

# PROPOSTA DE PLANILHA PARA O CÁLCULO DE COMPENSAÇÃO AMBIENTAL FACULTATIVA COMO FERRAMENTA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL

Cleyton Martins da Silva<sup>1</sup>

Ana Paula de Carvalho Iespa<sup>2</sup>

**Resumo:** Nos últimos anos observa-se os aumentos na utilização dos recursos naturais e dos impactos ambientais de origem antrópica. Nesse sentido, comprehende-se a Educação Ambiental como essencial para o reconhecimento das responsabilidades e busca por soluções para as questões ambientais, tais como a necessidade de medidas de compensação ambiental. Desta forma, neste trabalho foi desenvolvida uma ferramenta para a Educação Ambiental, com o uso de planilhas eletrônicas para estimar as emissões de carbono e conversão em valor monetário, sugerindo o investimento deste em ações de compensação ambiental, permitindo ainda uma maior discussão das questões ambientais e o desenvolvimento de sentimento de responsabilidade individual e pertencimento ao meio ambiente.

**Palavras-chave:** Neutralização de Carbono; Calculadora de CO<sub>2</sub>; Impactos Ambientais; Aquecimento Global; Sustentabilidade.

**Abstract:** In recent years there has been an increase in the use of natural resources and the environmental impacts of anthropic origin. In this sense, environmental education is understood as essential for the recognition of responsibilities and the search for solutions to environmental issues, such as the need for environmental compensation measures. In this way, in this work a tool for environmental education was developed, using electronic spreadsheets to estimate carbon emissions and convert them into monetary values, suggesting their investment in environmental compensation actions, allowing even greater discussion of environmental issues. and the development of a sense of individual responsibility and belonging to the environment.

**Keywords:** Carbon Neutralization; CO<sub>2</sub> Calculator; Environmental Impacts; Global Warming; Sustainability.

---

<sup>1</sup> Universidade Veiga de Almeida. E-mail: martins.cleyton@gmail.com.

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2637457192603373>

<sup>2</sup>Universidade Veiga de Almeida. E-mail: anapaula.prosperar@gmail.com ,

Link para o Lattes: <http://lattes.cnpq.br/2070039712418837>

## **Introdução**

O aumento da população mundial associado a crescente exploração e utilização dos recursos naturais, bem como às diversas atividades antrópicas intensificadas a partir da Revolução Industrial, são reconhecidos como os causadores dos principais impactos ambientais da atualidade (de GIACOMETTI; DOMINCHEK, 2019; RABELO; OLIVEIRA, 2020).

Inicia-se, então, na década de 1970, e com uma maior aceleração a partir de 1990, uma preocupação com as questões ambientais, surgindo consigo a ideia de desenvolvimento econômico sustentável e sustentabilidade, em que se preza a necessidade de repensar o desenvolvimento econômico levando-se em conta a igualdade entre gerações, em que as diferentes gerações devem ter o mesmo direito ao bem-estar, acesso e disponibilidade dos recursos naturais (DINIZ; BERMANN, 2012), implicando na necessidade de conservação ambiental.

Geluda e Young (2004) apontam que a conservação ambiental se justifica no valor intrínseco da natureza frente às questões de qualidade de vida dos diversos povos da humanidade, se estabelecendo como uma questão de ética e moral, o que leva à urgência de uma compensação ambiental como uma forma de “indenização” dos danos causados ao meio ambiente, permitindo o restabelecimento dos ecossistemas. Compreende-se, nesse sentido, o princípio do direito e dever de forma inquestionável, o direito de usufruir um planeta plenamente habitável e saudável, e o dever de zelar pela manutenção e conservação da qualidade e harmonia desse ambiente para a presente e futuras gerações (BORTOLON; MENDES, 2014).

Todavia, um dos maiores desafios para a “compensação ambiental” e tomada de “medidas compensatórias” refere-se à valoração ambiental, no que diz respeito à atribuição de valores aos ativos ambientais, sendo esta valoração necessária desde o ponto de vista econômico para uma possível destinação de recursos para a efetivação de “indenização” e possibilidade de restauração dos danos realizados (FONSECA, 2015).

No Brasil, a Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, dispõe em seu Art. 36 que *“nos casos de licenciamento ambiental de significativo impacto ambiental (...) o empreendedor é obrigado a apoiar a implantação e manutenção de unidade de conservação do Grupo de Proteção Integral”*. Em continuidade, o §10 deste mesmo Artigo dispõe que *“o montante de recursos a ser destinado pelo empreendedor para esta finalidade não pode ser inferior a meio por cento dos custos totais previstos para a implantação do empreendimento (...)”*

Destarte, o valor previsto para a compensação ambiental por um determinado empreendimento fomenta uma discussão sobre a assertividade e constitucionalidade deste valor, visto que alguns danos podem ser irreversíveis ou o valor estipulado ser insuficiente para a compensação dos possíveis danos causados (CAMPOLIM, 2010), sobretudo quando nem todos os impactos

ambientais conseguem ser precisamente dimensionados e mensurados, como é o caso do aquecimento global e mudanças climáticas, que se constituem nos principais impactos ambientais da atualidade, sendo discutidos por diferentes países e promovendo ações adotadas internacionalmente, tais como o Protocolo de Kyoto (1997) e o Acordo de Paris (2015), ambos no âmbito da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima (CQNUMC), com a expectativa de regras para a diminuição da emissão de gases de efeito estufa e contenção do aquecimento global abaixo de 2 °C.

Nessa perspectiva, um dos grandes desafios do mundo moderno no sentido de tomada de ações mitigadoras e compensatórias do meio ambiente, é limitar o aumento da temperatura do planeta, com a diminuição das emissões de gases de efeito estufa, em especial o CO<sub>2</sub>, para a atmosfera, ou ainda, proporcionar meios para a captura e estocagem de CO<sub>2</sub>, tais como os processos de absorção de CO<sub>2</sub> pela vegetação, tal como procedido pelas atividades de reflorestamento (IPCC, 2007; MOREIRA, 2017).

As atividades de reflorestamento são reconhecidas como atividades de mitigação de danos e compensação ambiental, sendo, possivelmente, a modalidade mais difundida e mais estudada dentre as conhecidas, visto que além da potencialidade de captura e estocagem de CO<sub>2</sub> ainda promove a manutenção da integridade dos ecossistemas e na mitigação de outros impactos oriundos das atividades antrópicas sobre estes (MELLO *et al.*, 2019).

No entanto, vale mencionar que diversas outras atividades e projetos podem ser executados como forma de mitigação de danos dos impactos ambientais e consequente compensação ambiental, e deveriam ser amplamente difundidos e aplicados, tanto por empresas quanto por pessoas físicas, visto que também cada indivíduo deve ser considerado como responsável pelas suas ações e suas consequências sobre o meio em que vive (de GODOY, 2020; MARQUES; XAVIER, 2019), discussão esta que incorre em outra limitação e desafio da compensação ambiental, bem como da Lei nº 9.985/2000, que diz respeito à ausência de dados e discussão para uma compensação ambiental a ser realizada por pessoas físicas.

Na ausência de legislação ou regulamentação específicas para uma compensação ambiental necessária para a mitigação das atividades individuais por pessoas físicas, recorre-se à necessidade de uma conscientização socioambiental que permita ao indivíduo a tomada de decisões tanto a respeito de suas atividades e reflexão de como estas impactam o meio em que vive, quanto das diversas formas de mitigação e compensação dos danos ambientais oriundos destas atividades (FONSECA, 2011; FACCHINI; AGUIAR., 2015; MARQUES; XAVIER, 2019).

Ainda no que diz respeito às limitações e desafios de uma possível compensação ambiental, destaca-se a ausência de protocolos e metodologias que permitam ao indivíduo pessoa física a real tomada de conhecimento dos impactos causados pelas suas atividades individuais e que sejam de fácil acesso, compreensão e acreditação pela sociedade, o que corrobora com a

necessidade de maiores ações para a prática da Educação Ambiental, tida como transformadora e essencial para o entendimento e responsabilidade social frente às questões ambientais (da ROSA *et al.*, 2021), sobretudo quando realizada por meio de práticas multidisciplinares e transversais e em todos os níveis de ensino, tais quais preconizadas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) (de OLIVEIRA; NEIMAN, 2020).

Neste sentido, vem sendo difundida a discussão da expressão e indicador “pegada ecológica”, o qual consiste em uma ferramenta de avaliação de desenvolvimento sustentável por meio do cálculo de área e insumos necessários para a sobrevivência de uma determinada população, sistema ou pessoa física (dos SANTOS *et al.*, 2008), que vem sendo utilizada como ferramenta e metodologia para a prática da Educação Ambiental (dos SANTOS *et al.*, 2021)

Essa ferramenta teve a sua ideia e discussão iniciadas em 1995, por Wackernagel e Rees, no livro *Our ecological footprint*, se estabelecendo como uma fundamentação teórica empírica para a mensuração, comunicação e comparação do desenvolvimento sustentável entre diferentes nações (VAN BELLEN, 2007). dos Santos *et al.* (2008) discutem que apesar das vantagens apresentadas na utilização da ferramenta, esta não permite a extração no tempo em razão de sua abordagem simplificadora, não sendo capaz de representar todos os aspectos da realidade.

Outro ponto de discussão na utilização desta ferramenta é a baixa disponibilidade desta para as pessoas físicas, o que tem sido realizada apenas por organizações não governamentais e instituições de pesquisa com o cunho de educação e conscientização ambiental, através da possibilidade de cálculo da pegada ecológica por meio de sites e/ou aplicativos de smartphones. Exemplos da disponibilização desta ferramenta são a [www.pegadaecologica.org.br](http://www.pegadaecologica.org.br) e [www.footprintcalculator.org.br](http://www.footprintcalculator.org.br), e apesar de disponíveis para uso e consulta, não apresentam consistência e acreditação quanto aos parâmetros utilizados para o cálculo e determinação do consumo dos recursos naturais utilizados, o que em modo geral resulta em valores distintos a depender da instituição provedora.

Neste mesmo sentido, se destaca a adoção de inventário de emissões de CO<sub>2</sub> para a contabilização de gases de efeito estufa de um estabelecimento, produto ou serviço, a fim de se estimar todas as emissões relacionadas à unidade ou atividade em estudo e que resultaria em uma determinada massa de CO<sub>2</sub>equivalente (CO<sub>2</sub>e). E, de um modo geral, os inventários de emissões possuem diferentes abrangências e escopos e são orientados por diferentes metodologias específicas, tais como o *GHG Protocol*; as normas ISO 14040, ISO 14044 e ISO 14067, e apesar de tais metodologias serem consideradas robustas e tecnicamente confiáveis, observa-se que estas atendem necessidades e expectativas distintas, o que eventualmente ocorre em inconsistências em seus resultados (MEDEIROS *et al.*, 2013).

E de uma forma ainda mais acentuada do que a ferramenta de pegada ecológica, os inventários de emissão são ainda menos disponíveis para as pessoas físicas, além de serem considerados mais complexos, sendo mais focada para atividades empresariais e industriais.

Finalmente, ambas as ferramentas falham nas orientações pós-cálculo, visto que não definem valores financeiros para uma possível compensação ambiental ou tampouco a proposta de medidas e ações a serem tomadas que permitam a reparação dos danos causados pelas atividades antrópicas individuais. E, considerando a necessidade do aumento no nível de conscientização ambiental da população, bem como uma nova tendência do mercado e quebra disruptiva de paradigmas, a determinação e conscientização das emissões de GEE individuais e possibilidade de compensação se tornam cada vez mais urgentes.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta para a Educação Ambiental multidisciplinar em aulas de matemática, física e informática com o uso de planilhas eletrônicas para estimar o valor de compensação ambiental referente aos impactos oriundos das atividades antrópicas individuais, com base na problemática das emissões de CO<sub>2</sub> e mudanças climáticas e compensação por plantio de árvores.

## Materiais e Métodos

Em um cálculo de emissões de CO<sub>2</sub>e emitidos, e, posteriormente determinação de valores para a sua compensação, diversas ações poderiam ser consideradas, desde que seja possível a identificação e seleção de suas possíveis fontes de emissão, bem como do estabelecimento de seus respectivos de fatores de emissão e conversão.

Considerando que a proposta deste trabalho se destina ao uso de planilha eletrônica para uma metodologia para a prática de Educação Ambiental para a avaliação das emissões de GEE em modo transversal e multidisciplinar, este estudo se concentrou principalmente naquelas ações antrópicas individuais e que são potenciais e relevantes fontes emissoras de GEE, em especial aquelas que dizem respeito à obtenção e utilização de energia: *i) consumo de energia elétrica; ii) consumo de gás natural domiciliar; e, iii) utilização de transporte (individual)*, e que poderiam ser melhor exploradas pelos educandos.

Neste contexto, para o desenvolvimento desta proposta, levou-se em consideração as orientações e diretrizes estabelecidas por órgãos e entidades de referência – IPCC; GHG Protocol; Ministério do Meio Ambiente; e, Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (IPCC, 2007; GHG PROTOCOL, 2020; MMA, 2011, MCTIC, 2023).

Para o consumo de energia elétrica, o MCTI (2023) orienta a utilização do fator de emissão em tCO<sub>2</sub>e/MWh ou kgCO<sub>2</sub>e.kWh, determinado pelo Sistema Interligado Nacional (SIN), sendo obtido da média das emissões da

geração, levando-se em consideração todas as usinas que estão gerando energia e não somente aquelas que estejam funcionando na margem.

O SIN disponibiliza atualizações para o fator de emissão desde o ano de 2006. A Tabela 1 apresenta os valores referentes aos anos de 2010 a 2022) e, para fins deste estudo, e de um modo mais crítico e conservador, considerou-se o fator de emissão referente ao ano de 2014 (0,1355 kgCO<sub>2</sub>e/kWh), tendo sido este o maior valor de fator de emissão observado para o período.

**Tabela 1:** Fatores de Emissão de CO<sub>2</sub>e pela geração de energia elétrica no SIN para os anos de 2010-2022.

Ano	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
kgCO <sub>2</sub> e/kWh	0,0512	0,0292	0,0653	0,096	0,1355	0,1244	0,0817	0,0927	0,074	0,075	0,0617	0,1264	0,042

**Fonte:** MCTI, 2023.

Em outra modalidade, a quantidade de CO<sub>2</sub>e emitida pode ser realizada considerando-se o valor retribuído pelo consumo de energia elétrico, e, para tal, deve-se levar em consideração o valor de retribuição por kWh, e que no Brasil é dependente da concessionária de fornecimento de energia elétrica.

Na cidade do Rio de Janeiro, a concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica é a Light, e o valor de retribuição, com base no mês de março de 2023 é equivalente a 0,94867 R\$/kWh, já considerando as retribuições referentes a tributos, contribuição de custeio de iluminação pública e outras taxas. Neste caso, o fator de emissão a ser utilizado será 0,1428 kgCO<sub>2</sub>e/R\$.

Dentre as *commodities* mais utilizadas no cotidiano da humanidade, inclusive no Brasil, destaca-se o gás natural (ISFER *et al.*, 2019), e que apesar de o seu uso apresentar vantagens ambientais frente a outros combustíveis fósseis, sobretudo no que diz respeito às emissões de determinados poluentes atmosféricos, o consumo de gás natural (GN), bem como dos demais combustíveis fósseis, devido aos seus respectivos processos de combustão, produz quantidades significativas de CO<sub>2</sub>.

O cálculo para a determinação da quantidade de CO<sub>2</sub>e emitido por tipo de combustível fóssil leva em consideração o poder calorífico específico do combustível para posterior cálculo da quantidade de CO<sub>2</sub>e, conforme descrito por Rupp & Lamberts (2017). A Tabela 2 demonstra os fatores de emissão de CO<sub>2</sub>e por quantidade de combustível utilizado, seguindo as orientações do MCTI (2010), RUPP & LAMBERTS (2017) e GHG Protocol (2020).

**Tabela 2:** Fatores de emissão/quantidade de combustível.

Combustível	Fator de emissão	Unidade
Gasolina	2,239	kgCO <sub>2</sub> e/L
Óleo diesel	2,632	kgCO <sub>2</sub> e/L
Gás natural	2,067	kgCO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>
GLP	2,932	kgCO <sub>2</sub> e/kg
Etanol	1,526	kgCO <sub>2</sub> e/kg

**Fonte:** Os autores (2023), adaptado de MTCI, 2010; RUPP & LAMBERTS, 2017; GHG Protocol, 2020.

Assim sendo, o fator de emissão a ser utilizado neste manuscrito para o GN é o de 2,07 kgCO<sub>2</sub>e/m<sup>3</sup> e para o GLP 2,93 kgCO<sub>2</sub>e/kg, sendo neste último caso, considerando-se o botijão de gás contendo 13 kg de GLP, um fator de emissão de 38,09 kgCO<sub>2</sub>e/botijão.

Ainda neste estudo, o cálculo da quantidade de CO<sub>2</sub>e emitida pode ser realizado considerando-se o valor retribuído pelo consumo de gás GN. Na cidade do Rio de Janeiro, a concessionária responsável pela distribuição de GN é a Naturgy Brasil, e o valor de retribuição, com base no mês de março de 2023 é equivalente a 23,07 R\$/m<sup>3</sup>, já considerando as retribuições referentes a tributos públicos e demais taxas, resultando em um fator de emissão de 0,3101 Kg CO<sub>2</sub>e/R\$.

Outra atividade de grande relevância para as emissões de CO<sub>2</sub>e é o transporte rodoviário, visto que consome quantidades significativas de combustíveis fósseis (diesel, gasolina e GNV) e, consequentemente, sendo o responsável por cerca de 50 % das emissões antrópicas de GEE (da SILVA, 2020).

As emissões de GEE associadas ao transporte está obviamente relacionada ao tipo e composição do combustível utilizado, conforme detalhado na Tabela 2. Todavia, outros fatores também podem ser levados em consideração, tais como o tipo de veículo, a potência e desempenho do motor, velocidade e até mesmo o modo de direção (da SILVA, 2020).

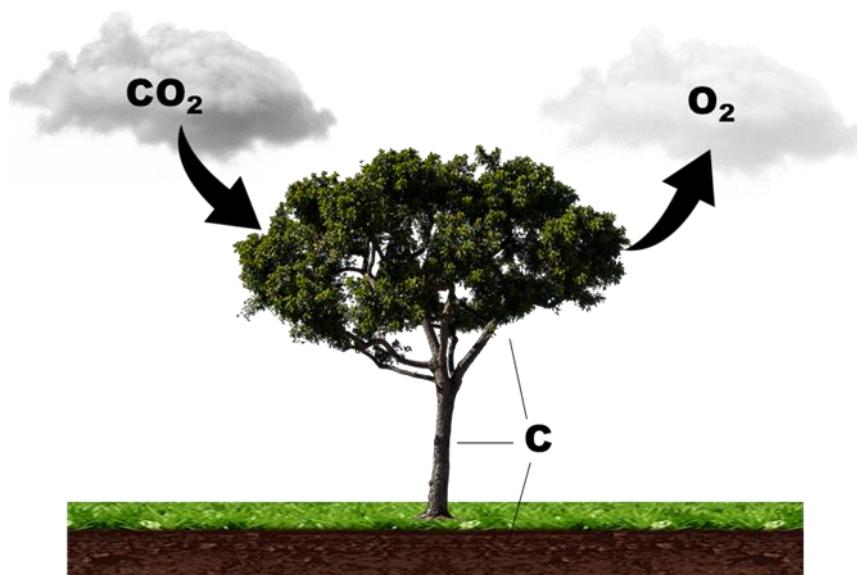
Em um modo geral, e segundo as orientações do IPCC (2007), o cálculo das emissões de GEE para o setor de transporte pode ser estimado tanto através do consumo de combustível ou por meio da distância percorrida pelos veículos. Assim, considerando as orientações do IPCC (2007), bem como a especificidade dos combustíveis brasileiros (em especial a gasolina, cuja composição compreende 73% de gasolina e 27% de etanol anidro) são sugeridos os seguintes valores de conversão para quilometragem percorrida tipo de combustível e veículo, conforme demonstrado na Tabela 3. Os valores foram definidos considerando-se a eficiência para motores para o ano de 2019, e para os veículos movidos somente à etanol, utilizou-se os dados referentes a 2014 (GHG Protocol, 2020).

**Tabela 3:** Fatores de conversão por tipo de veículo.

Veículo (tipo)	fator de conversão (kgCO <sub>2</sub> e/km)
Automóvel a gasolina	0,1867
Automóvel a etanol	0,2217
Automóvel flex a gasolina	0,1730
Automóvel flex a etanol	0,1800
Automóvel a GNV	0,1820
Motocicleta a gasolina	0,0567
Motocicleta flex a gasolina	0,0488
Motocicleta flex a etanol	0,0522
Veículo comercial leve a gasolina	2,1100
Veículo comercial leve a etanol	1,5300
Veículo comercial leve flex a gasolina	2,1100
Veículo comercial leve flex a etanol	1,5300
Veículo comercial leve a diesel	2,6753

**Fonte:** Os autores (2020), adaptado de GHG Protocol (2020).

Como medida de compensação ambiental considerada neste trabalho, tomou-se as ações de plantio de árvores, visto que estes indivíduos são capazes de capturar e armazenar o CO<sub>2</sub> atmosférico para a constituição de sua biomassa, através do processo de fotossíntese, tanto em seu ciclo de crescimento quanto em sua manutenção, conforme ilustrado na Figura 1.



**Figura 1:** Esquema do processo de sequestro e estocagem de CO<sub>2</sub> por árvores.

**Fonte:** Os autores, 2023.

De um modo geral, o cálculo da massa de carbono que uma árvore é capaz de absorver é dependente da espécie e bioma do indivíduo, e tem-se como base o volume da árvore, a densidade da madeira e o teor de carbono médio de sua constituição (MAY *et al.*, 2005). Assim, para esse trabalho, levou-se em consideração o plantio de árvores nativas da Mata Atlântica, que segundo estudos possuem uma estimativa média para de taxa de sequestro ao longo de seus 20 primeiros anos de vida de um equivalente a 163,14 kg de CO<sub>2</sub>e (CICLO VIVO, 2013). Já em relação ao custo referente ao plantio de unidade de árvore de espécie nativa, tomou-se o preço médio de R\$ 25,00, praticado por ONGs e empresas do ramo (INICIATIVA VERDE, 2020; PROJETO PLANTAR, 2020).

Diante do exposto, e assumindo os parâmetros e fatores de conversão para *i) consumo de energia elétrica; ii) consumo de gás natural domiciliar; e, iii) utilização de transporte*, bem como a taxa de sequestro de CO<sub>2</sub>e por árvores e o custo referente ao plantio destas, foi possível a construção de uma planilha inteligente e automatizada, com o auxílio do editor de planilhas eletrônicas Microsoft Excel e suas funcionalidades, que permita a inclusão de dados de entrada (energia elétrica, consumo de GN e de transporte), e obtenção de resultados referentes à quantidade de CO<sub>2</sub>e emitida, ao número de árvores necessárias para a sua compensação e ao valor financeiro para tal plantio.

## Resultados e Discussão

A percepção das relações entre o meio ambiente e seus recursos naturais, bem como o seu uso, e, consequentemente, os impactos oriundos desse uso, consiste em um dos objetivos da Educação Ambiental, resultando em uma responsabilidade e necessidade de mitigação desses impactos (da ROSA *et al.*, 2021). Nesse aspecto, e em consonância às recomendações dos PCNs, práticas de Educação Ambiental podem ser desenvolvidas juntamente com o desenvolvimento de habilidades e competências de outros campos do conhecimento, tais como a matemática, a física e a informática (de COSTA; PONTAROLO, 2019).

Assim sendo, para esse estudo preconizou-se o uso de conceitos das operações matemáticas e outros conceitos de grandezas físicas em aplicação em ambiente digital, através de planilhas eletrônicas, recorrendo-se também, dessa forma, ao desenvolvimento dos conhecimentos da área da informática, para a prática da Educação Ambiental, com o objetivo de conhecimento dos recursos naturais e as implicações de seus usos, resultando em uma responsabilidade individual e urgindo na necessidade de compensação ambiental.

Assim, com base no estabelecimento dos fatores de conversão e emissão para os parâmetros selecionados, foi possível a elaboração de planilha inteligente e automatizada dinâmica para o cálculo das emissões totais de carbono equivalente mensais e/ou anuais. Adicionalmente, a planilha ainda permite o cálculo estimado dos valores necessários para compensação do

CO<sub>2</sub>e emitido, levando-se em consideração os ditos parâmetros de emissão e com base na quantidade de árvores para a captura e estocagem do carbono equivalente e o custo para o plantio destas.

A referida planilha se encontra disponível online, e com acesso gratuito, pelo link: <https://drive.google.com/file/d/1sPXtNDGfn-WCpYkcCnq3jo5QlFjSI04h/view?usp=sharing>. ou ainda pelo QR code, conforme demonstrado na Figura 2.



**Figura 2:** QR code com para acesso à Planilha para Cálculo das emissões de CO<sub>2</sub>e mensais e anuais e custos necessários para a compensação.

**Fonte:** Os autores (2023).

Através da planilha inteligente, e conforme demonstrado na Figura 3, o usuário pode realizar a inserção dos dados de entradas (*input* dos dados de consumo), referentes às atividades antrópicas praticadas, permitindo, neste momento, uma reflexão acerca de seus hábitos de consumo, no que diz respeito à energia elétrica, consumo de gás natural e outros combustíveis fósseis para transporte, bem como dos impactos (quantidade de CO<sub>2</sub>e emitido por mês e ano) oriundos das suas respectivas atividades individuais.

O cálculo da emissão de CO<sub>2</sub>e, e posterior cálculo do valor necessário para a compensação ambiental, através do plantio de árvores é realizado automaticamente, durante a utilização da planilha e o usuário observará além do total de CO<sub>2</sub>e; o número de árvores necessárias para a sua neutralização e o valor necessário para o plantio destas árvores.

Após a percepção dos impactos ambientais oriundos das atividades individuais, tanto em emissões de CO<sub>2</sub>e, quanto em número de árvores necessárias e valor estimado, espera-se que o usuário compreenda a necessidade de compensação ambiental, e que o valor mínimo determinado seja destinado a ações de sustentabilidade e mitigação de impactos ambientais, sejam estas ações tanto o plantio de árvores quanto a possibilidade de emprego deste valor como um investimento ambiental em diversas outras ações com esta mesma finalidade.

Energia elétrica		Input de dados de consumo		Fatores de conversão estabelecidos		Quantidade de CO <sub>2</sub> e emitido por mês e ano	
Parâmetro	Unidade	Consumo	Fator de conversão	kg CO <sub>2</sub> e/mês	kg CO <sub>2</sub> e/ano	Eficiência do Motor	
Energia Elétrica	Kw/mês	0	Kg CO <sub>2</sub> e/kWh.mês	0,1355	0,000	0,000	
	R\$	0	Kg CO <sub>2</sub> e/R\$. mês	0,1428	0,000	0,000	
Gás domiciliar	gás natural	m <sup>3</sup> /mês	Kg CO <sub>2</sub> e/m <sup>3</sup>	2,067	0,000	0,000	
	gás natural	R\$	Kg CO <sub>2</sub> e/R\$. mês	0,3101	0,000	0,000	
	GLP	botija/ano	Kg CO <sub>2</sub> e/botija	38,09	0,000	0,000	
Transporte	Consumo de combustíveis	Gasolina Comum	litro/mês	2,1100	0,000	0,000	
		Óleo diesel	litro/mês	2,6753	0,000	0,000	
		Gás natural	m <sup>3</sup> /mês	2,1844	0,000	0,000	
		Álcool	litro/mês	1,5300	0,000	0,000	
Transporte	km percorrido	Automóvel a gasolina	km/mês	0,1867	0,000	11,3 km/litro - veículos 2019	
		Automóvel a etanol	km/mês	0,2217	0,000	6,9 km/litro - veículos 2014	
		Automóvel flex a gasolina	km/mês	0,1730	0,000	12,2 km/litro - veículos 2019	
		Automóvel flex a etanol	km/mês	0,1800	0,000	8,5 km/litro - veículos 2019	
		Automóvel a GNV	km/mês	0,1820	0,000	12 km/litro - veículos 2019	
		Motocicleta a gasolina	km/mês	0,0567	0,000	37,19 km/litro - veículos 2019	
		Motocicleta flex a gasolina	km/mês	0,0488	0,000	43,2 km/litro - veículos 2019	
		Motocicleta flex a etanol	km/mês	0,0522	0,000	29,3 km/litro - veículos 2019	
		Veículo comercial leve a gasolina	km/mês	0,1508	0,000	9,9 km/litro - veículos 2019	
		Veículo comercial leve a etanol	km/mês	0,1879	0,000	6,9 km/litro - veículos 2019	
		Veículo comercial leve flex a gasolina	km/mês	0,1209	0,000	9,1 km/litro - veículos 2019	
		Veículo comercial leve flex a etanol	km/mês	0,1458	0,000	6,2 km/litro - veículos 2019	
		Veículo comercial leve a diesel	km/mês	0,0674	0,000	10,5 km/litro - veículos 2019	
			Mensal Anual Observações			Quantidade de árvores necessárias para neutralização de CO <sub>2</sub> e / mês e ano	
		Cálculo do CO <sub>2</sub> e total	0,000	0,000			
		Árvores necessárias	0,00	0,00	Fator de sequestro = 163,14 kg de CO <sub>2</sub> e/árvore		
		Valor necessário (R\$)	0,00	0,00	Custo médio: R\$ 25,00 por unidade	Quantidade \$ necessário para compensação ambiental (valor a ser investido)	

**Figura 3:** Planilha Inteligente para o cálculo de CO<sub>2</sub>e emitido, e seu preenchimento.

**Fonte:** Os autores (2023).

Também é possível a partir da apresentação e utilização da referida planilha, o desenvolvimento das habilidades e competências das áreas de matemática, física e informática, tanto no sentido de compreensão aplicada dos parâmetros e fórmulas matemáticas, grandezas físicas, bem como no fomento de inclusão de novos parâmetros e adaptações a diferentes realidades, tais como consumo médio, preços de combustíveis e energia, modais de transporte entre outros possíveis parâmetros.

## Conclusões

As discussões ambientais e a necessidade de mitigação dos impactos causados pelas atividades antrópicas se tornam a cada dia mais relevantes no cotidiano. Estudos indicam que o desenvolvimento de políticas públicas e aumento e conscientização ambiental têm marcado a nova ordem da economia mundial, estabelecendo-se uma economia verde, em que os seus diferentes atores passam a ter novas necessidades, interesses e ações.

Neste sentido, a humanidade caminha em direção ao desenvolvimento sustentável, e a busca por soluções sustentáveis vêm se estabelecendo como uma nova prática tanto de pessoas jurídicas quanto de pessoas físicas, tanto para o estabelecimento de uma responsabilidade ambiental, e consequente mudança de comportamentos, quanto na tomada de ações que permitam uma compensação ambiental.

Dessa forma, a prática da Educação Ambiental corrobora com o desenvolvimento social, no que diz respeito à percepção e reconhecimento da responsabilidade ambiental frente às atividades individuais e necessidade de práticas de ações para a mitigação dos impactos ambientais. Em acordo com o

PCNs, a prática da Educação Ambiental deve ser em forma contextualizada, transversal e multidisciplinar.

Assim sendo, neste trabalho foi possível, no âmbito dos conhecimentos das áreas de matemática, física e informática, o desenvolvimento de uma ferramenta para Educação Ambiental multidisciplinar, tendo como base o cálculo de emissões de CO<sub>2</sub>, a partir da inserção de dados de consumo individuais, com a posterior determinação de valor a ser compensado. O desenvolvimento dessa ferramenta foi possível a partir de metodologias já conhecidas, que por vezes se demonstram com um elevado grau de complexidade e difícil acesso à grande parte da população. Posto isto, para a ferramenta proposta também foi realizada uma adaptação ao cenário brasileiro, em especial para a cidade do Rio de Janeiro, tanto na escolha dos parâmetros, dos seus respectivos fatores de conversão, bem como nos valores de mercado praticados e utilização de árvores nativas da Mata Atlântica para a compensação ambiental.

Finalmente, este trabalho permitiu não somente a elaboração de uma ferramenta de Educação Ambiental multidisciplinar, sendo uma planilha inteligente e gratuita para a estimativa de valor mínimo para compensação ambiental, mas também possibilita a discussão, reflexão e mudanças de *mindset*, através da observação das questões e necessidades ambientais e busca de soluções, fomentando e permitindo aos processos de educação de conhecimentos tradicionais de matemática e outras disciplinas uma transversalidade e contextualização junto às questões ambientais, e, promovendo dessa forma, uma maior conscientização ambiental e o desenvolvimento sustentável da sociedade e do mundo.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Fundação Nacional de desenvolvimento do Ensino Superior Particular (Funadesp) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro (FAPERJ), pelo apoio financeiro à pesquisa; à Universidade Veiga de Almeida, pela formação acadêmica e incentivo à pesquisa.

## Referências

BORTOLON, B.; MENDES, M.S.S. A importância da Educação Ambiental para o alcance da sustentabilidade. **Revista Eletrônica de Iniciação Científica**. Itajaí, Centro de Ciências Sociais e Jurídicas da UNIVALI, v. 5, n. 1, p. 118-136, 2014.

BRASIL, Lei. 9985, de 18 de julho de 2000-Institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza-SNUC. **Diário Oficial da União**, 2000.

CAMPOLIM, J. de la R. Compensação Ambiental: a constitucionalidade do artigo 36 da lei 9.985/2000. **Revista Brasileira de Direito Constitucional**, v. 16, n. 1, p. 99-107, 2010.

CICLO VIVO. **Cada árvore da Mata Atlântica chega a retirar 163kg de CO2 da atmosfera.** 2013. Disponível em: <<http://ciclovivo.com.br/noticia/cada-arvore-damataatlantica-chega-a-retirar-163kg-de-CO2-da-atmosfera/>>. Acessado em: 04 abr 2021.

de COSTA, D; PONTAROLO, E. Aspectos da Educação Ambiental crítica no ensino fundamental por meio de atividades de modelagem matemática. **Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos**, v. 100, p. 149-168, 2019.

FACCHINI, Y. M. G. A.; AGUIAR, L. V. C. A pegada ecológica como instrumento de apoio para Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Iniciação Científica**, v. 2, n. 2, 2015.

FONSECA, I. A. Sustentabilidade - O consumidor ambientalmente responsável: da produção da culpa à compra de redenção. **Anuário de Pesquisa GV Pesquisa**, 2011.

FONSECA, R. O. Compensação ambiental: da contradição à valorização do meio ambiente no Brasil. **Sociedade & Natureza**, v. 27, n. 2, p. 209-221, 2015.

GELUDA, L.; YOUNG, C. E. F. Financiando o Éden: Potencial econômico e limitações da compensação ambiental prevista na Lei do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza. **Anais do IV Congresso Brasileiro de Unidades de Conservação**. 2004. p. 641-651.

GHG PROTOCOL. **Programa Brasileiro GHG Protocol**. Disponível em: Acessado em: 04/04/2021.

de GIACOMETTI, K.; DOMINSCHEK, D. L. Ações antrópicas e impactos ambientais: industrialização e globalização. **Caderno Intersaber**, v. 7, n. 10, 2019.

de GODOY, S. G. M. **Governança corporativa e responsabilidade socioambiental**. São Paulo, Sp: Senac, 2020.

INICIATIVA VERDE. **Seja um apoiador**. Disponível em: <<https://www.iniciativaverde.org.br/programas-e-projetos-amigo-da-floresta.php>>. Acessado em: 04 abr /2021.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. IPCC 2007. **Climate Change 2007: The Physical Science Basis**. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.

ISFER, R. B.; ARAÚJO, S.; COELHO, J. M. F. Os desafios do novo mercado de gás para o segmento de distribuição de gás natural. **Boletim de Conjuntura**, n. 7, 2019. p.106-109.

MARQUES, R.; XAVIER, C. R. O desenvolvimento do senso analítico no processo de ensino e aprendizagem na Educação Ambiental. **RELACult - Revista Latino-Americana de Estudos em Cultura e Sociedade**, v. 5, n. 2, 2019.

MAY, P. H., BOHRER, C. B., TANIZAKI, K., DUBOIS, J. C. L., LANDI, M. P. M., CAMPAGNANI, S., da VINHA, V. G. Sistemas agroflorestais e reflorestamento para captura de carbono e geração de renda. **Encontro da Sociedade Brasileira de Economia Ecológica**, v. 6, 2005.

MCTI. Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações. Fator médio - **Inventários corporativos**. Disponível em: <<https://www.gov.br/mcti/pt-br/acompanhe-o-mcti/sirene/dados-e-ferramentas/fatores-de-emissao>>. Acessado em: 31 mar 2023.

MEDEIROS, D. L.; OLIVA, S. T.; KIPERSTOCK, A. Inconsistências Metodológicas em Estimativas de Emissões de Gases do Efeito Estufa na Matriz Elétrica Brasileira. **Annals of 4th International Workshop Advances in Cleaner Production**. São Paulo: USP. 2013.

MELLO, A. A., MEIRA, A. C. S., SANQUETTA, C. R., & FERREIRA, R. A. Estimativas de biomassa e carbono em área de mata atlântica, implantada por meio de reflorestamento misto. **BIOFIX Scientific Journal**, 5(1), p.130-134. 2019.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. **1º Inventário Nacional de Emissões Atmosféricas por Veículos Automotores Rodoviários**. Relatório Final. 2011.

MOREIRA JR., D. P., da SILVA, C. M., BUENO, C., CORRÊA, S. M., ARBILLA, G. Determinação de gases do efeito estufa em cinco capitais de diferentes Biomas brasileiros. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 5, 2017.

de OLIVEIRA, L.; NEIMAN, Z. Educação Ambiental no âmbito escolar: análise do processo de elaboração e aprovação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 15, n. 3, p. 36-52, 2020.

PROJETO PLANTAR. **Faça a sua parte**. Disponível em: <[https://www.projetoplantar.com.br/#faca\\_sua\\_parte](https://www.projetoplantar.com.br/#faca_sua_parte)>. Acessado em: 01 abr 2021.

RABELO, A. M.; OLIVEIRA, D. B. de. Impactos ambientais antrópicos e o surgimento de pandemias. **Unifesspa: Painel Reflexão em tempos de crise**, v. 26, 2020.

da ROSA, G.; da SILVA, F. R.; FLACH, K. A. Educação Ambiental na educação escolar e a Responsabilidade Social: desafios e possibilidades nas questões ambientais. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 5, p. 411-430, 2021.

RUPP, R. F; Lamberts, R. **Relatório**: Fatores de conversão de energia elétrica e térmica em energia primária e em emissões de dióxido de carbono a serem usados na etiquetagem de nível de eficiência energética de edificações. Florianópolis, SC: UFSC, 2017.

dos SANTOS, M. F. R. F., DE SOUZA XAVIER, L., & PEIXOTO, J. A. A. Estudo do indicador de sustentabilidade “Pegada Ecológica”: uma abordagem teórico-empírica. **Revista Ibero Americana de Estratégia**, v. 7, n. 1, p. 29-37, 2008.

dos SANTOS, R. S.; MATIAS, J. N. R.; SABOIA, A. L.; DANTAS, F. D. C. C.; MEDEIROS, L. R. O uso da Pegada Ecológica como metodologia para Educação Ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 16, n. 4, p. 516-535, 2021.

da SILVA, C. M.; CORRÊA, S. M.; ARBILLA, G. Determination of CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O: a case study for the city of Rio de Janeiro using a new sampling method. **Journal of the Brazilian Chemical Society**, v. 27, n. 4, 2016. p.778-786

VAN BELLEN, H. M. **Indicadores de Sustentabilidade**: uma análise comparativa. 2<sup>a</sup>. Ed.: Rio de Janeiro: FGV Editora, 2007.