INFORMATIVO

CÁLCULO DE EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE) E COMPENSAÇÃO AMBIENTAL PARA SEQUESTRO DE CARBONO VIA PROJETO "CONSERVADOR DAS ÁGUAS"

ESCLARECIMENTO

O informativo tem por objetivo contextualizar, de forma sucinta, o cenário mundial sobre aquecimento global e mudanças climáticas. Apresentar seus impactos mais relevantes e inserir o município de Extrema e suas indústrias nas discussões das emissões de gases do efeito estufa (GEE), evidenciando sua contribuição para a Política Nacional de Mudanças Climáticas, ao inventariar suas emissões e propor medidas compensatórias e mitigadoras em busca de práticas sustentáveis que tenham ação efetiva local, mas que reverberem no âmbito nacional e global.

Também temos por finalidade, transparecer o método aplicado, de modo que o empreendedor possa compreendê-lo e replicá-lo, se necessário, e assim calcular desde a emissão de GEE do seu empreendimento, passando pela área necessária em número de árvores e hectares para a mitigação dos impactos da sua atividade e culminando com os valores pecuniários referentes à compensação ambiental.

Esperamos que o informativo esclareça as dúvidas e que possamos juntos caminhar em direção a um município mais sustentável, objetivando a neutralização total das emissões de carbono equivalentes geradas em Extrema, convertendo-as em florestas no projeto "Conservador das Águas".

Cordialmente,

Equipe de Licenciamento e Fiscalização Ambiental
Secretaria Municipal de Meio Ambiente

1. IMPACTOS DAS EMISSÕES DE GASES DO EFEITO ESTUFA (GEE)

Nas últimas décadas, a ciência tem chamado à atenção para os impactos do ser humano sobre a dinâmica do planeta. A explosão populacional, o modo de produção, o tipo de consumo e a matriz energética de combustíveis a base de petróleo têm impactado os ciclos biogeoquímicos e as interações entre os seres vivos e nosso ambiente.

A atmosfera é composta por uma mistura de gases. Os mais representativos são N_2 (78%) e O_2 (21%) e outros gases (1%). O Dióxido de Carbono, CO_2, contribui com apenas 0,0407%, mas tem efeitos impactantes no clima. A partir da revolução industrial a quantidade de gases CO_2 emitidos na atmosfera tem aumentado em escala exponencial devido à queima de combustíveis fósseis e atingindo seu valor máximo de concentração atmosférica em 22 de Abril de 2017 (Fig. 1).

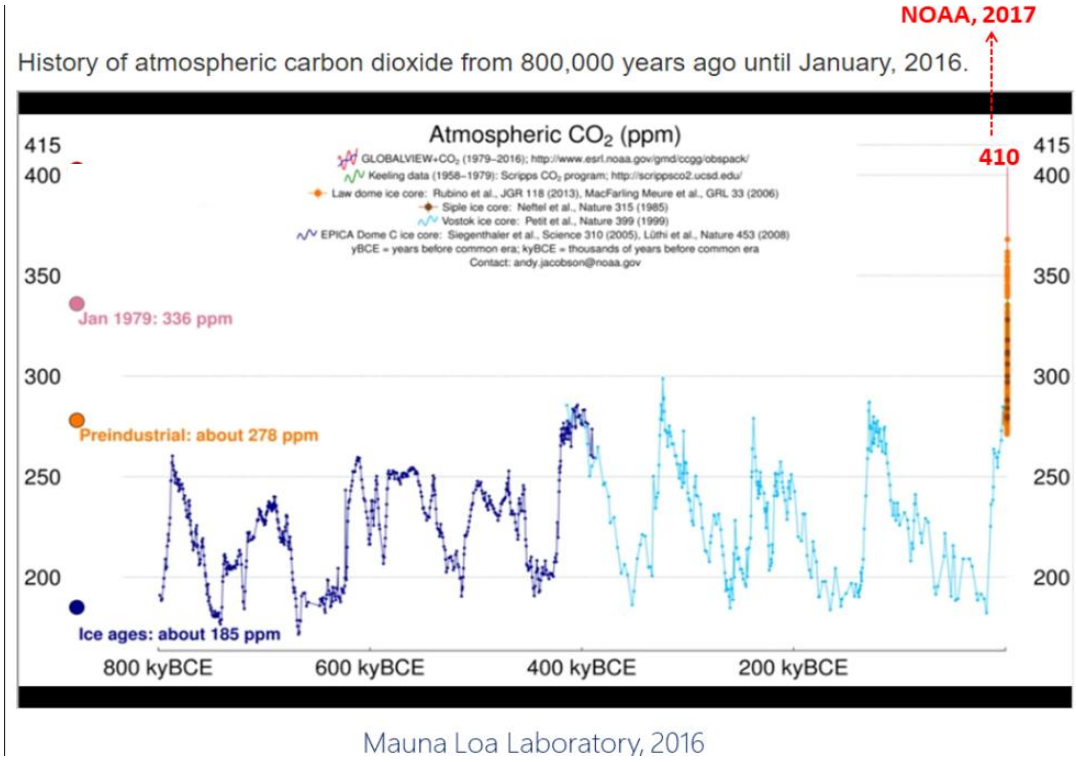

Figura 1. Concentração de CO_2 atmosférico em parte por milhão (ppm) nos últimos 800 anos (NOAA, 2016) e o valor máximo de concentração já registrado - destaque em vermelho (NOAA, 2017).

O aumento da concentração dos GEE interfere diretamente nas mudanças climáticas, tendo como principais efeitos o aumento da temperatura e o derretimento das calotas polares, com a elevação do nível dos mares em escala global (Fig. 2). Outros reflexos serão as mudanças nas correntes marítimas, na circulação atmosférica, na quantidade e intensidade de chuvas e secas.

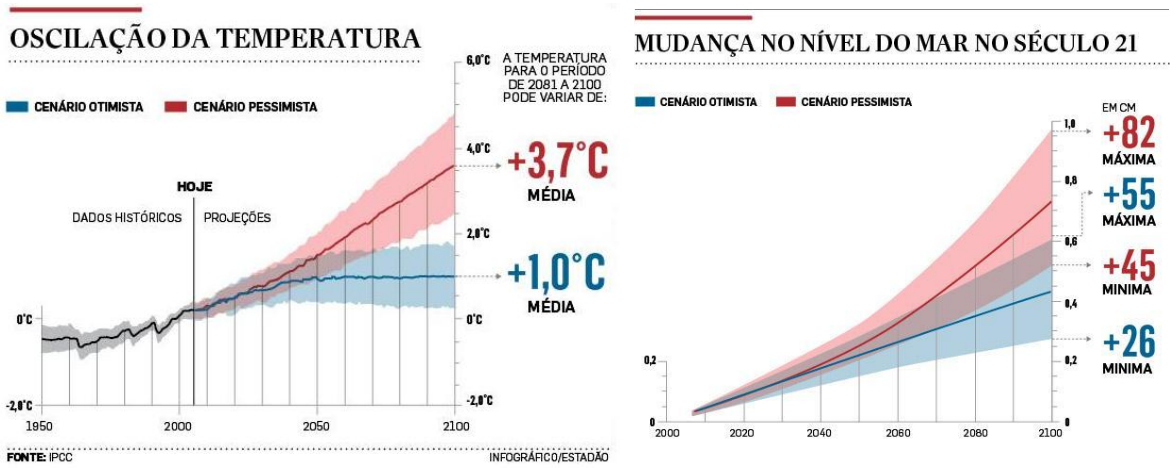

Figura 2. Oscilação da temperatura dos Oceanos e no Nível do Mar, em dois cenários distintos, otimista e pessimista, segundo dados do Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014) – gráficos do Jornal Estadão.

Segundo dados do Parlamento da União Européia de 2012 (Europarl, 2012), o Brasil é o quinto maior emissor de GEE, atrás apenas da China, Estados Unidos da América, União Européia e Índia. Em Dezembro de 1997, o Brasil ratificou o Protocolo de Kyoto como signatário, comprometendo-se a estabelecer metas de diminuição de geração de GEE e a adotar políticas que contribuíssem para a desaceleração do aquecimento global; compromisso reafirmado em Paris, em 2015, na Conferência das Nações Unidas Sobre Mudanças Climáticas (COP-21).

2. O MUNICÍPIO DE EXTREMA/MG E SUA CONTRIBUIÇÃO PARA A POLÍTICA NACIONAL DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS, LEI 12.187/2009.

O município de Extrema, Minas Gerais, em 2016 realizou o Inventário Municipal de Emissão de GEE como instrumento para o planejamento e mitigação dos efeitos das mudanças climáticas; agindo localmente.

A adoção de políticas públicas ambientais em Extrema tem por objetivo a sustentabilidade socioambiental. E um dos desafios é mitigar a emissão de GEE da indústria, do comércio, dos veículos e das residências.

Segundo Inventário de Emissões de Gases do efeito Estufa de Extrema de 2016, o município emitiu 131.931 tCO_2e no ano-base de 2014. As fontes de emissões por setores são: 46% transporte, 38% energia estacionária (elétrica + gás natural + gás liquefeito do petróleo) e 16% resíduos (Fig.03).

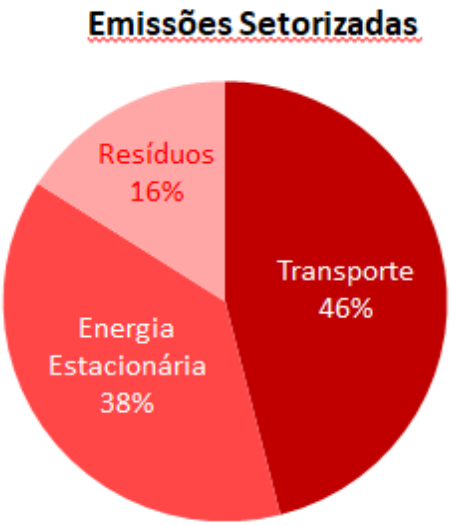

Figura 3. Porcentagem das emissões de CO_2e do município de Extrema por setores, considerando-se o ano base de 2014 (SMA, 2016).

Quando analisamos apenas a energia estacionária, a indústria é o maior emissor do município, contribuindo com 82% das emissões referentes ao consumo de energia elétrica, gás natural e gás liquefeito de petróleo - GLP (Fig.4).

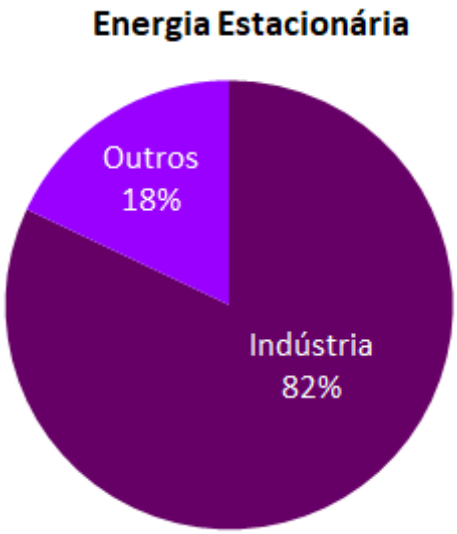

Figura 4. Porcentagem das emissões de CO_2e do município de Extrema referentes à indústria em relação à energia estacionária, ano base 2014 (SMA, 2016).

Devido a importante contribuição industrial na emissão de CO_2e durante o uso de energia estacionária, convidamos o setor a participar ativamente da agenda ambiental municipal com práticas mitigatórias e sustentáveis.

3. MÉTODO PARA CÁLCULO DAS EMISSÕES DE GEE

Para o diagnóstico das emissões de GEE, adotamos a metodologia "Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC)" – (SMA, 2016). O município de Extrema, inicialmente, adotou como a forma estrutural do seu inventário o "Reporte por Emissões Induzidas" e o modo BASIC (Quadro 1).

REPORTE POR EMISSÕES INDUZIDAS

Reporte de emissões que são atribuídas às atividades da cidade:

BASIC: abrange as fontes de emissão que ocorrem em quase todas as cidades (energia estacionária, transportes e resíduos).

I. Energia estacionária
- I.1. Prédios residenciais
- I.2. Prédios comerciais e institucionais
- I.3. Indústrias de manufatura e construção
- I.4. Indústrias de energia
- I.5. Atividades de agricultura, floresta e pesca
- I.6. Fontes não específicas
- I.7. Emissões fugitivas de mineração, processamento, armazenamento e transporte de carvão
- I.8. Emissões fugitivas de sistemas de óleo e gás natural

II. Transporte
- II.1. Terrestre
- II.2. Ferroviário
- II.3. Hidroviário
- II.4. Aviação
- II.5. *Off-road transportation*

III. Resíduos
- III.1. Disposição de resíduos sólidos
- III.2. Tratamentos biológicos de resíduos
- III.3. Incineração e queima a céu aberto
- III.4. Tratamento de efluentes líquidos

Quadro 1. Forma de repórter adotada pelo município de Extrema e seus respectivos setores (energia estacionária, transporte e resíduos) e subsetores (SMA, 2016).

Além do dióxido de carbono (CO_2), outros gases de efeito estufa devem ser quantificados, segundo as diretrizes do GPC e IPCC (Quadro 2). Entretanto, para o município de Extrema, o estudo identificou apenas emissões de dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4) e óxido nitroso (N_2O).

GEE quantificados		GWP	Referência
CO_2	Dióxido de carbono	1	AR 5 (IPCC 2013)
CH_4	Metano	28	
N_2O	Óxido nitroso	265	
HFCs	Hidrofluorcarbonos	116 – 12.400	
SF_6	Perfluorcarbonos	23.500	
NF_3	Trifluoreto de nitrogênio	16.100	
CF_4	Tetrafluorometano	6.630	
C_2F_6	Hexafluoro etano	11.100	

Quadro 2. Gases a serem quantificados, respectivo potencial de aquecimento global (GWP) e referência (SMA, 2016). Destaque, no quadrado em vermelho, para os gases quantificáveis no município de Extrema.

Os valores do potencial de aquecimento global permitem que, o valor das emissões seja padronizado em dióxido de carbono equivalente (CO_2e) de modo a facilitar a quantificação de emissões dos GEE (Quadro 3).

Quadro 3. Cálculo da emissão de CO_2e (SMA, 2016).

As fontes de energia de gás natural (GN), gás liquefeito do petróleo (GLP), diesel, gasolina e etanol são misturas de compostos químicos, em sua queima geram diferentes concentrações de emissões de GEE, os quais devem ser quantificados adequadamente. Utilizamos como fatores já consolidados os estudos realizados pelo Balanço Energético Nacional (BEN, 2018) e pelo Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT, 2016), que fazem o devido balanço definindo um fator unificado de geração de CO_2e /unidade de produto consumido (Tabela 1).

DIESEL	Transporte Terrestre						Fonte
Separação de CO2 biogênico e fóssil	Combustível Diesel Puro			Biodiesel (B100)			
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 (biogênico)	CH4 Biodiesel	N20 Biodiesel	
Fatores de emissão (kgGEE/l)	0,00013853	0,00013853	2,603	2,431	0,00033159	0,0000199	BEN 2022
Porcentagem anual média de biodiesel	**10,00%**	(RESOLUÇÃO CNPT Nº 16, DE 6 DE SETEMBRO DE 2021)				**CO2eq**	**2,380**

GASOLINA C	Transporte Terrestre						Fonte
Separação de CO2 biogênico e fóssil	Gasolina Pura			Etanol Anidro			
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 (biogênico)	CH4 Etanol	N20 Etanol	
Fatores de emissão (kgGEE/l)	0,000807717	0,00025847	2,212	1,526	0,000223544	0,000013413	BEN 2022
Porcentagem anual média de etanol	**27,00%**					**CO2eq**	**1,684**

ETANOL HIDRATADO	Transporte Terrestre			Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2 (biogênico)	
Fatores de emissão (kgGEE/l)	0,0003841	0,00001341	1,457	BEN 2022
			CO2eq	**1,471**

FLEX	BEN 2022
CO2eq	**1,578**

ENERGIA ELÉTRICA	Consumo estacionário				Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 biogênico	
Fatores de emissão (kgGEE/kWh)	-	-	0,04259555	-	MCT2022
				CO2eq	**0,0426**

GLP	Consumo estacionário				Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 biogênico	
Fatores de emissão (kgGEE/kg)	0,04647348	0,00464735	2,93092747	-	BEN 2022
				CO2eq	**5,464**

CARVÃO VEGETAL (FORNOS)	Consumo estacionário				Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 biogênico	
Fatores de emissão (kgGEE/mdl*)	133,28	1,19250000	138,2	-	CETESB/ Dissertação, 2016
*mdl - metro cúbico de lenha				**CO2eq**	**272,673**

GÁS NATURAL	Transporte Terrestre / Consumo estacionário				Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 biogênico	
Fatores de emissão (kgGEE/m³)	0,0000416	0,0000416	2,332353	-	BEN 2022
				CO2eq	**2,345**

LGN - LÍQUIDOS de GÁS NATURAL	Transporte Terrestre / Consumo estacionário				Fonte
GEEs	CH4	N2O	CO2	CO2 biogênico	
Fatores de emissão (kgGEE/ton)	0,1326000	0,0265200	2836,166667	-	BEN 2022
				CO2eq	**2846,907**

GERAÇÃO DE EFLUENTES LÍQUIDOS	Fatores de emissão (kgGEE/m³)			Fonte
GEEs / Tipo lançamento	CH4	N2O	CO2	
Reservátórios / Estuários	0,114	0,007857143		
Corpos d'água	0,021	0,007857143		
Céu aberto	0,066	0,007857143		GHG Protocol 2023
	Aeróbio*	**Anaeróbio***	**Fonte**	
Base de valores DBO (Kg/m³)	0,057	0,027	Assunção,Fernando A.L de (2009)	
Base de valores Nitrogênio - NTK (Kg/m³)	0,03	0,037		
Coeficiente de retorno (esgoto/água)	0,8	**Fonte**		ABNT NBR 9649/1986

* Levando em conta que a degradação do nitrogênio há diferença sobretudo na existência ou ausência de oxigênio, os valores utilizados no estudo de Assunção (2009) para saída de restores UASB e saída na 1ª lagoa de polimento foram resumidos , respectivamente, em anaeróbio e aeróbio.

Tabela 1. Cálculo dos fatores de emissão de GEE em CO_2e.
(Fatores em destaque amarelo e parâmetros de cálculo para tratamento de efluentes)

Para os cálculos das emissões da geração de efluentes líquidos (sanitários e/ou industriais), são utilizados dados da Ferramenta de cálculo do próprio GHG Protocol (2023), o qual pode ser resumida a seguinte equação[1]:

Emissão de GEE efluentes = { Vazão total anual $_{ETE}$ X [((DBO $_{entrada\ efluente}$– DBO Lodo) X Fator $_{emissão\ do\ tipo\ de\ tratamento}$)) + (DBO $_{saída\ efluente\ tratado}$ X Fator $_{emissão\ do\ tipo\ de\ lançamento}$)] X 25 **}** + **{** Vazão total anual $_{ETE}$ X [(Nitrogênio $_{entrada\ efluente}$ X Fator $_{emissão\ de\ N\ do\ tratamento}$) + (Nitrogênio $_{saída\ efluente\ tratado}$ X Fator $_{emissão\ N\ do\ lançamento}$)] x 298**}**

4. DEMONSTRAÇÃO DO CÁLCULO DE EMISSÃO DOS GEE (EXEMPLO)

Ao realizar o cálculo de emissão de GEE em CO_2e, basta utilizar os fatores da Tabela 1 (destacados nos retângulos amarelos), respectivo à fonte de energia utilizada e multiplicá-lo pelo valor em litros para energias de fontes líquidas, metros cúbicos para energias de fontes gasosas e KWh para energia elétrica. O resultado será obtido em quilogramas de dióxido de carbono equivalente (Kg CO_2e).

Hipoteticamente, realizamos o cálculo para a empresa fictícia "Extremamente Florestal Ltda", em atividade industrial no município de Extrema/MG. Seu consumo de energia anual foi: elétrica (10.000 KWh), gás natural (100 m^3), GLP (99 Kg), gasolina (95 litros), diesel (120 litros) e flex (77 litros).

Além disso, seu sistema de tratamento de efluente composto de reator anaeróbio tratou 150 m^3 no ano, com uma DBO média de entrada de 0,655 KgDBO/m^3, DBO média de saída de 0,057 KgDBO/m^3 e média de Nitrogênio de entrada de 0,1 KgN/m e Nitrogênio de saída de 0,03 KgN/m^3. O efluente tratado é lançado no curso d'água.

Calculo:

Emissões operacionais: Energia estacionária (energia elétrica e consumo interno de GLP e GNL)

Emissões = (10000 x 0,0426) + (100 x 2,345) + (99 x 5,464) = 1.201,436 Kg CO_2e

Emissões do transporte: Transportes (GNV, gasolina, etanol e diesel)

Emissões = (95 x 1,684) + (120 x 2,38) + (77 x 1,578) = 567,086 Kg CO_2e

Emissões de Efluentes e Resíduos: *(atualmente só contabilizando emissões de geração de efluentes líquidos)*

Emissões = **{**150 X [((0,655-0) x 0,5)+(0,057 x 0,021)] X 25**}** + **{**(150 [(0,1 X 0,0251428571428571) + (0,03 X 0,0078571429)] x 298**}** = 1501,390 Kg Co_2e

EMISSÕES TOTAIS = 1.201,436 + 567,086 + 1501,390 = **3.024,269 KgCO_2e** ou **3,024269 tCO_2e**

[1] Metodologia detalhada da obtenção da fórmula resumida de geração de efluentes líquidos encontra-se anexo a este documento.

5. MITIGAÇÃO DAS EMISSÕES DE GEE

O município de Extrema é referência nacional em projetos de pagamento por serviços ambientais (PSA), em função do trabalho executado e premiado do "Conservador das Águas", amparado pela Lei 2.100/2005 e pelo Decreto 2.409/2010, no qual proprietários rurais recuperam suas nascentes e áreas de preservação permanente (mata ciliar e topo de morro), com auxílio técnico e operacional da Secretaria de Meio Ambiente, e em troca recebem um valor monetário pelos serviços ecossistêmicos prestados ao município.

O projeto de Lei municipal para a mitigação de emissão dos GEE visa, em um primeiro momento, a quantificação da emissão de cada empresa, para posteriormente realizarmos suas compensações. O objetivo final é ambicioso, transformar Extrema em um município no qual todas as emissões de GEE serão compensadas (Zero Carbono) com o plantio de árvores que sequestram o carbono emitido na atmosfera. O projeto Conservador das Águas será o responsável pelo plantio e manutenção das árvores, realizando o reflorestamento.

Ao integrar os projetos de "Compensação dos GEE" com o projeto "Conservador das Águas" realizamos uma sinergia de esforços com resultados de pagamentos por serviços ambientais, potencializando os resultados positivos para o clima, os recursos hídricos e a biodiversidade. A implantação do projeto de Lei municipal que institui a Política Municipal de Combate às Mudanças Climáticas, tendo como instrumento a compensação dos GEE abre o precedente para legislar em prol de uma cidade mais sustentável quanto às questões climáticas.

6. CONVERSÃO DAS EMISSÕES DE GEE EM FLORESTAS

O mecanismo de fixação de carbono, referente às emissões de GEE das indústrias no município, será através de compensação pecuniária. O valor mensurado das emissões de CO_2e serão convertidos em florestas plantadas, às quais têm um custo estimado por muda e também por hectare, definido segundo a expertise adquirida pelos 13 anos de trabalho do projeto "Conservador das Águas" (Pereira *et al*., 2016).

Segundo a Resolução SMA 30 de 14 de Maio de 2009, do Estado de São Paulo, o estoque máximo acumulado de carbono previsto é de 350 tCO2 por hectare para projetos de compensação na Mata Atlântica. Sendo assim, adotou-se como referência o valor de 320 tCO_2/ha (SMA, 2016). Considerando o padrão de espaçamento 2,5 x 2,0m para as mudas de plantio, teremos 2.000 mudas por hectare. Portanto, cada muda sequestraria 160 Kg de CO_2e da atmosfera.

Para estabelecermos o valor pecuniário a ser compensado pelo empreendedor, além de sabermos o quanto emite de CO_2e, temos que saber quantas árvores são necessárias para sequestrar o carbono emitido, quantos hectares seriam necessários para efetuar o plantio dessas mudas e, finalmente, o custo por hectare da restauração florestal com acompanhamento das mudas por 3 anos, até seu estabelecimento e desenvolvimento sem intervenção.

De acordo com o projeto "Conservador das Águas" o custo por hectare restaurado é de aproximadamente 5.000 UFEX (cinco mil Unidades Fiscais de Extrema), conforme detalhes da Tabela 2.

ETAPAS	CUSTOS (UFEX)	
	PESSOAS	INSUMOS
Cercamento	345	690
Plantio	410	950
Manutenção 1º Semestre	410	330
Manutenção 2º Semestre	275	250
Manutenção 3º Semestre	275	250
Manutenção 4º Semestre	275	250
Manutenção 5º Semestre	100	70
Manutenção 6º Semestre	60	60
TOTAL	**2.150**	**2.850**
	5.000	

Tabela 2. Custos estimados pelo projeto Conservador das Águas para a restauração florestal de 1 hectare (plantio e manutenção por 3 anos).

7. CÁLCULO DO VALOR PECUNIÁRIO COMPENSATÓRIO À EMISSÃO DOS GEE.

Apresentadas todas as ponderações e cálculos anteriores, realizamos o cálculo do valor pecuniário. Novamente utilizaremos o exemplo fictício da empresa "Extrema Florestal" Ltda. que emitiu no ano o equivalente a **3.024,269** Kg Co_2e.

Para a compensação convertemos CO_2e emitido pela empresa em mudas de árvores (1 árvore = sequestra 160 Kg de CO_2e), portanto:

3.024,269 Kg Co_2e./ 160 Kg de CO_2e = **18,90168125 ≈ 19 árvores**

Agora convertemos as árvores em hectares (2.000 mudas por hectare):

18,90168125 / 2.000 = **0,009450840625 hectares**

E finalmente o valor pecuniário (1 hectare = 5.000 UFEX)

0,009450840625 x 5000 = **47,254199631 UFEX**

No ano de 2023, a UFEX está valendo R$ 3,74, logo, o valor total a ser compensado é **R$ 176,73**

REFERÊNCIAS

Europarl, 2012. http://www.europarl.europa.eu/news/pt/headlines/society/20180301STO98928/emissoes-de-gases-com-efeito-de-estufa-por-pais-e-setor-infografia

EPE, 2022. Balanço Energético Nacional, relatório final (ano base 2021). Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, Brasil. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2022

EPE, 2023. Balanço Energético Nacional, relatório final (ano base 2022). Empresa de Pesquisa Energética, Ministério de Minas e Energia, Brasil. Disponível em: https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023

IPCC, 2014. Intergovernmental Panel on Climate Change.

GHG Protocol Brasil, 2023 - Programa Brasileiro GHG Protocol. Ferramenta de Cálculo versão 2023-v3. Disponível em: http://www.ghgprotocolbrasil.com.br/?locale=pt-br

MCT, 2019. http://www.mctic.gov.br/mctic/opencms/ciencia/SEPED/clima/textogeral/emissao_corporativos.html

NOAA, 2016. History of atmospheric carbon dioxide from 800,000 years ago until January, 2016.

NOAA, 2017.Trends in Atmospheric Carbon Dioxide

SMA, 2016. Inventário de Emissões dos Gases do Efeito Estufa da Cidade de Extrema-MG. Iniciativa Verde.

Pereira, P.H.; Cortez, B.A.; Omura, P.A.C.; Arantes, L.G.C., 2016. Projeto Conservador das Águas. http://extrema.mg.gov.br/conservadordasaguas/

ANEXO: FÓRMULA PARA CÁLCULO DE EMISSÃO DE GEE DE EFLUENTES LÍQUIDOS

O GHG Protocol 2023 atualizou a metodologia de calculo de emissões de efluentes, que anteriormente considerava as emissões pós tratamento. Com a fórmula atual também consegue ser obtida a emissão ocorrida durante o tratamento.

Emissão de Metano (tCH_4)

$$tCH_4 = \text{Vazão total anual}_{ETE} \times \{[(DBO_{\text{entrada efluente}} - DBO\ Lodo) \times \text{Fator}_{\text{emissão do tipo de tratamento}}] + (DBO_{\text{saída efluente tratado}} \times \text{Fator}_{\text{emissão do tipo de lançamento}})\}$$

Onde:

Vazão total anual $_{ETE}$: volume total que passa por tratamento (m^3/ano)

DBO $_{\text{entrada efluente}}$: média anual dos resultados dos laudos de análise do efluente bruto (Kg DBO/m^3)

DBO $_{\text{saída efluente tratado}}$: média anual dos resultados dos laudos de análise do efluente tratado (Kg DBO/m^3)

DBO Lodo: Volume total de DBO retirada por meio do lodo da ETE (Kg DBO/m^3) –> necessita de laudo de caracterização do lodo segundo critério do GHG Protocol para adicionar esse dado a fórmula. Atualmente utiliza-se valor "0".

Fator $_{\text{emissão do tipo de tratamento}}$:
0,021 (tratamento em sistemas de aeração);
0,3 (biodigestor e fossa séptica); e
0,5 (sistemas totalmente ou parcialmente anaeróbios)

Fator $_{\text{emissão do tipo de lançamento}}$:
0,114 (reservatórios, estuários, sumidouros);
0,021 (cursos d'água)

gwp CH_4: Global Potential Warming de Metano = **25**

Emissão de Óxido Nitroso (N_2O)

$$tN_2O = \text{Vazão total anual}_{ETE} \times [(\text{Nitrogênio}_{\text{entrada efluente}} \times \text{Fator}_{\text{emissão N do tratamento}}) + (\text{Nitrogênio}_{\text{saída efluente tratado}} \times \text{Fator}_{\text{emissão N do lançamento}})]$$

Onde:

Vazão total anual $_{ETE}$: volume total que passa por tratamento (m^3/ano)

Nitrogênio $_{\text{entrada efluente}}$: média anual dos resultados dos laudos de análise do efluente bruto (Kg N/m^3)

Nitrogênio $_{\text{saída efluente tratado}}$: média anual dos resultados dos laudos de análise do efluente tratado (Kg N/m^3)

Fator $_{\text{emissão N do tratamento}}$: conversão de nitrogênio em N_2O durante tratamento, atualmente **0,0251428571428571** *(GHG Protocol, 2023)*

Fator $_{\text{emissão N do lançamento}}$: conversão de nitrogênio em N_2O após efluente tratado, atualmente **0,007857143** para todos tipos de lançamento *(GHG Protocol, 2023)*

gwp N_2O: Global Potential Warming de oxido nitroso = **298**

CÁLCULO FINAL:

$$\textbf{Emissão de GEE} = (tCH_4 \times gwp\ CH_4) + (tN_2O \times gwp\ N_2O)$$