

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LEONARDO DA SILVA GASPAR

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE UMA FROTA DE NAVIOS TIPO
FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING E PROJETOS DE
COMPENSAÇÃO: UMA OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO SUSTENTÁVEL**

CURITIBA

2023

LEONARDO DA SILVA GASPAR

**EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO DE UMA FROTA DE NAVIOS TIPO
FLOATING, PRODUCTION, STORAGE AND OFFLOADING E PROJETOS DE
COMPENSAÇÃO: UMA OPORTUNIDADE DE INVESTIMENTO SUSTENTÁVEL**

Trabalho de conclusão de curso (TCC),
apresentado ao curso de MBA em Gestão
Estratégica de Energias Naturais Renováveis, do
Programa de Educação Continuada em Ciências
Agrárias (PECCA), da Universidade Federal do
Paraná (UFPR), como requisito parcial à obtenção
do título de Especialista em Energias Renováveis.

Orientador(a): Dr(a). Luani Rosa de Oliveira Piva.

CURITIBA

2023

RESUMO

As emissões de dióxido de carbono (CO₂) provenientes da indústria de petróleo e gás são uma preocupação crescente devido ao seu potencial de agravamento ao panorama de mudanças climáticas. As Unidades Flutuantes de Produção, Armazenamento e Transferência (FPSO, na sigla em inglês) são embarcações usadas na exploração offshore de petróleo e gás, e suas atividades podem contribuir significativamente para as emissões de CO₂. Com a crescente conscientização ambiental, surgem oportunidades de investimento sustentável para mitigar as emissões de CO₂ das operações de FPSO. Entretanto, a execução de projetos de compensação por empresas do ramo de Óleo e Gás (O&G) ainda está embrionária devido à falta de regulamentação específica. Este projeto tem como objetivo contribuir para o entendimento da quantificação de emissões de CO₂ equivalente associadas às operações de uma frota de FPSO nos anos de 2020 a 2022, ilustrando as rotinas desde coleta de dados a bordo, cálculo de emissões de CO₂ equivalente até a emissão de relatório mensal de emissões. A emissão total da frota foi de 7,15 Mton CO₂ Eq e a excedente foi 28.779,59 ton CO₂ Eq e será discutida a oportunidade de investimento sustentável, por meio de projetos de compensação florestal a partir de espécies comerciais e nativas. Por fim, a análise seguirá na linha de recomendação de investimento em projetos compensatórios a serem alinhados de acordo com a agenda de metas sustentáveis da empresa operadora.

Palavras-chave: emissões de CO₂, indústria de óleo e gás, Unidades Flutuantes de Produção, Armazenamento e Transferência (FPSO), projetos de compensação.

ABSTRACT

Carbon dioxide (CO₂) emissions from the oil and gas industry are a growing concern due to their potential to worsen the climate change scenario. Floating Production Storage and Offloading (FPSO) units are vessels used in offshore oil and gas exploration, and their activities can contribute significantly to CO₂ emissions. With increasing environmental awareness, there are opportunities for sustainable investment to mitigate CO₂ emissions from FPSO operations. However, the implementation of offset projects by Oil and Gas (O&G) companies is still in its infancy due to the lack of specific regulation. This project aims to contribute to the understanding of quantifying equivalent CO₂ emissions associated with the operations of an FPSO fleet from 2020 to 2022, illustrating the routines from onboard data collection, calculation of equivalent CO₂ emissions, to monthly emissions reporting. The total fleet emissions amounted to 7.15 million tons of CO₂ Eq, with an excess of 28,779.59 tons of CO₂ Eq. The opportunity for sustainable investment through forestry compensation projects using both commercial and native species will be discussed. Finally, the analysis will provide recommendations for investment in compensatory projects aligned with the sustainable goals agenda of the operating company.

Keywords: CO₂ emissions, oil and gas industry, Floating Production Storage and Offloading (FPSO) units, offset projects.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – EXEMPLO ESQUEMÁTICO DE UM FPSO	12
FIGURA 2 – PRINCIPAIS EMISSÕES DE UM FPSO	13
FIGURA 3 – EXEMPLO DE TORRE DE FLARE.	14
FIGURA 4 – MATÉRIA PRIMA DE COLETA DE DADOS.	17
FIGURA 5 – TRATATIVA DE DADOS DE EMISSÃO	18

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – PROPORÇÃO PARA CÁLCULO DE EXCEDENTE

22

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – POTENCIAIS DE AQUECIMENTO GLOBAL	19
TABELA 2 – EMISSÕES POR FLARING DE CADA UNIDADE EM 2021	20
TABELA 3 – EMISSÕES POR FLARING DE CADA UNIDADE EM 2022	20
TABELA 4 – MASSA DE CO ₂ EQ EMITIDO POR N2 EM 2021	21
TABELA 5 – MASSA DE CO ₂ EQ EMITIDO POR N5 EM 2021	21
TABELA 6 – MASSA DE CO ₂ EQ EMITIDO POR N2 EM 2022	22
TABELA 7 – CENÁRIOS PARA COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEE	23
TABELA 8 – GERAÇÃO DE ENERGIA VS EMISSÃO TOTAL	24
TABELA 9 – EMISSÃO EXCEDENTE DA FROTA.	25
TABELA 10 – COMPENSAÇÃO PARA EMISSÃO TOTAL	25
TABELA 11 – COMPENSAÇÃO PARA EMISSÃO EXCEDENTE	25

LISTA DE ABREVIATURAS OU SIGLAS

FPSO	- Floating, Production, Storage and Offload
O&G	- Oil & Gas
DF	- Fator de emissão padrão de conversão de massa para CO ₂
EF	- Fator de emissão padrão
ton CO ₂ Eq	- Toneladas de Gás Carbônico Equivalente
mmscfd	- Million standard cubic feet per day

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	EFEITO ESTUFA	10
2.2	INFLUÊNCIA DOS GASES NA ATMOSFERA	10
2.3	COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES	11
2.4	O QUE É UM FPSO	12
2.5	PRINCIPAIS TIPOS DE EMISSÕES DE UM FPSO	13
2.5.1	Flaring	14
2.5.2	Venting e emissões Fugitivas	15
2.5.3	Energia da plataforma de petróleo	15
3	MATERIAL E MÉTODOS	16
3.1	TRATATIVA DE DADOS	16
3.1.1	Dados coletados	16
3.1.2	Rotina de Fluxo de informações	17
3.2	METODOLOGIA DE CÁLCULO DE EMISSÕES	18
3.2.1	Metodologia para cálculo de emissões excedentes	19
3.3	METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE COMPENSAÇÃO PROPOSTO	22
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
4.1	MEDIÇÕES TOTAIS	22
4.2	MEDIÇÕES DE EMISSÕES EXCEDENTES	24
4.3	ESTIMATIVA PARA COMPENSAÇÃO	24
5	CONCLUSÃO	26
	REFERÊNCIAS	28

1 INTRODUÇÃO

Com o crescimento das evidências das mudanças climáticas como resultado da ação humana, surge-se a necessidade de adoção de medidas mitigatórias contra a emissão excessiva de gases ao meio ambiente (PBMC, 2014).

No último século, a quantidade de CO₂ troposférico aumentou consideravelmente e é apontada como uma das causas da elevação da temperatura terrestre. Essa realidade coincide com o emprego massivo de combustíveis fósseis - carvão, petróleo e gás - para atender aos processos de industrialização, e com transformações no modo de vida da sociedade desde a Revolução Industrial (PREFEITURA DE SÃO PAULO, 2021).

Atualmente, é de interesse das empresas de energia, em específico de Óleo e Gás (O&G) estarem em linha com iniciativas sustentáveis, seja por motivações de metas sustentáveis de longo prazo ou pela necessidade de ter entregáveis limpos para garantir recursos naturais para as gerações futuras (EPE, 2021).

Para que as empresas estejam em conformidade em matéria de sustentabilidade algumas iniciativas têm sido adotadas, como investimento em energias de fontes renováveis (Ex: eólica, ondomotriz). Para tanto, projetos de redução de emissão e aumento do nível de controle de dados têm sido implementados, para direcionar a operação no sentido de ser mais sustentável (DELOITTE, 2022).

Mesmo com os avanços realizados nos últimos anos – dentre os quais estão as adoções de iniciativas mais sustentáveis – na indústria de O & G a consolidação de uma consciência verde ainda está na fase embrionária. Por outro lado, devido ao uso e desgaste natural de equipamentos embarcados, uma empresa de petróleo que opera uma frota de navios FPSOs (*Floating, Production, Storage and Offloading*), tende a emitir mais gases para atmosfera ao longo dos anos. (PETROBRAS, 2017)

Atualmente, não se tem um acordo regulatório entre as partes envolvidas sobre os valores de emissões previstos durante a operação de um FPSO. Com base no conhecimento técnico das empresas que operam as unidades, é estabelecido um valor target a não ser ultrapassado e representam a quantidade esperada de emissão dos FPSOs ao longo de um ano.

Apesar dos valores targets de emissão serem previstos, observa-se poucos exemplos de iniciativas sustentáveis para compensar o que é emitido na atmosfera por parte das empresas de Óleo e Gás.

Portanto, este trabalho tem como objetivo quantificar os valores da emissão de CO₂ equivalente de uma empresa de operação de frota de 07 FPSOs localizados nas Bacias de Campos e de Santos, ao longo de 03 (três) anos (2020 a 2022). Como objetivo específico, utilizar esses valores para recomendar projetos de compensação que podem ser implementados, baseando-se em iniciativas consolidadas no mercado.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 EFEITO ESTUFA

O efeito estufa é causado por uma série de gases que retêm parte do calor irradiado pela Terra, tornando-o mais quente e possibilitando a ocorrência de vida no planeta. Esses gases são os chamados gases de efeito estufa (GEE), compostos principalmente por gás carbônico (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), hidrofluorcarbonos (HFC), perfluorcarbonos (PFC) e hexafluoreto de enxofre (SF₆) (IPCC, 2001).

Os raios solares aquecem a superfície da Terra que, em resposta, reflete raios infravermelhos em todas as direções, sendo estes absorvidos pelo CO₂ e pelas moléculas de vapor de água. Parte desses raios é dirigida para a superfície da Terra, provocando um aumento de temperatura em 43° C, resultando em uma temperatura média de 16° C durante todo o ano. Esse fenômeno é um processo natural de manutenção da temperatura denominado de “Efeito Estufa” (NUTO et al., 2002).

2.2 INFLUÊNCIA DOS GASES NA ATMOSFERA

Sem esse fenômeno natural do efeito estufa, o planeta poderia ter grandes amplitudes de variação na temperatura, inviabilizando a sobrevivência de diversas espécies (WWF, 2006). Entretanto, o aumento da concentração de gases de efeito estufa na atmosfera tem provocado mudanças irreversíveis na dinâmica climática do planeta. (SOUSA, 2020).

De acordo com dados do Painel Intergovernamental para as Mudanças Climáticas, a temperatura da Terra aumentou cerca de 0,85° C nos continentes e 0,55° C nos oceanos em um período de 100 anos e nos próximos 30 haverá menos dias de frio com geadas do que dias com incidência de ondas de calor, apresentando, assim, estações com climas mais quentes (IPCC, 2007).

Foram realizados estudos apontando que a maior parte desse gás é emitido por meio de atividades antropogênicas. A expansão dos setores industrial, agrícola e de transporte demandou grande consumo de energia proveniente da queima de combustíveis fósseis (petróleo, carvão mineral e gás natural) e do desmatamento de novas áreas para a ocupação e uso da terra para outras atividades (CENAMO, 2004), causando o aumento de emissões de GEEs na atmosfera.

2.3 COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES

O termo compensação de emissões é utilizado, no Direito Ambiental, para veicular diferentes formas de se contrabalançar uma perda ambiental (BECHARA, 2011). Esta pode ser feita por meio do investimento em projetos socioambientais que poderão estar no Brasil ou em qualquer parte do mundo, já que a atmosfera terrestre é comum a todos os países (JUNIOR, 2015). Esses projetos socioambientais são verificados conforme sua eficiência e quantificados por certificados de redução de emissões (VERs – Verified Emissions Reductions).

Devido ao volume de recursos aportados pelas petrolíferas, estas se tornam atores chaves no movimento de transição energética. Adicionalmente, muitas empresas têm adotado um preço interno de carbono com o objetivo de minimizar riscos na tomada de decisão sobre seus investimentos. Segundo o Relatório “*State and Trends of Carbon Pricing 2021*” do Banco Mundial (2021), o setor de energia apresenta o maior número de empresas utilizando precificação interna, e indústria de combustíveis fósseis têm adotado em média um valor de 31 USD/tCO₂e, ainda abaixo da faixa recomendada pela Comissão de Alto Nível do Banco Mundial em 2017.

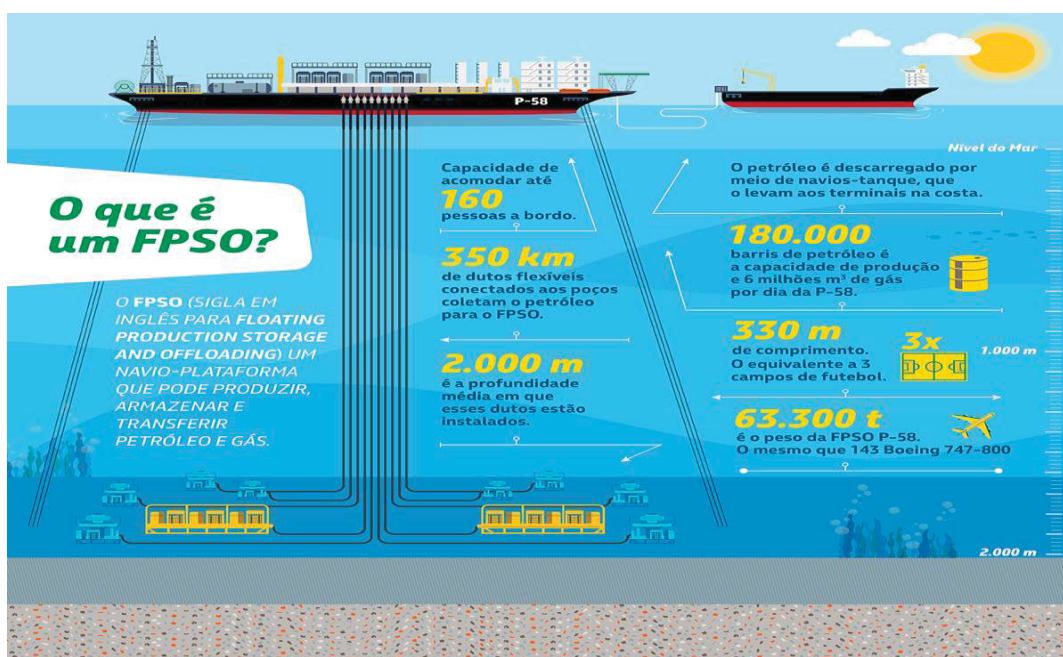
Como a maior parte das emissões são de escopo 3 – que são as emissões pelas quais a empresa é indiretamente responsável, tanto à montante quanto à jusante da sua cadeia de valor (GHG PROTOCOL, 2023) – estão relacionadas ao uso dos produtos, não podem ser evitadas.

Por este motivo, mesmo empresas que não veem a compensação de emissões – que pode se dar através de crédito de carbono e por compensação florestal – como prioridade para o momento, consideram importante avaliar as opções agora, pois no futuro serão necessárias e podem não ter a mesma disponibilidade/preço (EPE, 2021).

2.4 O QUE É UM FPSO

Os FPSOs (*floating, production, storage and offloading*) ou Unidade Flutuante de Produção, Armazenamento e Transferência (Figura 1) são navios com capacidade para processar e armazenar o petróleo, e prover a transferência do petróleo e/ou gás natural (PETROBRAS, 2017). Os FPSOs são essenciais para a extração de petróleo no pré-sal e têm, em média, capacidade para 100 pessoas a bordo.

FIGURA 1 – EXEMPLO ESQUEMÁTICO DE UM FPSO



FONTE: Petrobras (2017)

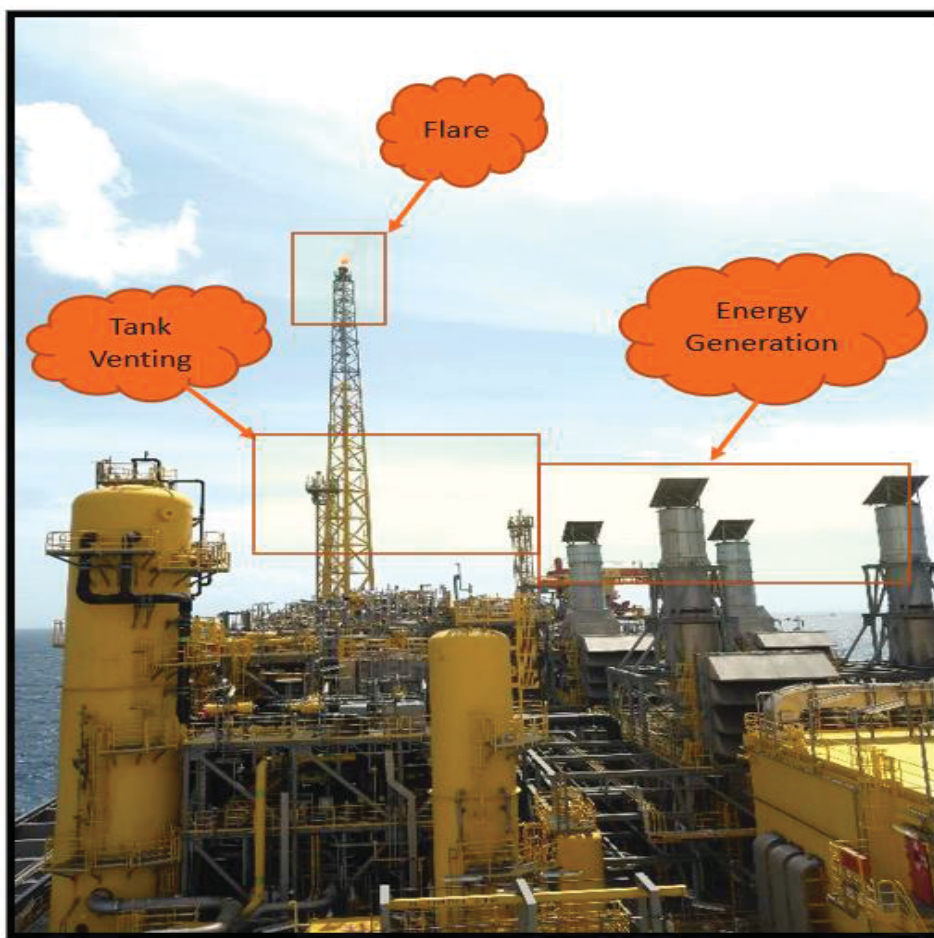
No convés do navio, é instalada uma planta de processo para separar e tratar os fluidos produzidos pelos poços. Depois, o petróleo é armazenado nos tanques do

próprio navio, sendo transferido para um navio aliviador de tempos em tempos (PETROBRAS, 2023).

2.5 PRINCIPAIS TIPOS DE EMISSÃO DE UM FPSO

As emissões do setor de Óleo e Gas (sigla O&G, do inglês) são afetadas por fatores como: a razão gás/óleo, características do reservatório, localização e logística, idade dos campos, uso de técnicas de recuperação de hidrocarbonetos, além de aspectos regulatórios e contratuais (IOGP, 2014). O CO₂ e o CH₄ são os gases que mais contribuem para as emissões totais do setor de Exploração e Produção (E&P) de Petróleo e Gás Natural e de acordo com a IOGP (2012), que podem ser divididas, por origem, em quatro grandes grupos: energia, flare, venting e emissões fugitivas (Figura 2):

FIGURA 2 – PRINCIPAIS EMISSÕES DE UM FPSO



FONTE: O Autor (2023).

2.5.1 Flaring

A expressão flaring vem de do termo em inglês “*flare*”, que consiste num dispositivo que funciona como um dos sistemas de segurança das tubulações utilizadas para a passagem de gases e líquidos produzidos durante o processo de refinamento (O ECO, 2014).

O Flare (Figura 3) serve para realizar o descarte do gás associado à produção de petróleo (THE WORLD BANK, 2021).

FIGURA 3 – EXEMPLO DE TORRE DE FLARE.



Fonte: The World Bank (2021)

A prática persiste desde o início da produção de petróleo há mais de 160 anos e ocorre devido a uma série de questões, como: segurança de operação, restrições de mercado e econômicas até a falta de regulamentação adequada (THE WORLD BANK, 2021).

Pelas razões de segurança, o comércio de extração e processamento de petróleo e gás envolve pressões excepcionalmente altas e mutáveis (THE WORLD BANK, 2021). Durante a extração de petróleo bruto, um aumento súbito na pressão pode causar uma explosão.

Durante o processo de produção, uma parte do gás é reinjetada no poço para poder retirar mais petróleo e aumentar a produção (O ECO, 2014). O excedente que não for reinjetado pode ser enviado para o mercado consumidor. Mas, para isso, é preciso haver uma infraestrutura de transporte, isto é, por dutos ou navios (THE

WORLD BANK, 2021). Os baixos incentivos para a captura do gás e o alto custo para a instalação de tubulação são fatores que estimulam o flaring.

As leis e regulamentos de um país podem dificultar ou mesmo proibir as empresas de vender gás associado. Por exemplo, uma empresa pode ter garantido os direitos de extração de petróleo, mas pode não possuir o gás associado produzido durante a extração. Em outros casos, os regulamentos podem não especificar como o gás associado deve ser manuseado comercialmente. Isso cria ambiguidade legal sobre como o gás associado deve ser processado (EPE, 2021).

2.5.2 Venting e emissões fugitivas

“*Venting*”, termo inglês que pode ser traduzido como “ventilar”, significa a liberação controlada/intencional de gases para a atmosfera dos tanques de óleo de carga durante as operações de produção de petróleo e gás (IOGP, 2022).

Emissões fugitivas são emissões de gases ou vapores de equipamentos pressurizados devido a vazamentos e outras liberações não intencionais ou irregulares de gases ou líquidos (IOGP, 2022). Além do custo econômico das *commodities* perdidas, as emissões fugitivas contribuem para a poluição do ar e as mudanças climáticas.

Esta liberação “*in natura*” do gás, ou seja, sem qualquer queima ou tratamento, resulta na adição de grandes quantidades de metano para a atmosfera, uma vez que este é o principal componente do gás natural (IBP, 2021).

2.5.3 Energia da plataforma de petróleo

A energia, ou autoconsumo, se refere ao consumo de energia na plataforma, que inclui atividades como reinjeção de gás para recuperação de óleo, transporte para os dutos, geração de eletricidade para atividades operacionais e acomodações nas plataformas offshore, produção de calor e vapor (IOGP, 2014).

O uso do gás natural para a geração de energia na própria unidade de produção é uma das opções mais difundidas na indústria. Neste caso (O&G), o gás proveniente do reservatório (ou fração deste gás) é direcionado a um processo de

separação e tratamento para ser utilizado como combustível nas turbinas ou motores alternativos. Em plataformas offshore em águas brasileiras, o aproveitamento do gás para a geração elétrica é uma prática consolidada (IBP, 2021).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este trabalho se desdobrou numa linha descritiva, em que foram ilustradas as emissões (em toneladas de CO₂ Eq) de uma frota de FPSO operadas por uma empresa modelo, que consiste em 07 unidades em operação nos últimos 03 anos (2020 a 2022).

Foi informado o valor de emissão excedente em relação ao target pré-estabelecido e esse valor foi utilizado como base de comparação com projetos já conhecidos em sequestro de carbono para que seja avaliado sua viabilidade.

Ao final desse levantamento, foram comparados os valores de emissões da frota com os de captura de projetos de carbono, buscando uma análise crítica e recomendação que reforcem a iniciativa voltada à compensação de carbono.

3.1 TRATATIVA DE DADOS

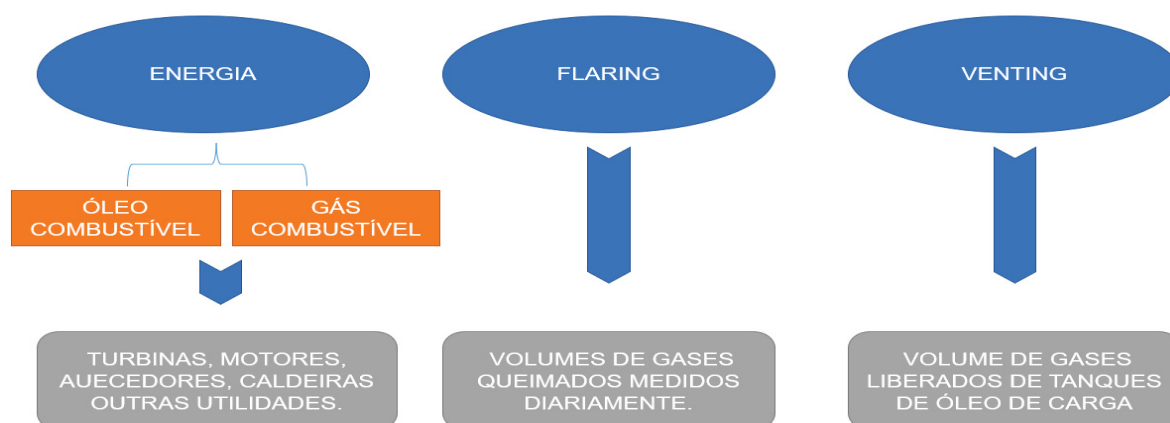
Para calcular as emissões de um FPSO, foram coletadas diariamente as informações de volume das matérias-primas através de leitura de instrumentos.

As emissões associadas ao consumo de energia para geração de energia foram calculadas usando os volumes de gás hidrocarboneto (ou seja, Gás Combustível) e óleo diesel marítimo (ou seja, óleo combustível) usados pelas turbinas, caldeiras, aquecedores e outros consumidores.

3.1.1 Dados coletados

As emissões relacionadas a flaring estão relacionadas ao volume agregado de gás queimado nas linhas de alta pressão e baixa pressão de flaring, conforme mostrado na Figura 4.

FIGURA 4 – MATÉRIA PRIMA DE COLETA DE DADOS.



Fonte: O autor (2023).

Vale ressaltar que, no presente trabalho, as emissões fugitivas não foram consideradas no cálculo de emissões de GEEs.

3.1.2 Rotina de fluxo de informação

Para que a informação precisa das emissões fosse garantida, além da devida calibração dos instrumentos de campo e capacitação dos colaboradores que irão interpretá-los, é necessário seguir um fluxo seguro de informações (Figura 5).

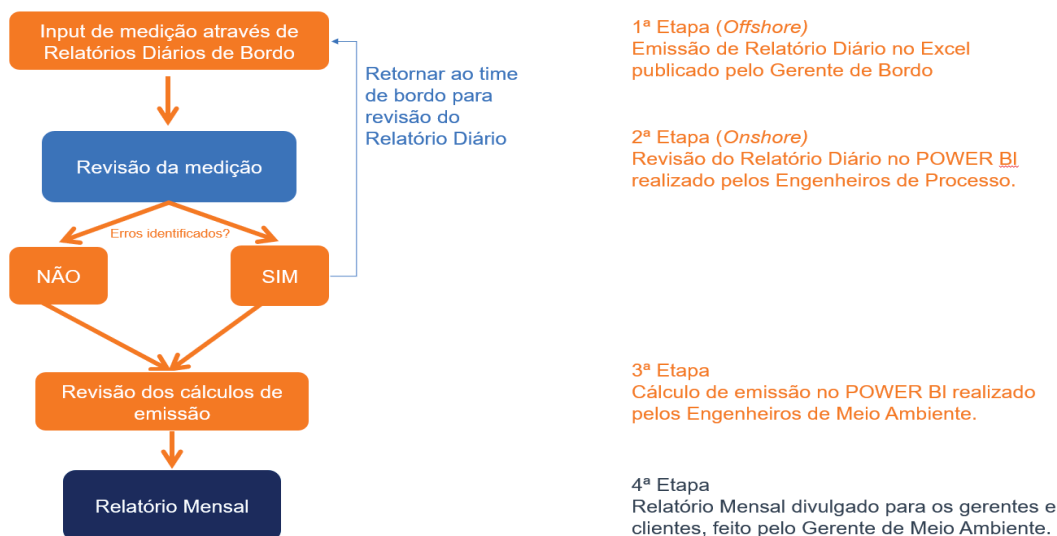
Ao coletar os dados provenientes da leitura de instrumentos no campo, foi emitido e divulgado pelo time de bordo um relatório diário que contém todas as informações necessárias para o cálculo das emissões. Para confecção desse relatório foi utilizado o Software Microsoft Excel®. Todos os dados foram armazenados utilizando a ferramenta PI.

Essa informação passou por uma verificação feita por uma equipe especialista em processos, e no caso de haver necessidade de revisão, retornaria para o time de bordo. Essa verificação foi feita utilizando a ferramenta Microsoft PowerBI®, com periodicidade semanal.

Uma vez verificada, o time especialista de meio ambiente realizou os cálculos das emissões, utilizando a ferramenta PowerBI e após essa fase concluída, foi emitido, com periodicidade mensal, um relatório gerencial de emissões.

Para compilação deste projeto foram utilizados os dados já processados e disponibilizados pela equipe técnica da empresa modelo.

FIGURA 5 – TRATATIVA DE DADOS DE EMISSÃO



Fonte: O Autor (2023).

3.2 METODOLOGIA DE CÁLCULO DE EMISSÕES

As emissões que serão mostradas a seguir foram feitas usando o método definido pela UKOOA (Associação das operadoras offshore do Reino Unido), que para o cálculo da massa de cada componente de gás, é considerada um fator de emissão padrão para conversão de massa para CO₂ (DFs).

Para a quantificação de emissões de gases atrelados ao processo de geração de energia temos o seguinte método de cálculo:

$$M_{MDO} = (V_{MDO} \times d_{MDO})/10^3 \quad (1)$$

$$M_{Fuel\ Gas} = (V_{Fuel\ Gas} \times d_{Fuel\ Gas})/10^3 \quad (2)$$

$$M_{CO_2} = (M_{MDO} \times DF_{CO_2Turbines} + M_{MDO} \times DF_{CO_2Boilers} + M_{MDO} \times DF_{CO_2Other\ Utilities}) + (M_{Fuel\ Gas} \times DF_{CO_2Turbines} + M_{Fuel\ Gas} \times DF_{CO_2Boilers} + M_{Fuel\ Gas} \times DF_{CO_2Other\ Utilities}) \quad (3)$$

Onde

- M é massa em Tons
- V é volume em m³
- d é a densidade em Kg/m³
- DF é o fator de emissão padrão de conversão de massa para CO₂

As quantidades de emissões de CH₄ e N₂O obtidas são então convertidas em Toneladas de CO₂ equivalente (M CO₂ Eq) usando seus respectivos Potenciais de Aquecimento Global (GWP):

$$M_{CO_2}Eq = M_{CO_2} + (M_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) + (M_{CH_4} \times GWP_{CH_4}) \quad (4)$$

Para as emissões ocasionadas devido à flaring, o volume de gás queimado do FPSO é convertido para massa usando a apropriada densidade. Então, os fatores de emissões padrão (EF) são aplicados para determinar as quantidades associadas de GEEs emitidos para a atmosfera em toneladas, conforme descrito abaixo:

$$M_{CO_2} = M_{Gas\ Flared} \times EF_{CO_2} \quad (5)$$

De maneira análoga calcula-se a massa de CH₄ e N₂O. A massa também é expressa em Toneladas de CO₂ equivalente (M CO₂ Eq). A quantidade de emissões de CH₄ e N₂O são, portanto, convertidas em T CO₂ Eq usando seus respectivos Potenciais de Aquecimento Global (GWP), conforme tabela 1 abaixo:

TABELA 1 – POTENCIAIS DE AQUECIMENTO GLOBAL

POTENCIAIS DE AQUECIMENTO GLOBAL (GWP)	ATÉ 2016	2017 A 2020	A PARTIR DE 2021	A PARTIR DE 2022
CO ₂ em CO ₂ Eq	1	1	1	1
N ₂ O em CO ₂ Eq	310	298	265	273
CH ₄ em CO ₂ Eq	21	25	28	27.9

Fonte: IPCC (2022)

A massa em Toneladas de CO₂ equivalente é calculada de acordo com a fórmula:

$$M_{CO_2}Eq = M_{CO_2} + (M_{N_2O} \times GWP_{N_2O}) + (M_{CH_4} \times GWP_{CH_4}) \quad (6)$$

3.2.1 Metodologia para cálculo de emissões excedentes

A partir dos dados gerados pela empresa modelo, foi definido um valor target de emissão de flaring. Esse valor não está relacionado a eventos regulatórios, apenas como meta de emissão.

Será mostrado a seguir os excedentes por unidade obtidos no período de 2020 a 2022. No ano de 2020 não teve emissão excedente, mas em 2021, os FPSOs N2 e N5 excederam os valores target e em 2022, apenas o FPSO N2, não conforme as tabelas de referência 2 e 3 a seguir.

TABELA 2 – EMISSÕES POR FLARING DE CADA UNIDADE EM 2021

FPSO	EMIÇÃO TOTAL (Milhões de pés cúbicos padrão)	TARGET (Milhões de pés cúbicos padrão)	EMIÇÃO EXCEDENTE (Milhões de pés cúbicos padrão)
N1	367,04	494,00	--
N2	420,30	378,68	41,62
N3	355,12	473,58	--
N4	340,81	507,06	--
N5	103,52	20,41	83,11
N6	105,71	118,40	--
N7	84,00	289,87	--

Fonte: ASSET INTEGRITY REPORT DATA (2023)

TABELA 3 – EMISSÕES POR FLARING DE CADA UNIDADE EM 2022

FPSO	EMIÇÃO TOTAL (Em Milhões de pés cúbicos padrão)	TARGET (Em Milhões de pés cúbicos padrão)	EMIÇÃO EXCEDENTE (Em Milhões de pés cúbicos padrão)
N1	448,95	478,15	--
N2	579,58	511,00	68,58
N3	299,95	441,65	--
N4	415,26	536,55	--
N5	65,60	80,30	--
N6	20,70	105,85	--
N7	49,49	143,91	--

Fonte: ASSET INTEGRITY REPORT DATA (2023)

Para se obter o valor total de massa em ton CO₂ Eq, foi feita uma proporção baseada entre o volume total de gás queimado e quantidade total de emissões em ton CO₂ com o valor de excedente de queima de gás e as unidades. O valor em CO₂ Eq total emitido nos anos e unidades que excederam o target, estão apontados conforme tabelas de referência 4, 5 e 6 a seguir.

TABELA 4 – MASSA DE CO₂ EQ EMITIDO POR N2 EM 2021

Month Date	Gas Flared HP Volume	Gas Flared LP Volume	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared Mass per HC Mass (t/1000t)	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Mass (t)	Gas Flared CH ₄ Mass (t)	Gas Flared N ₂ O Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Eq Mass (t)
Jan	40,51	15,29	55,80	1.366,78	2,03	35,38	866,60	3.826,97	24,60	0,11	4.545,16
Feb	66,78	16,72	83,50	2.045,32	4,36	59,86	1.466,31	5.726,90	36,82	0,17	6.801,64
Mar	26,37	18,13	44,50	1.090,10	1,56	26,40	646,72	3.052,29	19,62	0,09	3.625,10
Apr	63,79	25,95	89,74	2.198,11	3,37	45,69	1.119,11	6.154,71	39,57	0,18	7.309,74
May	13,84	22,70	36,54	895,04	1,28	17,45	427,42	2.506,12	16,11	0,07	2.976,44
Jun	44,77	13,77	58,53	1.433,72	2,13	18,67	457,33	4.014,41	25,81	0,12	4.767,78
Jul	25,46	12,55	38,01	930,98	1,34	14,31	350,44	2.606,75	16,76	0,08	3.095,95
Aug	39,40	10,38	49,78	1.219,22	1,78	26,46	647,99	3.413,80	21,95	0,10	4.054,46
Sep	18,86	12,49	31,35	767,82	1,16	7,54	184,73	2.149,89	13,82	0,06	2.553,35
Oct	39,48	13,26	52,74	1.291,81	1,91	14,55	356,36	3.617,07	23,25	0,10	4.295,87
Nov	87,63	12,13	99,76	2.443,49	3,75	82,13	2.011,62	6.841,76	43,98	0,20	8.125,73
Dec	70,45	17,91	88,36	2.164,22	3,21	71,86	1.760,24	6.059,80	38,96	0,18	7.197,02
Total	537,32	191,29	728,61	17.846,60	27,88	420,30	10.294,88	49.970,48	321,24	1,45	59.348,25

Fonte: ASSET INTEGRITY REPORT DATA (2023)

TABELA 5 – MASSA DE CO₂ EQ EMITIDO POR N5 EM 2021

Month Date	Gas Flared HP Volume	Gas Flared LP Volume	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared Mass per HC Mass (t/1000t)	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Mass (t)	Gas Flared CH ₄ Mass (t)	Gas Flared N ₂ O Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Eq Mass (t)
Jan	4,21	3,88	8,08	198,01	25,65	0,54	13,15	554,43	3,56	0,02	658,48
Feb	12,55	4,71	17,26	422,66	4,37	7,48	183,22	1.183,46	7,61	0,03	1.405,56
Mar	20,07	1,97	22,04	539,84	3,23	14,72	360,60	1.511,54	9,72	0,04	1.795,21
Apr	8,96	0,69	9,65	236,30	0,97	2,34	57,29	661,64	4,25	0,02	785,81
May	13,47	0,70	14,17	347,09	2,45	-	-	971,85	6,25	0,03	1.154,23
Jun	9,62	7,54	17,16	420,20	2,10	8,34	204,26	1.176,57	7,56	0,03	1.397,37
Jul	6,63	29,40	36,02	882,38	3,96	30,54	747,99	2.470,66	15,88	0,07	2.934,32
Aug	5,63	4,24	9,87	241,68	1,08	4,04	99,05	676,70	4,35	0,02	803,69
Sep	7,65	0,12	7,76	190,17	1,11	-	-	532,48	3,42	0,02	632,40
Oct	8,19	1,59	9,78	239,53	4,01	3,95	96,83	670,67	4,31	0,02	796,54
Nov	29,42	2,72	32,13	787,03	7,37	24,17	592,00	2.203,69	14,17	0,06	2.617,24
Dec	10,92	2,21	13,13	321,60	2,38	7,40	181,26	900,48	5,79	0,03	1.069,48
Total	137,30	59,75	197,05	4.826,49	58,67	103,52	2.535,64	13.514,17	86,88	0,39	16.050,32

Fonte: ASSET INTEGRITY REPORT DATA (2023)

TABELA 6 – MASSA DE CO₂ EQ EMITIDO POR N2 EM 2022

Month Date	Gas Flared HP Volume	Gas Flared LP Volume	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared Mass per HC Mass (t/1000t)	Gas Flared Volume	Gas Flared Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Mass (t)	Gas Flared CH ₄ Mass (t)	Gas Flared N ₂ O Mass (t)	Gas Flared CO ₂ Eq Mass (t)
Jan	30,90	10,16	41,06	1.123,27	1,97	16,22	443,70	3.145,14	20,22	0,09	3.734,09
Feb	128,41	14,72	143,14	3.915,33	7,25	83,13	2.273,99	10.962,92	70,48	0,32	13.015,78
Mar	73,34	11,06	84,40	2.308,58	3,41	40,03	1.094,98	6.464,03	41,55	0,19	7.674,45
Apr	52,44	44,33	96,77	2.646,98	4,26	44,59	1.219,83	7.411,55	47,65	0,21	8.799,40
May	83,42	10,62	94,04	2.572,43	4,88	79,42	2.172,34	7.202,81	46,30	0,21	8.551,57
Jun	48,27	13,16	61,43	1.680,42	3,14	38,68	1.058,14	4.705,17	30,25	0,14	5.586,24
Jul	48,15	5,23	53,37	1.459,97	2,01	35,41	968,61	4.087,91	26,28	0,12	4.853,39
Aug	64,07	19,21	83,28	2.278,01	3,19	51,48	1.408,16	6.378,42	41,00	0,18	7.572,80
Sep	38,96	17,33	56,28	1.539,60	2,23	38,21	1.045,20	4.310,89	27,71	0,12	5.118,12
Oct	51,85	9,79	61,64	1.686,23	2,35	19,76	540,38	4.721,43	30,35	0,14	5.605,55
Nov	60,04	15,02	75,06	2.053,26	3,27	58,08	1.588,64	5.749,13	36,96	0,17	6.825,68
Dec	84,91	9,59	94,50	2.584,91	3,90	74,58	2.040,01	7.237,76	46,53	0,21	8.593,06
Total	764,75	180,23	944,98	25.848,99	41,86	579,58	15.853,97	72.377,16	465,28	2,09	85.930,12

Fonte: ASSET INTEGRITY REPORT DATA (2023)

Para se obter o valor para Emissões Excedentes em ton CO₂ Eq for feita a proporção:

QUADRO 1 – PROPORÇÃO PARA CÁLCULO DE EXCEDENTE

Emissão total de Flaring (mmscf) ————— Massa total (ton CO₂ Eq)

Emissão Excedente (mmscf)* ————— **Massa emitida excedente (ton CO₂ Eq)**

*Emissão Excedente (mmscf) = Emissão total de Flaring - Target

FONTE: O autor (2023).

3.3 METODOLOGIA PARA O CÁLCULO DE COMPENSAÇÃO PROPOSTO

Como projeto de compensação das emissões, foi proposto a compensação florestal. Para isto, foram utilizados os cenários criados por Flizikowski (2012) como base de cálculo, conforme apresentados na tabela 7.

TABELA 7 – CENÁRIOS PARA COMPENSAÇÃO DE EMISSÕES DE GEE

MODELO	ESPÉCIE	ESPAÇAMENTO	ANOS	MUDAS
A	Eucalyptus	2,5 m x 2,5 m	7	1.242.917
B	Eucalyptus	3,0 m x 2,0 m	7	1.211.303
C	Eucalyptus	3,0 m x 3,0 m	7	1.102.282
D	Pinus	2,5 m x 2,5 m	20	362.292
E	Pinus	3,0 m x 2,0 m	20	339.464
F	Pinus	3,0 m x 3,0 m	20	278.070
G	Nativas	3,0 m x 2,0 m	17	590.311.110

Fonte: Flizkowski (2012)

Em sua pesquisa, Flizkowski apresentou emissão total de 119.174,21 ton CO₂Eq e conhecendo-se a quantidade de mudas, calculou-se o fator de fixação de cada modelo.

$$F_f = \frac{E_t}{N} \quad (7)$$

Onde:

- Ff = fator de fixação de carbono (t CO₂Eq por muda);
- Et = emissão total (tCO₂Eq);
- N = Número de mudas;

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 MEDIÇÕES TOTAIS

De acordo com a Associação Internacional de Produtores de Petróleo e Gás, que mundialmente, do total de emissões do CO₂ na produção de óleo, 55% são provenientes de energia (queima de combustível para a geração de energia na plataforma), 32% de flare, 9% de venting e 4% de emissões fugitivas (IOGP,2014). Como o valor mais significativo referente ao total de emissão é referente à geração de energia, serão ilustrados a seguir as emissões de geração de energia comparada com o total emitido ao ano em 2020, 2021 e 2022 conforme tabela 8 a seguir.

TABELA 8 – GERAÇÃO DE ENERGIA VS EMISSÃO TOTAL

ANO	GERAÇÃO DE ENERGIA (MTon de CO2 EQ)	EMISSÃO TOTAL (MTon de CO2 EQ)
2020	2,11	2,37
2021	2,17	2,46
2022	1,97	2,32
TOTAL		7,15

Fonte: O Autor (2023)

Observa-se que para os anos de 2020, foram emitidos um valor de 2,11M de ton CO₂ Eq para a geração de energia, o que significa 89% do total das emissões totais (2,37M de ton CO₂ Eq), já em 2021, para geração de energia foram emitidos 2,17M de ton CO₂ Eq de um total de 2,46M de ton CO₂ Eq, o que significa 88% e em 2022 foram 1,97M de ton CO₂ Eq de Geração de energia contra 2,32M de ton CO₂ Eq totais, o que é 85% do total.

O resultado dessas emissões está em média 32% acima do que se espera de resultados eficientes oriundos de boas práticas de mercado em relação a emissão por geração de energia (IOGP, 2014) e esse é um grande influenciador nas tomadas de decisão em relação à investimento em projetos sustentáveis na linha voltada para otimização e eficiência de processos, deixando o desenvolvimento de soluções compensatórias para segundo momento.

Entretanto, ao analisar as medições de emissão total da frota, verifica-se o valor total de 7,15 Mton CO₂ Eq emitidos na atmosfera ao longo dos 03 anos.

É razoável entender que mesmo com o investimento em soluções de tecnologia embarcada, ainda acontecerão emissões, portanto soluções offset voltadas para reflorestamento se mostram uma boa opção como oportunidade de neutralizar suas emissões em longo prazo.

4.2 MEDIÇÕES DE EMISSÕES EXCEDENTES

Conforme informado no tópico anterior, os anos que excederam o valor target em emissão por flaring foram: em 2021 foram o FPSOs N2 e N5, e em 2022 apenas o FPSO N2. Foi calculado os valores de emissão excedente da frota e os resultados estão conforme tabela 9 abaixo:

TABELA 9 – EMISSÃO EXCEDENTE DA FROTA.

FPSO	ANO	EMIÇÃO TOTAL (mmscfd)	TARGET (mmscfd)	EMIÇÃO TOTAL (ton CO2 Eq)	EMIÇÃO EXCEDENTE (ton CO2 Eq)
N2	2021	420,30	378,68	59.348,25	5.735,70
N5	2021	103,52	20,41	16.050,32	12.876,03
N2	2022	579,58	511,00	85.930,12	10.167,86
TOTAL					28.779,59

Fonte: O Autor (2023)

4.3 ESTIMATIVA PARA COMPENSAÇÃO

A partir dos dados de emissões levantados, foi possível estimar o número de árvores necessárias para compensar o impacto causado pelas emissões.

Baseado no estudo de Flizikwoski (2012) e Nunnenkamp et al. (2017) , a tabela 10 mostra o fator de fixação em cada modelo calculado e a quantidade de mudas necessária para se compensar o total emitido pela empresa. Já a tabela 11 mostra a quantidade de mudas necessária para compensar o excedente.

TABELA 10 – COMPENSAÇÃO PARA EMISSÃO TOTAL

MODELO	FATOR DE FIXAÇÃO DE CARBONO (t CO2/muda)	NÚMERO DE MUDAS
A	0,0958	93.945.720.250
B	0,0983	91.556.459.820
C	0,1080	83.333.333.330
D	0,3286	27.388.922.700
E	0,3507	25.662.959.790
F	0,4282	21.018.215.790
G	0,2017	44.620.723.850

Fonte: O Autor (2023)

TABELA 11 – COMPENSAÇÃO PARA EMISSÃO EXCEDENTE

MODELO	FATOR DE FIXAÇÃO DE CARBONO (t CO2/muda)	NÚMERO DE MUDAS
A	0,0958	300.413.260
B	0,0983	292.773.040
C	0,1080	266.477.690
D	0,3286	87.582.440
E	0,3507	82.063.270
F	0,4282	67.210.630
G	0,2017	142.685.130

Fonte: O Autor (2023)

Observando os valores necessários para compensar da tabela 09, verifica-se que seria necessário o plantio de no mínimo 21 bilhões de árvores da espécie *Pinus* com espaçamento de 3,0 m x 3,0 (Modelo F) para compensar o total emitido pela frota (7,15M ton CO₂ Eq). Percebe-se que esse é o menor número de mudas necessárias dentre os modelos apresentados devido a taxa de fixação superior à da espécie *Eucalyptus* e Nativa.

Um fator importante a ser considerado nessa avaliação é o tempo para essa neutralização, para os modelos da espécie *Eucalyptus* (A, B e C) foram consideradas no cenário criado por Flizikwoski (2012) um período de crescimento de 07 anos, já para as espécies *Pinus* (D, E e F) foram consideradas 20 anos de crescimento e a Nativas (G) 17 anos. A empresa deve verificar as variáveis para definir qual o modelo se adequa melhor no seu plano de ação para os prazos e metas sustentáveis que pretende alcançar.

Analogamente, os valores da tabela 10 representam a quantidade de mudas necessárias para compensar os excedentes (28.779,59 ton CO₂ Eq). Verifica-se que é necessário no mínimo 67 milhões de árvores plantadas (modelo F) para tal compensação.

Ainda são poucas as práticas de projetos de compensação no mercado de O&G, entretanto têm-se conhecimento de alguns projetos na ordem de grandeza das emissões calculadas nesse projeto.

O projeto Florestas de Valor na Amazônia Legal recebeu da Petrobras investimentos de R\$14 milhões em 2019 e tem como objetivo conservar mais de 2 milhões de hectares de floresta. Entre 2014 e 2020 o projeto capturou 28 mil toneladas de dióxido de carbono (EPE, 2021). Esse valor seria próximo a emissão de excedentes da empresa modelo deste trabalho.

A Total Energies, que criou em 2019 uma unidade de negócio com orçamento anual de US\$100 milhões voltada para investir em projetos SBN (Solução Baseadas na Natureza) no mundo (EPE, 2021). Este investimento espera o armazenamento de cinco milhões de toneladas de carbono por ano por volta de 2030, o que estaria próximo a metade ao equivalente à emissão total da frota.

Embora essa comparação tenha limitações, pois foi levada em conta apenas o valor total de emissões e o total de carbono armazenado de cada projeto, serve para

basear a ordem de grandeza de aplicação financeira e retorno de cada projeto, que são valores consideráveis de investimentos.

5 CONCLUSÃO

As grandes empresas do mercado de Óleo e Gás estão passando pelo processo de transição energética e com isso tem metas de médio e longo prazo para atingir targets sustentáveis. Baseado nos valores expressivos de emissões, além de se investir em energias renováveis, processos e operações mais eficientes, também será necessário investir em projetos de compensação para alcançar os objetivos sustentáveis da empresa.

Para a empresa que teve os valores de emissão deste trabalho, a recomendação de projeto de compensação por sequestro de carbono é em projeto de plantio de árvores. Baseado nos valores obtidos para emissão total (7,15 Mi ton CO₂ Eq), viu-se que dentre os cenários apresentados deve ser plantada no mínimo 21 Bi (modelo F) de árvores da espécie Pinus em 20 anos para se compensar o valor emitido. Caso a preocupação da empresa seja além de compensar, conservar a biodiversidade local, devem ser plantadas 44Bi (Modelo G) de arvores nativas em 20 anos para compensar a emissão de sua frota de FPSOs.

Durante a implementação do projeto, outros tipos de emissões deverão ser calculados. Portanto, a empresa pode implementar mais de uma das opções de modelos de cenários para plantio, a fim de estar mais aderente a sua agenda de entregas sustentáveis e que seja financeiramente mais atrativa.

Vale ressaltar que para o atendimento da meta de neutralidade de carbono até 2050, é necessário um esforço de todos os setores em função da solução de melhor custo-efetividade para a sociedade. O setor O&G tem o potencial de assumir papel crucial na transição energética para uma economia de baixo carbono e possui capacidade financeira para apoiar projetos de restauração florestal no país.

Embora no mercado de O&G possua a maturidade, a disponibilidade de recursos financeiros e a expertise tecnológica e de recursos humanos o desenvolvimento da área sustentável ainda é embrionário e pelo fato de as quantidades emitidas pelas unidades não serem regulamentadas, o mercado mostra preocupações urgentes em investimentos nas soluções de eficiência energética, o que

demanda tempo de desenvolvimento de engenharia, cadeia de suprimento, construção e a instalação embarcada que por muitas vezes é restrita por limitação de quantidade de pessoas permitida à bordo.

Portanto, um bom ponto de partida para a empresa seria fazer o inventário de acordo com o GHG Protocol para que seus valores de emissão sejam validados, tornando todo o trabalho de compensação mais assertivo. O investimento em solução baseada na natureza, considerando o reflorestamento proposto seria o próximo passo e é importante que, dada a relevância do setor, órgãos públicos viabilizem métodos para medição, fiscalização, metas e medidas punitivas em caso de excedentes em emissão de CO₂ na atmosfera para o mercado de O&G.

REFERÊNCIAS

ASSET INTEGRITY REPORT DATA, **Scope 3 - Downstream Leased Assets**, 2023. Disponível em: <https://app.powerbi.com/groups/me/apps/77b50a2f-6417-42ab-994f-99d7d4fe18bc/reports/daa47be8-d67b-429c-bb78-6a15f36bc6cd/ReportSectionc9bd2845c3cb3a290057?ctid=81effa57-092e-4f44-acc1-0cc5105272cb>. Acesso em: 03/03/2023.

BECHARA. E. **A compensação ambiental para a implantação de empreendimentos sujeitos ao epia/rima e para empreendimentos dispensados do epia/rima**. Disponível em: www.planetaverde.org/artigos/arq_01_45_00_05_01_10.pdf. Acesso em: 12/03/2023.

CENAMO, M.C. **Mudanças climáticas, o protocolo de Kyoto e mercado de carbono**, CEPEA/ESALQ – Universidade de São Paulo, 2004.

DELLOITE. **2023 Oil and Gas industry outlook**, 2022. Disponível em: <https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/legacy/docs/industry/energy-resources-industrials/2022/us-2023-outlook-oil-and-gas.pdf>. Acesso em: 15/04/2023.

EPE – EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Nota Técnica: Apoio à restauração florestal no Brasil pelas empresas de óleo e gás por meio de créditos de carbono**, 2021. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-661/NT%20EPE-BNDES-Final.pdf>. Acesso em: 13/04/2023.

FLIZIKOWSKI, L. C. **ESTIMATIVA DE EMISSÕES DE DIÓXIDO DE CARBONO NA CONSTRUÇÃO CIVIL E NEUTRALIZAÇÃO COM ESPÉCIES FLORESTAIS: UM ESTUDO DE CASO**, Universidade Federal do Paraná, 2012.

IOGP – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Safety performance indicators – 2014 data**, 2014. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/checkout/>. Acesso em: 15/03/2023.

IOGP – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Environmental Performance Indicators – 2012 data**, 2012. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/checkout/>. Acesso em: 15/03/2023.

IOGP – INTERNATIONAL ASSOCIATION OF OIL & GAS PRODUCERS. **Instruction Fleet Environmental Emissions**, 2022. Disponível em: <https://www.iogp.org/bookstore/checkout/>. Acesso em: 15/03/2023.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. **Indicators of the human influence on the atmosphere. Climate Change 2001 – Synthesis Report**, 2001. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/graphics/2001syr/large/02.01.jpg>. Acesso em: 03/03/2023.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. ***Changes in Atmospheric Constituents and in Radiative Forcing***, 2007. Disponível em: http://ipcc-wg1.ucar.edu/wg1/Report/AR4WG1_Print_Ch02.pdf. Acesso em 05/03/2023.

IPCC – INTERGOVERNAMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. ***IPCC Sixth Assessment Report – Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change Report***, 2022. Disponível em: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg3/downloads/report/IPCC_AR6_WGIII_FullReport.pdf. Acesso em: 15/06/2023.

JUNIOR, J.F. **Análise dos inventários de emissões de gases de efeito estufa das instituições financeiras brasileiras participantes do GHG Protocol: estudo de caso de uma instituição financeira de economia mista**. Universidade Federal do Paraná, 2015.

NUNNENKAMP, C.H.; CORTE, A.P.D. **EMIÇÃO DE GASES DE EFEITO ESTUFA E PROPOSTA DE PROJETO PARA COMPENSAÇÃO: UM ESTUDO DE CASO E-COMMERCE**, Universidade Federal do Paraná, 2017.

NUTO, L.; WATZLAWICK, L.F.; GRAMMEL, R.; FENNER, P.T. **O Mercado internacional de CO₂: Impacto das florestas naturais e plantações**. Curitiba. Imprensa Universitária da UFPR. 2002. p. 89-108.

O ECO. **“Flaring”, prática das petroleiras que polui e desperdiça**. 2014. Disponível em: <https://oeco.org.br/reportagens/28005-flaring-pratica-das-petroleiras-que-polui-e-desperdica/>. Acesso em 13/03/2023.

PBMC – PAINEL BRASILEIRO DE MUDANÇAS CLIMÁTICAS. **Mitigação das Mudanças climáticas, Primeiro relatório de avaliação nacional**, Vol 3, 2014. Disponível em: http://www.pbmc.coppe.ufrj.br/documentos/RAN1_completo_vol3.pdf. Acesso em: 07/03/2023.

PETROBRAS. **Você sabe o que é um FPSO?**, 2017. Disponível em: <https://petrobras.com.br/fatos-e-dados/voce-sabe-o-que-e-um-fpso.htm>. Acesso em: 18/04/2023.

PETROBRAS. **Tipos de Plataformas utilizadas na bacia de Santos** 2023. Disponível em: <https://comunicabaciadesantos.petrobras.com.br/content/tipos-de-plataformas-utilizadas-na-bacia-de-santos.html#:~:text=Navio-plataforma>. Acesso em: 19/03/2023.

PREFEITURA DE SÃO PAULO. **Aquecimento Global: algumas perguntas e respostas & como realizar eventos neutros em carbono nos parques municipais**, 2021. Disponível em: https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/meio_ambiente/publicacoes_svm/index.php?p=37898. Acesso em: 09/03/2023.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **FAQ – PERGUNTAS FREQUENTES**, volume 1, 2023. Disponível em:

https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/u641/faq_ghg_2023_v1.0.pdf. Acesso em: 18/03/2023.

SOUSA, Rafaela. **"Efeito estufa"**; Brasil Escola, 2020. Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/geografia/espaco-meio-ambiente.htm>. Acesso em: 12 de março de 2023.

THE WORLD BANK. ***What is gas flaring?*** 2015. Disponível em:

<https://www.worldbank.org/en/programs/gasflaringreduction/gas-flaring-explained2/7>. Acesso em: 13/03/2023.

THE WORLD BANK. ***State and Trends of Carbon Pricing***, 2021. Disponível em:

<https://openknowledge.worldbank.org/bitstreams/5984f808-84d2-55cc-8943-de23dc20fc0c/download>. Acesso em: 13/03/2023.

WWF – WORLD WILDLIFE FUND. **Relatório Planeta Vivo**, 2006. Disponível em:

https://wwfbrnew.awsassets.panda.org/downloads/wwf_brasil_planeta_vivo_2006.pdf. Acesso em: 05/03/2023.