clima: Mudanças climáticas e o Brasil. Revista USP (São Paulo), n. 103, p. 8-12, 2014.

ASANO, J. G. P. e POLETTO, R. S. Educação Ambiental: Em busca de uma sociedade sustentável, e os desafios enfrentados nas escolas. Revista Caderno Pedagógico, Lajeado, RS, v. 14, n. 1, 2017.

BORDENAVE, J. D.; PEREIRA, A. M. Estratégias de Ensino aprendizagem. 29ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2008.

BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. Brasília, 2018.

BRAZ, S. N.; SILVA, L. H. V. da. Pegada de carbono: uma análise bibliométrica. Caderno Meio Ambiente e Sustentabilidade, v. 9, n. 17, 2020.

CARVALHO, I. C. M. Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico. Cortez Editora. 2017.

CARVALHO, M.; FIGUEIREDO, J. N. de; CAVALCANTI, G. C.; FREIRE, R. de S.; MACHADO, L.; ABRAHÃO, R. Educação ambiental por meio de um app para quantificação de pegada de carbono. Research, Society and Development, v. 10, n. 1, 2021.

CESARIO, A. F.; MANSILLA, D. E. P. Ensino de biologia: As mudanças climáticas no contexto escolar. *Ciência Geográfica (Bauru)*, v. XXIV, n. 4, jan./dez, 2020.

CONKE, L. S.; NASCIMENTO, E. P. do. A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica. *Revista Brasileira de Gestão Urbana-DF, Brasil*, 2018.

COUTINHO A., da S.; REZENDE, I.; M.; N.; ARAÚJO, M. L. F. Aproximações entre ecologia e educação ambiental: um estudo com estudantes de terceiro ano do ensino médio em Recife – PE. *Rev. Eletrônica Mestr. Educ. Ambient.* ISSN 1517-1256, v. 29, julho a dezembro de 2012.

DORNELES, V. R.; SOUZA, M. A. S. de. Abordagem ambiental nos currículos dos cursos de engenharia de uma universidade do Sul do Brasil. *Natural Resources*, v. 9, n. 2, p. 43-58, 2019.

DUBOIS, G.; SOVACOOOL, B.; AALL, C.; NILSSON, M.; BARBIER, C.; HERRMANN, A.; BRUYÈRE, S.; ANDERSSON, C.; SKOLD, B.; NADAUD, F.; DORNER, F.; MOBERG, K. R.; CERON, J. P.; FISCHER, H.; AMELUNG, D.; BALTRUSZEWICZ, M.; FISCHER, J.; BENEVISE, F.; LOUIS, V. R.; SAUERBORN, R. It starts at home? Climate policies targeting household consumption and behavioral decisions are key to low-carbon futures. *Energy Research & Social Science*, v.52, p.144-158, jun., 2019.

DYBAS, A. C. de M.; SANTOS, J. A.; SANTOS, L. L.; OLIVERIA, J. G. R. Técnica Phillips 66: Uma proposta para ser utilizada no ensino de geografia. *Anais da VIII Semana de Geografia: Geografia e a Questão Ambiental e V Jornada Científica do Curso de Geografia*. 2012.

ELKINGTON, J. Sustentabilidade: canibais com garfo e faca. M. Books do Brasil. 2012.

FALCI, P. A.; CARVALHO, R. S. A Educação Ambiental no Ensino Médio: desafios e possibilidades a partir da elaboração de uma sequência didática com ênfase nas emissões de CO₂ equivalente. *Química Nova Escola (São Paulo/SP)* v. 43, n. 3, p. 287-294, ago. 2022.

FRIZZO, T. C. E.; CARVALHO, I. C. de M. Políticas públicas atuais no Brasil: o silêncio da educação ambiental. *REMEA-Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental*, v.1, p.115-127. 2018.

GIORDAN, M. Z. e GALLI, V. B. Educação Ambiental Um eixo norteador na mudança de comportamento. *X ANPED SUL Anais (Florianópolis)*, 2014. Disponível em: http://xanpedsul.faed.udesc.br/arq_pdf/191-1.pdf, acesso em 15/11/2023.

GLOBAL FOOTPRINT NETWORK. Qual é a sua pegada ecológica? Disponível em: https://www.footprintcalculator.org/sponsor/wb/wb_pt. Acesso em: 1 nov. 2023.

GOMIDE, C. R., PINTO, J. T., HECK, K., RIBEIRO, A. G. C., MAGRIOTIS, Z. M.; SACZK, A. A. Educação ambiental: histórico, panorama atual e perspectivas futuras em instituições de ensino. *Educação Ambiental em Ação*, 66, 2018.

INICIATIVA VERDE. Calculadora de CO₂. Disponível em: <https://iniciativaverde.org.br/calculadora>. Acesso em: 1 nov. 2023.

INTERNATIONAL STANDARD. ISO 14067 – Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification, 2018.

IPCC. Framing and Context. *In: Global Warming of 1.5°C*. p. 47-92. 2018.

JACOBI, P. R. Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa*, v. 31, n. 2, p. 244, 2005.

JAPIASSU, C. E.; GUERRA, I. F. 30 anos do Relatório Brundtland: nosso futuro comum e o desenvolvimento sustentável como diretriz constitucional brasileira. *Revista de Direito da Cidade*, v. 9, n. 4, 1884-1901. 2017.

LATOUR, B. Por uma antropologia do centro. *Mana*, v. 10, n. 2, p. 397–413, 2004.

LEACH, M.; MACGREGOR, H.; SCOONES, I.; WILKINSON, A. Post-pandemic transformations: how and why covid-19 requires us to rethink development. *World Development*, v.138, n. 1, 1-11. 2021.

LIMA, G. F. C. Mudanças climáticas e conservação social: riscos e alternativas ao aquecimento global. *Gaia Scientia*, João Pessoa, v. 3, n. 1, p. 35-46, 2009.

LOPES, U. M.; TENÓRIO, R. M. Educação como fundamento da sustentabilidade. EDUFBA. 2011.

MARQUES, F. O tempo esquentou. *Pesquisa FAPESP*, n. 109, 2005. Disponível em <https://revistapesquisa.fapesp.br/2005/03/01/o-tempo-esquentou/>. Acesso em: 15/11/2023.

MARUYAMA, S. Aquecimento global? São Paulo: Oficina de Textos, 2009.

MIRANDA, S. do, C., de; ABREU, C. R. de; DE-CARVALHO, P. S. As mudanças climáticas no contexto da educação ambiental. *In: PORTO, M. D.; SANTOS, M. L. dos; FERREIRA, J. R. R. Os desafios do ensino de ciências no século XXI e a formação de professores para a educação básica*. Curitiba: CRV, 2016. p.123-137.

MOGINIE, J. Rising seas. *In: Midnight Oil. Resist*. Austrália: Sony Music, 2022.

MOLION, L. C. B. Aquecimento global: uma visão crítica. *Revista Brasileira de Climatologia*, Curitiba, v. 3, 2008.

MÚSICAS PARA RECORDAR. Midnight Oil - Rising Seas - Mares Crescentes-Legendada. 2022. 1 Vídeo (7 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=bow91gmiQXA&t=7s>. Acesso em: 26 out. 2023.

NAVARRO, M. B. M. de A. Homem e natureza: cognição e vida como elos indissociáveis. Ciências & Cognição, v. 1, 2004.

PASSARINHO, N. COP26: Na contramão do mundo, Brasil teve aumento de emissões de CO₂ em ano de pandemia. BBC News Brasil. Out. 2021. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-59065361>. Acesso em: 28. Nov.2023.

PEREIRA, M. T. Sustentabilidade e transdisciplinaridade na Educação Profissional e Tecnológica (EPT): Uma análise a partir da perspectiva dos Discentes do mestrado Profept. Revista Ibero-americana de Educação, v. 92 n. 1, p. 83-105, 2023.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono de plantas cultivadas e o aumento de CO₂ e de O₃ atmosférico: situação e previsões. Bragantia, Campinas, v.70, n.1, p.4, 2011.

PLANET of the humans. Direção: Jeff Gibbs. EUA: Michael Moore. 2020. 1 filme (1h 40 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Zk11vl-7czE>. Acesso em: 8 nov. 2023.

REIS, G. R. Controvérsias Sócio-Científicas: Discutir Ou Não Discutir?. Lisboa: U. Lisboa, [s. l.], 2004.

RIBEIRO, M. S. R.; JUNIOR, H. T. S.; AMORIM, J. C.; RIBEIRO, A. G. C.; FIA, R. Coleta seletiva: influência nos hábitos de descarte da população em Lavras, Minas Gerais. RBCIAMB, n.4, p. 49-63, mar, 2017.

RODRIGUES, T.; CARVALHO, M. Manual de Técnicas e Metodologias de Ensino para os Eventos de Formação Gestão de Adultos - Material de Apoio. 2012.

SCARPA, D. L.; CAMPOS, N. F. Potencialidades do ensino de Biologia por Investigação. Ensino de Ciências – Estudos avançados, v. 32, n. 94, set-dez, 2018.

SEBASTIAN, T. Zafar. In: La Vela Puerca – A contraluz. Surco Records. 2004.

SOUZA, V. M. Para o mercado ou para a cidadania? A educação ambiental nas instituições públicas de ensino superior no Brasil. Revista Brasileira de Educação, v. 21, n. 64, p.121-142, 2016.

TOLLEFSON, J. Is it too late to keep global warming below 1.5 °C? The challenge in 7 charts. Nature, nov. 2023. Disponível em:

<https://www.nature.com/immersive/d41586-023-03601-6/index.html>. Acesso em: 28 nov. 2023.

TREVISOL, J. V. A educação ambiental em uma sociedade de risco: tarefas e desafios a construção da sustentabilidade. Joaçaba: UNOESC, p.166. 2003.

VELAPUERCAVIDEOS. La Vela Puerca - Zafar (Video oficial). 2016. 1 Vídeo (4 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=OtPz-UQVK-k&list=RDOtPz-UQVK-k&start_radio=1&t=92s. Acesso em: 28 nov. 2023.