



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
Universidade Federal de Ouro Preto
Escola de Minas – Departamento de Engenharia de Minas
Curso de Graduação em Engenharia de Minas

FRANSEL THOMAZ DO CARMO

**ANÁLISE DO IMPACTO DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA AVALIAÇÃO
FINANCEIRA DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE GASES EFEITO ESTUFA**

OURO PRETO
2023

Fransel Thomaz do Carmo

**ANÁLISE DO IMPACTO DOS CRÉDITOS DE CARBONO NA AVALIAÇÃO
FINANCEIRA DE PROJETOS DE REDUÇÃO DE GASES EFEITO ESTUFA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro de Minas, sob orientação do Prof. Dr. Felipe Souza.

OURO PRETO

2023



FOLHA DE APROVAÇÃO

Fransel Thomaz do Carmo

Análise do impacto dos créditos de carbono na avaliação financeira de projetos de redução de gases efeito estufa

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia de Minas da Universidade Federal de Ouro Preto como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Minas

Aprovada em 27 de Julho de 2023

Membros da banca

Dr- Felipe Ribeiro Souza - Orientador(a) Universidade Federal de Ouro Preto
Dr - José Fernando de Miranda - Universidade Federal de Ouro Preto
Dr - Hernani Mota de Lima - Universidade Federal de Ouro Preto

Felipe Ribeiro Souza, orientador do trabalho, aprovou a versão final e autorizou seu depósito na Biblioteca Digital de Trabalhos de Conclusão de Curso da UFOP em 15/08/2023



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Ribeiro Souza, PROFESSOR DE MAGISTERIO SUPERIOR**, em 15/08/2023, às 09:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site http://sei.ufop.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0573393** e o código CRC **496E5982**.

A Deus, por ter me acompanhado em todo o percurso, me provendo foco, sabedoria, saúde e tudo que foi necessário nesta caminhada, não permitindo faltar nada. Além de me fazer perceber que com Ele ao meu lado, posso ir além.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais, Neudes Thomaz e Edmilson do Carmo, pela educação que recebi, por serem acolhedores e amigos, pelo companheirismo durante a jornada e pelo suporte financeiro.

As minhas irmãs, Cleise e Natila, que sempre acreditaram em mim e no meu potencial. A Beatriz, minha parceira de longa data, obrigado por todo amor, cuidado e apoio ao longo do desenvolvimento do trabalho.

Aos supervisores e colegas de equipe do estágio, que contribuíram com o meu desenvolvimento profissional, em especial Michele Rodrigues, Marcos Paiva, João Vitor Campos, Reijane Moura, Rodrigo Campana, Carolina Oliveira, Lucas Medeiros, Pierina Zavala, Renato Menache e Fabiane Pereira.

Aos meus orientadores do projeto de estágio, Wagner Lima e Caio Maciel que apoiaram em todo o desenvolvimento do trabalho que posteriormente utilizei como TCC.

Aos docentes e colegas do Departamento de Engenharia de Minas, que contribuíram fortemente para minha formação pessoal e profissional.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Felipe Souza, pela disposição e instruções.

E a UFOP, por me ensinar a enxergar mais longe, por permitir conviver e aprender com especialistas no assunto.

RESUMO

Identificou-se uma oportunidade de ganhos financeiros e ambientais por meio da venda de créditos de carbono por uma empresa que promove projetos de cunho ESG. Com o objetivo de compreender os passos necessários para usufruir dessa receita, propôs-se este trabalho. O objetivo é realizar um estudo sobre o tema da descarbonização e examinar o impacto da precificação e venda dos créditos de carbono nas análises financeiras de projetos ESG, bem como os benefícios gerados ao meio ambiente por essa atividade. Para isso, realizou-se um estudo sobre temas como o Protocolo de Kyoto, o Acordo de Paris, o Mercado Regulado de Carbono, o Mercado Voluntário e a Taxação de Fronteira, além de explorar a área de finanças, foi realizado a avaliação de diferentes cenários de um projeto elegível, a fim de compreender os impactos ao adicionar os custos e receitas dos créditos de carbono em seu escopo e, por fim, concluir se essa prática traz benefícios para a empresa. O projeto escolhido tem como principal foco substituir um combustível fóssil utilizado em um forno de produção de ZnO por um Bio Óleo, além de reduzir os custos de aquisição desse combustível e otimizar o processo de alimentação no forno. Após realizar os cálculos, utilizando todas as premissas técnicas e financeiras relacionadas ao projeto, foi constatada uma melhoria de 1,4% na Taxa Interna de Retorno (TIR) e um Valor Presente Líquido (VPL) de R\$ 3 milhões para o Cenário 1. Devido ao alto investimento em Capex, esse cenário não seria aprovado pela governança da empresa, mesmo sem considerar a venda dos créditos de carbono. Já para o Cenário 2, com novas premissas no escopo técnico e financeiro do projeto, foi constatada uma melhoria de 2% na TIR e um VPL de R\$ 2,8 milhões. Esse cenário, após a otimização, seria aprovado naturalmente. No entanto, observa-se que, ao considerar os créditos de carbono, há um potencial de vantagens não apenas financeiras, mas também ambientais, que não seriam aproveitadas se a capacidade de redução de emissões fosse ignorada. A partir deste estudo, concluiu-se que a venda dos créditos de carbono não é necessariamente um fator decisivo na aprovação de projetos ESG, embora, em alguns casos, possa impulsionar a TIR para atingir a meta desejada. Essa prática representa uma oportunidade adicional tanto ambiental quanto financeira, contribuindo para que a empresa alcance seus compromissos de redução de emissões e proporcionando um aumento na TIR e no VPL do projeto.

Palavras-chaves: Créditos de Carbono; Projetos ESG; Protocolo de Kyoto; Acordo de Paris; Bio Óleo; Mercado Voluntário.

ABSTRACT

An opportunity for financial and environmental gains through the sale of carbon credits was identified by a company that promotes ESG projects. With the aim of understanding the necessary steps to benefit from this revenue, this study was proposed. The objective is to conduct a study on the topic of decarbonization and examine the impact of carbon pricing and carbon credit sales on the financial analysis of ESG projects, as well as the environmental benefits generated by this activity. To achieve this, a study was conducted on topics such as the Kyoto Protocol, the Paris Agreement, the Regulated Carbon Market, the Voluntary Market, and Border Taxation. In addition to exploring the field of finance, an evaluation of different scenarios of an eligible project was performed to understand the impacts when adding the costs and revenues of carbon credits within its scope, and ultimately determine if this practice brings benefits to the company. The chosen project focuses primarily on replacing a fossil fuel used in a ZnO production furnace with Bio Oil, as well as reducing the acquisition costs of this fuel and optimizing the feeding process in the furnace. After performing the calculations, using all the technical and financial assumptions related to the project, an improvement of 1.4% in the Internal Rate of Return (IRR) and a Net Present Value (NPV) of R\$ 3 million were found for Scenario 1. Due to the high investment in Capex, this scenario would not be approved by the company's governance, even without considering the sale of carbon credits. For Scenario 2, with new assumptions in the technical and financial scope of the project, an improvement of 2% in the IRR and an NPV of R\$ 2.8 million were found. This scenario, after optimization, would be naturally approved. However, it is observed that by considering carbon credits, there is a potential for advantages not only in financial terms but also in environmental terms, which would not be realized if the emission reduction capacity was ignored. From this study, it was concluded that the sale of carbon credits is not necessarily a decisive factor in the approval of ESG projects, although in some cases, it can boost the IRR to reach the desired target. This practice represents an additional opportunity, both environmentally and financially, contributing to the company's emission reduction commitments and providing an increase in the IRR and NPV of the project.

Keywords: Carbon Credits; ESG Projects; Kyoto Protocol; Paris Agreement; Bio Oil; Voluntary Market.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Gráfico de emissões por setores no Mundo	10
Figura 2 - Gráfico de emissões por setores no Brasil	11
Figura 3 - Gráfico de emissões por setores na empresa NR Mining.....	11
Figura 4 - Análise de sensibilidade da taxa interna de retorno (TIR) do cenário 1 com créditos de carbono.	49
Figura 5 - Incremento de receita pela venda dos créditos de carbono no cenário 2.	51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Aspectos contábeis do crédito de carbono no Brasil.....	17
Tabela 2 – Aspectos legais do crédito de carbono no Brasil.....	17
Tabela 3 – Bolsa de valores de créditos de carbono	20
Tabela 4 - Preços médios e volumes negociados de acordo com o tipo de projeto.	39
Tabela 5 - Atualização dos preços médios para o ano de 2022, de acordo com o tipo de projeto.....	40
Tabela 6 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 1 – sem créditos de carbono	46
Tabela 7 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 1 – com créditos de carbono.	47
Tabela 8 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 2 – sem créditos de carbono.	49
Tabela 9 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 2 – com créditos de carbono.	50

SUMÁRIO

Agradecimentos	V
Resumo.....	1
Abstract.....	2
Lista de Figuras	3
Lista de Tabelas.....	4
Sumário.....	5
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA	9
1.1.1 Emissões de GEE por Setor no Mundo.....	9
1.1.2 Emissões de GEE por Setor no Brasil	10
1.1.3 Emissões de GEE por Setor na Empresa NR Mining	11
1.2 JUSTIFICATIVA.....	11
1.3 OBJETIVO	12
1.3.1 Objetivos Específicos.....	12
1.3.2 Estrutura do Trabalho	12
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1 PROTOCOLO DE KYOTO 1997	14
2.2 ACORDO DE PARIS 2015	15
2.3 CAMINHOS PARA ATENDER AS EXIGÊNCIAS	16
2.4 CONCEITO FINANCEIRO/CONTÁBIL DO CRÉDITO DE CARBONO ..	17
2.5 TIPOS DE MERCADO DE CARBONO.....	18

2.5.1	Mercado Regulado	18
2.5.2	Mercado Voluntário	19
2.5.3	Taxação de Fronteira	20
2.6	INDICADORES DE DESEMPENHO FINANCEIRO	21
2.6.1	Custo de Oportunidade de Capital	21
2.6.2	Valor Presente Líquido (VPL).....	23
2.6.3	Taxa Interna de Retorno (TIR)	24
2.6.4	Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRm)	25
2.6.5	WACC (Weighted Average Capital Costing)	26
2.6.6	Payback	27
2.6.7	EBITDA	28
2.6.8	Capex.....	29
2.6.9	Opex.....	30
2.6.10	Ativo Financeiro	31
2.6.11	Bem Intangível	32
3	METODOLOGIA.....	34
3.1	COMO PARTICIPAR DO MERCADO VOLUNTÁRIO?	34
3.2	COMO OS PREÇOS DOS CRÉDITOS SÃO REGULADOS? ELES EXPIRAM COM O TEMPO?	37
3.3	CUSTOS DE CERTIFICAÇÃO E EMISSÃO.....	40
3.4	QUAIS SÃO AS METODOLOGIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO E QUAIS ORGANIZAÇÕES SÃO CAPAZES DE REALIZAR A CERTIFICAÇÃO E EMISSÃO DOS CRÉDITOS?.....	42
3.5	ESCOLHA DO PROJETO TME DA EMPRESA NR MINING COMO ESTUDO DE CASO	44

4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	45
4.1	CENÁRIO 1 – SEM CRÉDITO DE CARBONO.....	45
4.2	CENÁRIO 1 – COM CRÉDITO DE CARBONO	47
4.3	ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA TIR DO CENÁRIO 1	48
4.4	CENÁRIO 2 – SEM CRÉDITO DE CARBONO.....	49
4.5	CENÁRIO 2 – COM CRÉDITO DE CARBONO	50
5	CONCLUSÃO.....	52
	REFERÊNCIAS	54

1 INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a crise climática tem motivado empresas e governos a procurarem soluções para mitigar as emissões de gases de efeito estufa (GEE) e reduzir os impactos ambientais. Nesse contexto, o mercado de créditos de carbono tem se destacado como uma ferramenta fundamental para incentivar a redução das emissões de GEE e promover o desenvolvimento sustentável. A implementação do Protocolo de Kyoto em 1997 e o Acordo de Paris em 2015 conferiram ainda mais relevância ao mercado de créditos de carbono, que desempenhará um papel crucial no alcance das metas de redução de emissões estabelecidas pelos países signatários (ARAÚJO & MARTINS, 2008).

Os créditos de carbono representam unidades de redução ou remoção de emissões de GEE, geralmente equivalendo a uma tonelada de dióxido de carbono (CO₂e), emitida quando atividades humanas utilizam combustíveis fósseis, desmatam florestas ou produzem bens e serviços. O mercado de créditos de carbono é dividido em dois segmentos: o mercado regulado, que engloba projetos elegíveis para o cumprimento das metas de redução de emissões de GEE, e o mercado voluntário, que abrange projetos de redução ou remoção de emissões de GEE que não são obrigados a cumprir metas definidas pelo governo (BRASIL. Ministério do Meio Ambiente, 2016).

No Brasil, o mercado de créditos de carbono é relativamente novo, mas tem crescido nos últimos anos, à medida que aumenta a preocupação com as mudanças climáticas e a necessidade de incentivar a adoção de práticas sustentáveis pelas empresas. No entanto, apesar do potencial desse mercado, ainda existem desafios a serem superados, como a falta de uma regulamentação específica para o mercado voluntário de créditos de carbono e a complexidade dos processos de certificação e emissão desses créditos. Globalmente, esse mercado tem se expandido significativamente nos últimos anos, com vários países adotando políticas e medidas para incentivar a redução das emissões, como o sistema europeu de comércio de emissões e o programa americano de redução de GEE (JACOBI & MATTEI, 2013).

1.1 FORMULAÇÃO DO PROBLEMA

Será exposto neste capítulo um estudo feito pela WRI (World Resources Institute) das emissões de GEE por setor, tanto na visão global, quanto as emissões no Brasil, comparando inclusive com os demais países, até chegar nas emissões da empresa.

1.1.1 Emissões de GEE por Setor no Mundo

A figura 1 apresenta um gráfico com os dados de 2019, extraídos do WRI (World Resources Institute), filtrando as emissões por setores. Esses dados revelam um total de 49,76 GtCO₂e (gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente) de emissões de gases de efeito estufa (GEE) em todo o mundo. O setor energético, que engloba transporte, edificações, eletricidade/calor, manufatura/construção, é responsável por 75,6% das emissões globais. Em seguida, temos o setor agropecuário, com 14,9%, o setor industrial, com 6,2%, e o setor de resíduos, com 3,3% das emissões globais. Esses dados deixam evidente o setor que exerce o maior impacto, possibilitando o surgimento de ações para uma redução significativa desse impacto, por meio da adoção de novas práticas no setor, bem como a implementação de projetos que visem à redução ou à captura desses gases nocivos ao meio ambiente.

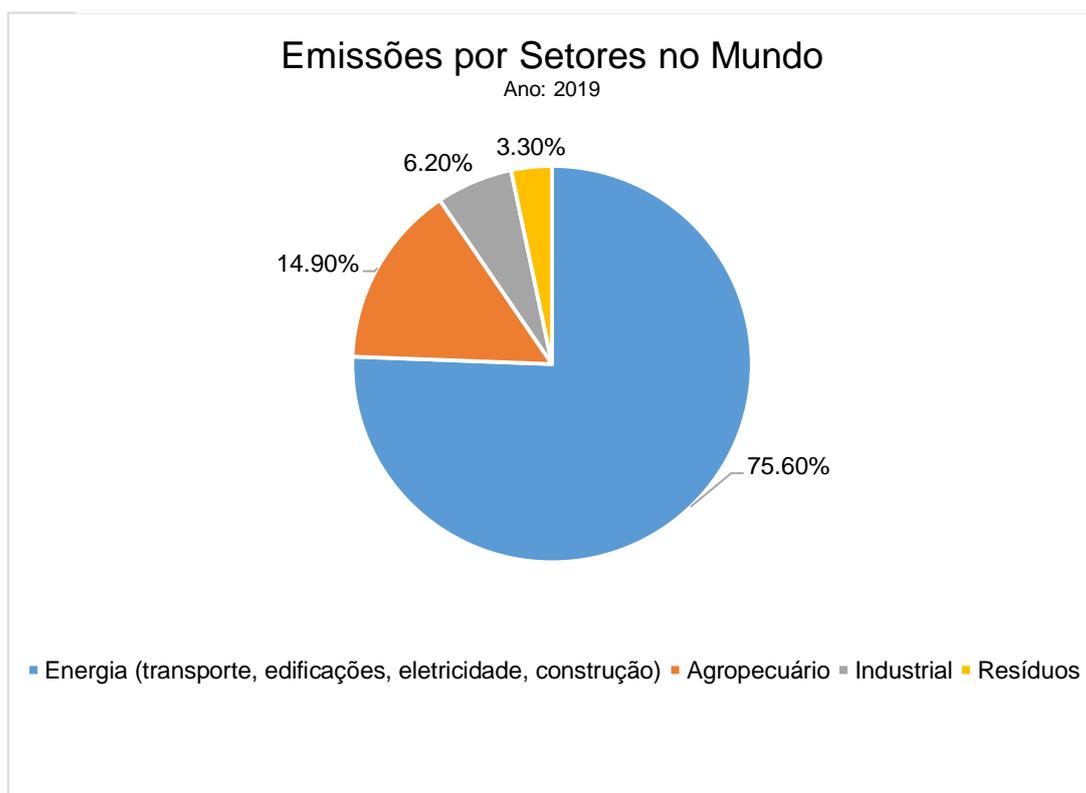


Figura 1 - Gráfico de emissões por setores no Mundo
Fonte: World Resources Institute (2019)

1.1.2 Emissões de GEE por Setor no Brasil

No Brasil, conforme demonstrado na figura 2 e utilizando o estudo do WRI, as emissões totais alcançam 2,16 GtCO₂e (gigatoneladas de dióxido de carbono equivalente), distribuídas nos seguintes setores: agropecuária corresponde a 73% das emissões, o setor energético representa 18%, o setor industrial equivale a 5% e o setor de resíduos representa 4%. Realizando uma análise mais aprofundada, o Brasil contribui com aproximadamente 4,34% das emissões globais, enquanto os Estados Unidos representam 11,6%, ou seja, 7,26% a mais do que o Brasil. A China é responsável por 24,22% das emissões, representando um acréscimo de 19,88% em relação ao Brasil. Esses países, devido ao crescimento populacional e industrial expressivo ao longo dos anos, enfrentam desafios significativos em relação à redução dessas emissões.

É importante ressaltar que a matriz energética do Brasil possui baixa emissão de carbono e que a empresa NR Mining está localizada em uma região industrial que representa apenas 5% das emissões do país. No entanto, mesmo assim, a empresa está preocupada e antecipando-se às exigências do mercado, já atuando na redução de emissões.

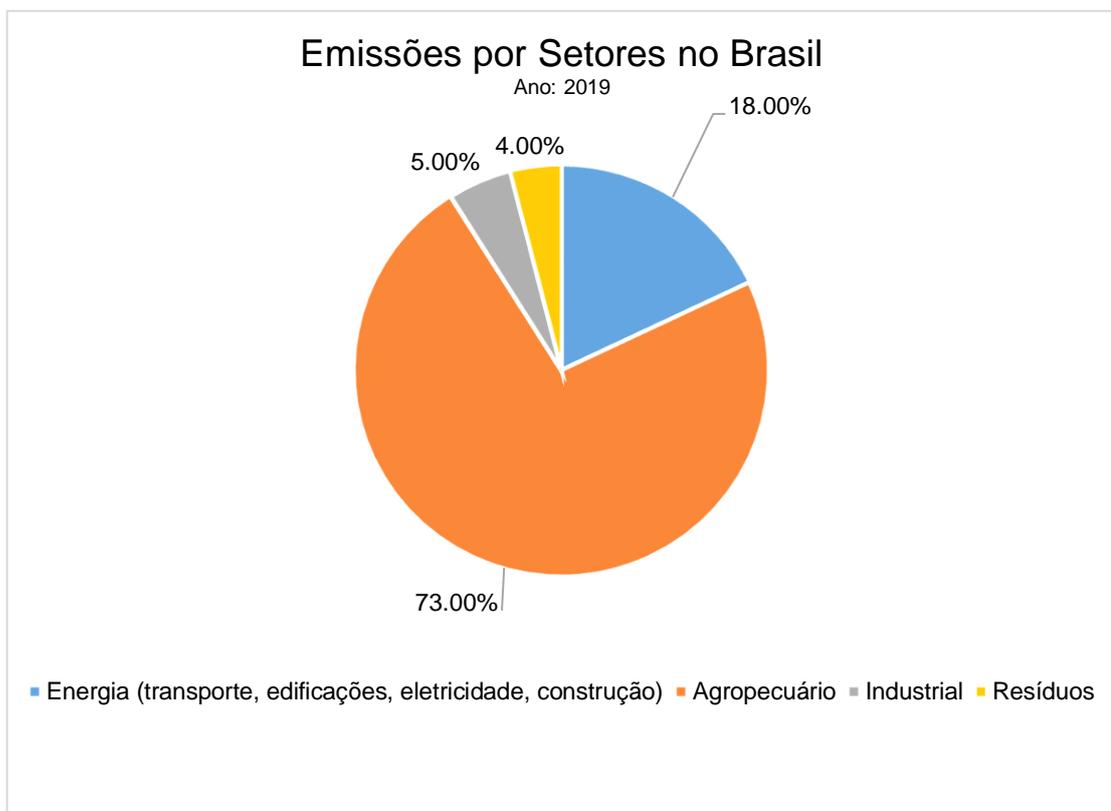


Figura 2 - Gráfico de emissões por setores no Brasil
Fonte: World Resources Institute (2019)

1.1.3 Emissões de GEE por Setor na Empresa NR Mining

Como mostra a figura 3, dados de 2021, indicam um total de emissões de 392.169,7 tCO₂e, 66% vindas da atividade metalúrgica, 33% das atividades de mineração e 1% de funções gerais e administrativas (G&A).

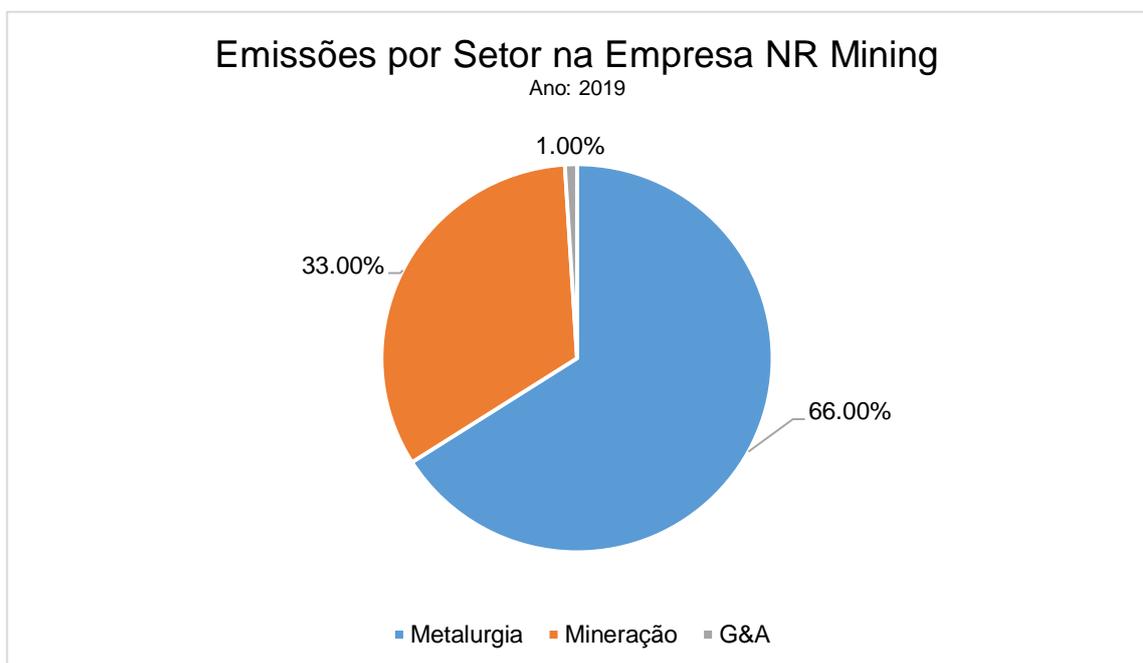


Figura 3 - Gráfico de emissões por setores na empresa NR Mining
Fonte: Dados do autor (2022)

1.2 JUSTIFICATIVA

Através da análise dos cenários na avaliação do Projeto TME (Troca de Matriz Energética), notou-se uma oportunidade de ganhos financeiros e ambientais, visto que a venda dos créditos de carbono não era aplicada pela empresa, deixando assim de usufruir desta receita.

1.3 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho de conclusão de curso é realizar um estudo aprofundado sobre o tema da descarbonização, buscando nivelar o conhecimento acerca do assunto. Além disso, visa-se analisar o impacto gerado pela precificação e venda de créditos de carbono nas avaliações financeiras de projetos ESG (Ambiental, Social e Governança) e os benefícios proporcionados ao meio ambiente por meio da adoção dessa atividade pelas empresas.

1.3.1 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos são:

- ✓ Considerar as variáveis técnicas: vida útil do projeto, consumo de óleo BTE (baixo teor de enxofre), vazão do óleo, consumo de Bio Óleo, produção de ZnO, taxa de utilização média dos fornos e por fim, curva de preço dos combustíveis.
- ✓ Utilizar os KPIs financeiros: Capex, Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), WACC (Weighted Average Capital Cost), Payback descontado e EBITDA (Earning before interest, taxes, depreciation and amortization) que servirão como base para interpretação dos resultados obtidos através das análises financeiras do projeto.
- ✓ Comparar os cenários 1 e 2 propostos para o estudo de caso aplicado ao projeto e interpretar cada um deles.

1.3.2 Estrutura do Trabalho

O escopo do trabalho engloba os temas de avaliação econômica, validade dos créditos, custos de certificação, custo de emissão e resultados financeiros, respondendo os questionamentos:

- ✓ Quais são os mercados de crédito de carbono?
- ✓ Como participar deles?

- ✓ Como os preços são regulados?
- ✓ Os créditos de carbono possuem data de validade?
- ✓ Quais os custos envolvidos nesse processo?
- ✓ Quais empresas/instituições são capazes de realizar as certificações do projeto e os créditos?
- ✓ Impacto nos KPI's financeiros ao considerar os Créditos de Carbono no Projeto TME do estudo de caso.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será explanado o surgimento da relevância do tema de descarbonização e os principais conceitos técnicos. Estes servirão de base para a compreensão das etapas de discussão dos resultados e conclusão.

2.1 PROTOCOLO DE KYOTO 1997

Trata-se de um acordo mundial, elaborado e assinado em 1997 no Japão, na cidade que lhe empresta o nome, pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima. Seu principal objetivo é estabelecer metas para conter as emissões de gases de efeito estufa (GEE). Para que o protocolo entrasse em vigor, era necessário que pelo menos 55 países do Anexo I, representando 55% das emissões totais, ratificassem o acordo. Isso ocorreu em 16 de fevereiro de 2004 (BODANSKY, 1998).

Com o intuito de reduzir os impactos das emissões no meio ambiente, foram acordadas metas a serem cumpridas no período de 2008 a 2012, inicialmente. Posteriormente, foram estabelecidos novos compromissos para o período de 2013 a 2020. Os países industrializados assumiram a meta de reduzir em 5,2% suas emissões de GEE, com foco no dióxido de carbono (CO₂). Já para o Japão e a União Europeia, a meta estabelecida foi de 7% a 8%. Para os países em desenvolvimento, não havia obrigações de redução das emissões, sendo os esforços "voluntários" para cada nação (ALDY & PIZER, 2016).

As ações propostas pelo Protocolo para que os objetivos e metas fossem alcançados foram:

- ✓ Reforma do setor energético e do setor de transporte;
- ✓ Uso de fontes renováveis de energia;
- ✓ Redução das emissões de metano;
- ✓ Combate ao desmatamento;
- ✓ Proteção das florestas;
- ✓ Promoção de formas sustentáveis de agricultura;

- ✓ Cooperação entre os países em relação ao compartilhamento de informações sobre novas tecnologias.

A partir do Protocolo de Kyoto, foi estabelecido o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que consiste em uma flexibilização dentro do protocolo para certificar as reduções de gases de efeito estufa (GEE). O crédito de carbono, também conhecido como redução certificada de emissões, é concedido aos países que alcançam suas metas de redução, permitindo que comercializem com os países que ainda não atingiram seus objetivos. Cada crédito de carbono representa uma tonelada de CO₂ que deixou de ser emitida na atmosfera. Os países que excedem as emissões permitidas podem desenvolver projetos com o objetivo de gerar benefícios reais ao meio ambiente, reduzindo as emissões, e essa redução é convertida em Créditos de Carbono que podem ser negociados futuramente (DOWNIE, 2012).

Para o Brasil, como país em desenvolvimento, não havia obrigatoriedade de cumprir os compromissos e prazos estabelecidos em relação às emissões de GEE. No entanto, a redução do desmatamento se tornou uma das maiores prioridades do Brasil dentro do Protocolo de Kyoto, devido à sua significativa porcentagem de 16% das florestas mundiais. A preservação dessas áreas contribui de forma significativa para o ciclo do carbono e o controle do efeito estufa (DOWNIE, 2012).

2.2 ACORDO DE PARIS 2015

O Acordo de Paris, um tratado mundial sobre as alterações climáticas, foi assinado em 12 de dezembro de 2015, na cidade de Paris. Para entrar em vigor, era necessário que os países responsáveis por cerca de 55% das emissões globais de gases de efeito estufa (GEE) assinassem o acordo. Esse objetivo foi alcançado e o acordo entrou em vigor em 4 de novembro de 2016, com a adesão de 195 países até o ano de 2017, sendo que 147 países o ratificaram (FALKNER & GUPTA, 2016).

O principal objetivo do acordo está alinhado com o Protocolo de Kyoto, buscando reduzir as emissões de GEE de forma a limitar o aumento da temperatura do planeta a menos de 2°C, em comparação com a média da era pré-industrial. Ele também visa estimular os países desenvolvidos a fornecer apoio financeiro e tecnológico aos países em desenvolvimento, desde que estes apresentem planos de ação para reduzir as emissões (FALKNER & GUPTA, 2016).

O Brasil comprometeu-se a reduzir até o ano de 2025 suas emissões de GEE em até 37%, comparado aos níveis emitidos em 2005. O governo brasileiro pretende:

- ✓ Elevar o uso de fontes alternativas de energia, visando a ampliar a matriz energética brasileira;
- ✓ Intensificar a participação de bioenergias sustentáveis na matriz energética brasileira para 18% até 2030;
- ✓ Utilizar tecnologias limpas nas indústrias a fim de diminuir a emissão de gases nocivos à atmosfera;
- ✓ Buscar melhorias na infraestrutura dos transportes, inclusive os públicos;
- ✓ Reduzir o desmatamento evitando o aumento das temperaturas com a retirada da cobertura vegetal;
- ✓ Restaurar e reflorestar diversas áreas que perderam sua cobertura vegetal.

2.3 CAMINHOS PARA ATENDER AS EXIGÊNCIAS

Basicamente para que se atinjam as metas ambientais estabelecidas, é necessário a remoção de GEE da atmosfera por meio de reflorestamento, combate ao desmatamento, tecnologias capazes de capturar os GEE ou a mitigação advinda da implementação de projetos que são capazes de reduzir novas emissões, como por exemplo, projetos de troca de matriz energética, gestão de resíduos, transporte e processos industriais (OKEREKE, 2016).

2.4 CONCEITO FINANCEIRO/CONTÁBIL DO CRÉDITO DE CARBONO

De acordo com o decreto brasileiro nº 11.075 de 19 de maio de 2022, publicado pela câmara dos deputados, é reconhecido como ativo financeiro, ambiental, transferível e representativo da redução ou remoção de uma tonelada de CO₂e, que tenha sido reconhecido e emitido como crédito no mercado voluntário ou regulado.

Já o Projeto de Lei (PL) 528/2021, reconhece como título de direito sobre bem intangível, incorpóreo, transacionável, fungível e representativo de redução ou remoção de uma tonelada de carbono equivalente.

Na prática, como no Brasil ainda não há legislação e normativo contábil com relação aos créditos de carbono. O mercado voluntário no Brasil vem atuando conforme mostra as tabelas 1 e 2:

Aspectos Contábeis:

Classificações Discutidas	Norma	Legislação Atual	Benchmarking Europa
Ativo Intangível	CPC 04 - Custo de aquisição/geração	PL's 528 e 2.148	X
Ativo Financeiro	CPC 48 - Avaliação ao valor justo	Decreto 11.075	
Estoques	CPC 16 - Valor de realização		

Tabela 1 – Aspectos contábeis do crédito de carbono no Brasil
Fonte: Combio (2022)

Aspectos Legais:

Classificações Discutidas	IRPJ	Pis/Cofins	ICMS	PL 2.148
Ativo Intangível	34% - Ganho de capital	Não faz parte da base de cálculo	Não aplicável	Isenção de Pis/Cofins e CSLL
Ativo Financeiro	34% - Resultado dos ganhos líquidos	4.65% - Receita financeira	Não aplicável	Isenção de Pis/Cofins e CSLL
Estoques	34% - Lucro na venda do ativo	9.25% - Receita bruta operacional	Não aplicável	Isenção de Pis/Cofins e CSLL

Tabela 2 – Aspectos legais do crédito de carbono no Brasil
Fonte: Combio (2022)

2.5 TIPOS DE MERCADO DE CARBONO

2.5.1 Mercado Regulado

O Mercado Regulado de Crédito de Carbono refere-se às transações de créditos de carbono realizadas em conformidade com as regras estabelecidas em acordos internacionais ou legislações nacionais. O Protocolo de Kyoto foi o primeiro acordo internacional a estabelecer regras para esse mercado, e o Acordo de Paris também definiu suas regulamentações. Um componente importante do mercado regulado de crédito de carbono são os mecanismos de flexibilização, como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), que permite que países em desenvolvimento recebam investimentos para implementar projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa (OLIVEIRA; SOUZA & MENDES, 2019).

Esse mercado tem impactos significativos para as empresas, especialmente aquelas sujeitas a metas de redução de emissões de gases de efeito estufa estabelecidas por legislações nacionais ou acordos internacionais. No Brasil, a Lei nº 12.187/2009 estabeleceu a Política Nacional sobre Mudança do Clima (PNMC), que define metas de redução de emissões de gases de efeito estufa para o país. A regulação do mercado de crédito de carbono no Brasil é realizada pelo Ministério do Meio Ambiente e pela Comissão Interministerial de Mudança Global do Clima (LEI Nº 12.187, 2009).

As empresas podem se beneficiar do mercado regulado de crédito de carbono ao participar ou implementar projetos de redução de emissões e vender os créditos de carbono gerados. Essa venda pode gerar receitas adicionais para a empresa e contribuir para a redução das emissões de gases de efeito estufa no país. Por outro lado, as empresas que não cumprem as metas de redução de emissões podem estar sujeitas a penalidades, o que pode ter impacto negativo em seus resultados financeiros (SILVA & MENDES, 2016).

De acordo com o portal de notícias do Senado Brasileiro, em 29/11/2022, a Comissão de Assuntos Econômicos (CAE) aprovou o projeto de lei (PL 412/2022) que regulamenta o Mercado Brasileiro de Redução de Emissões (MBRE) de gases de efeito estufa. Essa regulamentação era aguardada pelas empresas brasileiras, uma

vez que em outros países essa regulamentação já havia ocorrido. O PL 412/2022 agora segue para a Comissão de Meio Ambiente (AGÊNCIA SENADO, 2022).

Previsto na Lei 12.187, de 2009 (Política Nacional sobre Mudança do Clima), o MBRE será operacionalizado em bolsas de mercadorias e futuros, bolsas de valores e entidades de balcão organizado, autorizadas pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM), onde se dará a negociação de títulos mobiliários representativos de emissões de gases de efeito estufa evitadas certificadas (LEI Nº 12.187, 2009).

A regulamentação será feita pelo Poder Executivo. O texto aproveita regras sobre plataformas de mercado reconhecidamente eficientes com o objetivo de garantir segurança jurídica às transações de créditos de carbono. Regular o mercado de carbono nos termos propostos, significa introduzir incentivos substanciais para a associação de interesses econômico-financeiros e ambientais.

2.5.2 Mercado Voluntário

O Mercado Voluntário de Créditos de Carbono refere-se às transações de créditos de carbono que não são obrigatórias por acordos internacionais ou legislações nacionais, mas sim realizadas por empresas ou indivíduos que desejam compensar suas emissões de gases de efeito estufa de forma voluntária. Essas transações podem ocorrer diretamente entre as partes envolvidas ou por meio de intermediários, como as "bolsas de valores verde" mencionadas na tabela 3. Alguns exemplos dessas bolsas são a AirCarbon Exchange (ACX), Carbon Trade Exchange (CTX), Toucan e Xpansiv (CBL) (CARBON TRUST, 2018). A Tabela 3 apresenta os valores mínimos de contrato de acordo com o país de origem:

Bolsa de Valores Verde	Origem	Contrato Mínimo (tCO ₂ e)
<i>AirCarbon Exchange (ACX)</i>	Singapura	1.000
<i>Carbon Trade Exchange (CTX)</i>	Reino Unido	100
Toucan	Estados Unidos	1.000
Xpansiv (CBL)	Estados Unidos	1.000

Tabela 3 – Bolsa de valores de créditos de carbono
Fonte: Carbon Credits (2022)

O mercado voluntário de créditos de carbono também pode ter impactos significativos sobre as empresas, especialmente aquelas que buscam se posicionar como socialmente responsáveis e ambientalmente sustentáveis. No Brasil, há um número crescente de empresas que buscam compensar suas emissões de gases de efeito estufa por meio da compra de créditos de carbono no mercado voluntário. Essas empresas podem se beneficiar ao comunicar essa ação a seus *stakeholders* e ao se diferenciar de seus concorrentes (ANDRADE & MACEDO, 2016).

Como o mercado voluntário se trata de uma negociação direta entre empresas, que não envolve o governo diretamente, o processo é menos burocrático, porém, incide uma menor fiscalização e regras no processo. Isso pode levar a problemas como a falta de transparência na origem dos créditos de carbono adquiridos e a dificuldade de verificar a efetividade dos projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa financiados pelos créditos.

2.5.3 Taxação de Fronteira

A Taxação de Fronteira é uma política fiscal que busca impor um imposto sobre as importações de produtos originados de países que não adotam medidas de mitigação das mudanças climáticas equivalentes às adotadas pelo país importador. O objetivo dessa política é evitar a concorrência desleal entre empresas nacionais e estrangeiras, assegurando que as empresas estrangeiras também contribuam para o esforço global de redução das emissões de gases de efeito estufa (AGUILERA, 2019).

No contexto brasileiro, a implementação de uma taxa de fronteira pode ter impactos significativos nas empresas que atuam em setores intensivos em carbono, como mineração, siderurgia, cimento, papel e celulose. Essas empresas poderiam enfrentar um aumento nos custos de produção caso seus produtos sejam taxados nas fronteiras dos mercados estrangeiros (GARCIA & MACHADO, 2021).

Por outro lado, a adoção de uma taxaçoão de fronteira poderia estimular essas empresas a investirem em tecnologias mais limpas e sustentáveis, reduzindo suas emissões de gases de efeito estufa e aumentando sua competitividade nos mercados internacionais. Além disso, a taxaçoão de fronteira poderia gerar receitas adicionais para o governo, que poderiam ser direcionadas para financiar políticas públicas de mitigaçoão das mudanças climáticas (COELHO & DE LIMA, 2021).

A Europa planeja implementar essas taxaçoões em relaçoão a outros países e regiões a partir de 2026, com um período de transiçoão a partir de 2023, que exigirá relatórios sobre as emissões incorporadas na produçoão dos produtos comercializados (WAY CARBON, 2022)

2.6 INDICADORES DE DESEMPENHO FINANCEIRO

Os KPI's financeiros possuem papel fundamental na compreensáo do trabalho, pois com o auxílio deles será possível realizar as análises financeiras e concluir o que será exposto no estudo de caso. Abaixo serão descritos os principais conceitos de finanças que serão utilizados.

2.6.1 Custo de Oportunidade de Capital

O Custo de Oportunidade de Capital (COC) é uma medida financeira que representa a taxa de retorno mínima exigida pelos investidores para investir em um determinado projeto ou ativo, levando em consideraçoão o risco envolvido. É importante porque ajuda a avaliar se um projeto ou investimento é viável e lucrativo o suficiente para justificar o uso dos recursos financeiros da empresa (BREALEY; MYERS & ALLEN, 2018).

O COC é baseado no conceito de que o capital tem um custo de oportunidade, ou seja, o custo de não investir em alternativas de investimento que oferecem um retorno similar ou superior. O COC é uma das principais métricas utilizadas em

análises de investimentos e em cálculos de avaliação econômica (ROSS; WESTERFIELD & JAFFE, 2015). A fórmula para calcular o COC é:

$$\text{COC} = \text{taxa livre de risco} + \text{prêmio de risco de mercado} \times \text{beta}$$

- ✓ Taxa Livre de Risco: representa o retorno que um investidor pode obter sem risco, como investimentos em títulos do governo.
- ✓ Prêmio de Risco de Mercado: representa a diferença entre o retorno esperado do mercado de ações e a taxa livre de risco.
- ✓ Beta: é uma medida de risco que representa a volatilidade do ativo em relação ao mercado.

Um exemplo de aplicação do COC seria em uma análise de investimento em um novo projeto de uma empresa. Suponha que a taxa livre de risco seja de 5%, o prêmio de risco de mercado seja de 6% e o beta do projeto seja de 1,5. Nesse caso, o COC seria de:

$$\text{COC} = 5\% + 6\% \times 1,5$$

$$\text{COC} = 14\%$$

Isso significa que a empresa deve esperar um retorno de pelo menos 14% para justificar o investimento nesse novo projeto. Se o retorno esperado for menor que o COC, o projeto não seria considerado viável.

Uma das vantagens do COC é que ele leva em consideração tanto o risco do ativo em relação ao mercado quanto o custo de oportunidade de investir em outras opções de investimento. Além disso, ele é uma métrica amplamente utilizada no mercado financeiro e pode ser facilmente comparado com outras alternativas de investimento (GITMAN & ZUTTER, 2015).

2.6.2 Valor Presente Líquido (VPL)

O Valor Presente Líquido (VPL) é uma das técnicas mais utilizadas para avaliação de investimentos em finanças corporativas. Ele representa o valor presente de uma série de fluxos de caixa futuros, descontados a uma taxa que reflete o custo de capital da empresa. O VPL é utilizado para determinar se um investimento é viável ou não, comparando o valor presente dos fluxos de caixa esperados com o investimento inicial (DAMODARAN, 2012).

A fórmula matemática para calcular o VPL é a seguinte:

$$VPL = \sum [FCF_t / (1 + k)^t] - C_0$$

Onde:

FCF_t: fluxo de caixa livre do período t

k: taxa de desconto (custo de capital)

t: período de tempo

C₀: investimento inicial

O resultado do cálculo do VPL pode ser interpretado da seguinte maneira: se o VPL for positivo, o investimento é considerado viável, pois gera um retorno maior que o custo de capital. Se o VPL for negativo, o investimento não é considerado viável, pois gera um retorno menor que o custo de capital (CAMLOFFSKI, 2014).

Um exemplo de aplicação do VPL seria o seguinte: Uma empresa está considerando investir R\$ 100.000 em um novo projeto e espera receber fluxos de caixa livres de R\$ 20.000 por ano durante os próximos 5 anos. O custo de capital da empresa é de 10%. O cálculo do VPL seria o seguinte:

$$VPL = (-R\$ 100.000) + (R\$ 20.000 / 1,10) + (R\$ 20.000 / 1,10^2) + (R\$ 20.000 / 1,10^3) + (R\$ 20.000 / 1,10^4) = R\$ 6.988,87$$

O Valor Presente Líquido (VPL) do projeto é positivo, o que indica que o projeto é viável e deve ser implementado. Segundo Camloffski (2014), o VPL é uma das ferramentas mais abrangentes para a análise de investimentos, e caso haja

divergências nos resultados de outras técnicas utilizadas, geralmente o VPL apontará o caminho correto. Entre suas vantagens, destacam-se alguns pontos importantes. Primeiro, ele leva em consideração o valor do dinheiro no tempo, reconhecendo que dinheiro atualmente vale mais do que dinheiro no futuro. Segundo, o VPL é sensível a mudanças na taxa de desconto, permitindo que a empresa avalie o impacto de diferentes níveis de risco e incerteza sobre o retorno do investimento. Terceiro, ele não é afetado por técnicas contábeis. Quarto, o VPL reflete o aumento da riqueza para os acionistas. Quinto, pode ser somado a outros VPLs. Por fim, o VPL é capaz de lidar com fluxos de caixa variáveis ao longo do tempo, o que é comum em projetos de investimento.

2.6.3 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno (TIR) é outra técnica muito utilizada em finanças corporativas para avaliar investimentos. A TIR é a taxa de desconto que faz o valor presente líquido (VPL) dos fluxos de caixa de um projeto ser igual a zero. Em outras palavras, a TIR representa a taxa de retorno que um projeto de investimento deve gerar para igualar o custo de capital da empresa (ROSS; WESTERFIELD & JAFFE, 2015).

A fórmula matemática para calcular a TIR é um pouco mais complexa do que a do VPL e pode exigir uma solução iterativa para encontrar o valor exato. No entanto, em geral, as planilhas eletrônicas e softwares especializados são capazes de calcular a TIR automaticamente (BREALEY; MYERS & ALLEN, 2018).

A TIR é um indicador muito utilizado para comparar projetos de investimento. Em geral, quanto maior a TIR de um projeto, mais atraente ele é do ponto de vista financeiro. No entanto, é importante lembrar que a TIR tem algumas limitações, especialmente quando os fluxos de caixa são muito voláteis ao longo do tempo. Nesses casos, o VPL pode ser uma técnica mais adequada (BREALEY; MYERS & ALLEN, 2014).

Um exemplo de aplicação da TIR seria o seguinte: Uma empresa está considerando investir R\$ 100.000 em um novo projeto e espera receber fluxos de

caixa livres de R\$ 20.000 por ano durante os próximos 5 anos. O cálculo da TIR seria o seguinte:

$$0 = (-R\$ 100.000) + (R\$ 20.000 / (1 + TIR)^1) + (R\$ 20.000 / (1 + TIR)^2) + (R\$ 20.000 / (1 + TIR)^3) + (R\$ 20.000 / (1 + TIR)^4) + (R\$ 20.000 / (1 + TIR)^5)$$

Usando uma planilha eletrônica ou um software especializado, é possível encontrar a TIR que faz o VPL igual a zero, que neste caso seria de 13,13%. O critério de decisão para análise de viabilidade de projetos, nesse caso, é o seguinte: aceita-se um projeto se a sua TIR for maior que o seu custo de oportunidade de capital. Enquanto o critério do VPL nos fornece um valor monetário que representa a criação de valor que ocorrerá com a implantação do projeto, a TIR nos fornece uma taxa que pode ser interpretada como a taxa de retorno esperada do projeto (CAMLOFFSKI, 2014).

Camloffski (2014) descreve que a TIR possui uma particularidade que a prejudica como método de análise perante aos demais, que é a limitação quando os fluxos de caixas são irregulares ao longo do tempo. Para corrigir esta limitação, surgiu a Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRm).

2.6.4 Taxa Interna de Retorno Modificada (TIRm)

Camloffski (2014) complementa que o objetivo do cálculo da TIR Modificada é considerar o reinvestimento das entradas de caixa com base na TMA, adotando uma postura mais conservadora para a análise do projeto. Esta análise traz os fluxos de caixa negativos a valor presente líquido e leva os fluxos de caixa positivos a valor futuro. É aplicada para projetos que possuem o fluxo de caixa não convencional, ou seja, que alternam o sinal do seu fluxo entre negativo e positivo ao longo da vida útil do projeto. Esta taxa se torna atrativa quando for maior ou igual ao WACC.

2.6.5 WACC (Weighted Average Capital Costing)

É o custo médio ponderado de capital, se trata da taxa de desconto ou o custo de capital aplicado em uma análise de retorno. Esta taxa aumenta à medida que o risco de mercado e a taxa de retorno sobre o patrimônio aumentam. Isso ocorre porque um aumento nessa taxa indica uma diminuição na avaliação e um risco maior (BREALEY; MYERS & ALLEN, 2018).

A fórmula matemática para o cálculo do WACC é a seguinte:

$$WACC = E/V * Re + D/V * Rd * (1 - Tc)$$

Onde:

- ✓ E/V: percentual do valor da empresa que é financiado pelos acionistas.
- ✓ D/V: percentual do valor da empresa que é financiado por credores.
- ✓ Re: taxa de retorno exigida pelos acionistas (custo do equity).
- ✓ Rd: taxa de retorno exigida pelos credores (custo da dívida).
- ✓ Tc: alíquota de imposto de renda corporativo.

Um exemplo de aplicação do WACC seria em uma empresa que possui um valor de mercado de R\$100 milhões, sendo R\$60 milhões de equity e R\$40 milhões de dívida. Suponha que a taxa de retorno exigida pelos acionistas seja de 15% e a taxa de retorno exigida pelos credores seja de 10%, e que a alíquota de imposto de renda corporativo seja de 34%. Nesse caso, o cálculo do WACC seria:

$$WACC = (60/100 * 0,15) + (40/100 * 0,10 * (1 - 0,34)) = 0,1216 \text{ ou } 12,16\%$$

De acordo com Damodaran (2012), os pontos positivos do WACC em relação a outros métodos de avaliação econômica são:

- ✓ Leva em consideração tanto o custo de capital de terceiros (dívida) quanto o custo de capital próprio (equity), refletindo assim a estrutura de capital da empresa.

- ✓ Fornece uma taxa de desconto para fluxos de caixa futuros, permitindo uma análise mais precisa do valor presente de um projeto ou empresa.
- ✓ É amplamente utilizado na prática, o que significa que há uma grande quantidade de dados disponíveis para comparar o desempenho de uma empresa em relação aos seus pares do setor.

2.6.6 Payback

O Payback é um método simples de análise de investimentos que calcula o tempo necessário para a empresa recuperar o investimento inicial. É comumente usado em projetos com fluxos de caixa uniformes, nos quais busca-se uma rápida recuperação do capital investido (CAMLOFFSKI, 2014).

De acordo com Gitman e Joehnk (2017), o Payback é uma medida de análise de projetos que indica o período de tempo necessário para que o fluxo de caixa descontado seja igual ao investimento inicial. O autor destaca que ele pode ser usado para comparar projetos e determinar qual oferece a melhor relação entre risco e retorno. A fórmula do Payback é bastante simples e é calculada dividindo o valor do investimento pelo fluxo de caixa anual:

$$\text{Payback} = \text{Investimento Inicial} / \text{Fluxo de Caixa Anual}$$

Para exemplificar o cálculo do Payback, suponha que uma empresa tenha feito um investimento de R\$ 100.000,00 em um projeto e que o fluxo de caixa anual esperado seja de R\$ 30.000,00. Nesse caso, a conta fica desta forma:

$\text{Payback} = \text{R\$ } 100.000,00 / \text{R\$ } 30.000,00 = 3.33$ anos, ou seja, a empresa levaria cerca de 3 anos e 4 meses para recuperar o investimento inicial.

Entre os pontos positivos do Payback, destacam-se a simplicidade de cálculo e a facilidade de interpretação do resultado. Além disso, ele permite uma rápida

avaliação do risco do projeto, já que quanto menor o tempo de recuperação do investimento, menor será o risco (ROSS; WESTERFIELD & JORDAN, 2008).

Por outro lado, o este KPI apresenta algumas desvantagens. Uma delas é que ele não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, não desconta os fluxos de caixa futuros para o valor presente, o que pode levar a decisões equivocadas em projetos de longo prazo. Além disso, ele não leva em conta os fluxos de caixa após o período de recuperação do investimento, o que pode levar a escolha de projetos menos rentáveis a longo prazo (ROSS; WESTERFIELD & JORDAN, 2008).

2.6.7 EBITDA

O EBITDA é uma sigla em inglês que significa "Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation, and Amortization", que em português seria algo como "Lucro antes dos juros, impostos, depreciação e amortização". Ele é um indicador financeiro utilizado para avaliar a performance operacional de uma empresa, sem considerar os efeitos das despesas financeiras, do pagamento de impostos e das perdas de valor dos ativos (BRAGA & MARQUES, 2015).

Ele pode ser calculado a partir do resultado da empresa antes dos juros, impostos, depreciação e amortização serem deduzidos. Sua fórmula é:

$$\text{EBITDA} = \text{Receita Total} - \text{Custo dos Produtos Vendidos} - \text{Despesas Operacionais} + \text{Depreciação} + \text{Amortização}$$

Este KPI financeiro é muito utilizado em processos de avaliação de empresas, pois permite comparar a performance operacional de companhias de diferentes setores, sem considerar as diferenças de estrutura de capital, ou seja, sem levar em conta os diferentes níveis de endividamento ou de utilização de recursos próprios. Além disso, como o EBITDA não considera as despesas financeiras e os efeitos fiscais, ele pode ser um indicador mais adequado para empresas que apresentam elevados custos financeiros ou que operam em países com regimes fiscais complexos (DAMODARAN, 2012).

Por outro lado, uma das principais críticas ao uso do EBITDA é que ele pode ser manipulado, uma vez que algumas empresas podem aumentar sua depreciação e amortização para diminuir o valor do lucro tributável e, assim, aumentar o valor do EBITDA. Além disso, o EBITDA não leva em conta o custo de capital da empresa e não considera o valor do dinheiro no tempo, o que pode levar a erros de avaliação em projetos de longo prazo (CAMLOFFSKI, 2014).

Exemplo de aplicação: Imagine uma empresa que apresentou receita total de R\$ 10 milhões em determinado período, custo dos produtos vendidos de R\$ 6 milhões e despesas operacionais de R\$ 2 milhões. A empresa tem uma depreciação de R\$ 500 mil e uma amortização de R\$ 300 mil. O cálculo do EBITDA seria:

$$\text{EBITDA} = 10.000.000 - 6.000.000 - 2.000.000 + 500.000 + 300.000 = \text{R\$ } 2.800.000$$

Pontos positivos:

- ✓ Permite comparar a performance operacional de empresas de diferentes setores, sem considerar diferenças de estrutura de capital.
- ✓ Pode ser um indicador mais adequado para empresas com elevados custos financeiros ou que operam em países com regimes fiscais complexos.

Pontos negativos:

- ✓ Pode ser manipulado, uma vez que algumas empresas podem aumentar sua depreciação e amortização para diminuir o valor do lucro tributável e, assim, aumentar o valor do EBITDA.
- ✓ Não leva em conta o custo de capital da empresa e não considera o valor do dinheiro no tempo.

2.6.8 Capex

O Capex (capital expenditures) é um termo financeiro que se refere aos investimentos realizados por uma empresa em bens de capital, como equipamentos,

prédios e infraestrutura, que são usados para gerar receita futura. Em outras palavras, é o dinheiro que a empresa gasta para comprar ativos que irão beneficiar seu negócio no longo prazo (CAMLOFFSKI, 2014).

Segundo Damodaran (2012), Capex é um investimento que tem um benefício no futuro, mas que também envolve custos. Por exemplo, uma empresa pode investir em novas máquinas para aumentar sua produção, mas também precisará arcar com os custos de manutenção e operação dessas máquinas. A fórmula matemática se dá por:

$$\text{Capex} = \text{Investimentos em bens de capital} - \text{Depreciação acumulada}$$

Ou seja, é possível calcular subtraindo os investimentos em bens de capital (como equipamentos, prédios e infraestrutura) pela depreciação acumulada desses bens. O Payback possui pontos positivos que merecem destaque, como a simplicidade de cálculo e a facilidade de interpretação dos resultados. Além disso, ele permite uma rápida avaliação do risco do projeto, pois quanto menor o tempo de recuperação do investimento, menor será o risco envolvido (ROSS; WESTERFIELD & JORDAN, 2008).

No entanto, o Payback apresenta algumas desvantagens. Uma delas é a falta de consideração do valor do dinheiro ao longo do tempo, ou seja, não desconta os fluxos de caixa futuros para o seu valor presente, o que pode levar a decisões equivocadas em projetos de longo prazo. Além disso, ele não leva em conta os fluxos de caixa posteriores ao período de recuperação do investimento, o que pode resultar na escolha de projetos menos rentáveis a longo prazo (ROSS; WESTERFIELD & JORDAN, 2008).

2.6.9 Opex

Opex (Operational Expenditure) é um termo financeiro que se refere aos gastos de uma empresa em suas atividades operacionais diárias, incluindo despesas com pessoal, manutenção, energia, materiais e outros custos diretos e indiretos. Esses custos são considerados despesas correntes e são dedutíveis do imposto de renda.

Ele considerado o oposto do Capex, que se refere aos gastos de capital em ativos fixos, como imóveis, equipamentos e infraestrutura (DAMODARAN, 2012).

Ele é importante para a análise financeira, pois permite que os investidores e gerentes avaliem a eficiência operacional de uma empresa e sua capacidade de gerar lucros a partir de suas atividades operacionais. Além disso, é uma importante métrica de controle de custos e gestão financeira (DAMODARAN, 2012).

A fórmula para o cálculo do Opex é simplesmente a soma de todas as despesas operacionais de uma empresa em um determinado período, como trimestre ou ano. Abaixo segue os pontos positivos e negativos do Opex de acordo com Camllofski (2014).

Pontos positivos deste KPI são:

- ✓ É uma medida direta dos custos operacionais de uma empresa, o que o torna uma métrica confiável para a análise financeira.
- ✓ Ele permite que os investidores avaliem a eficiência operacional de uma empresa e identifiquem áreas onde a redução de custos pode ser feita.

Pontos negativos deste KPI são:

- ✓ O Opex pode ser influenciado por fatores externos, como flutuações no preço das matérias-primas e taxas de juros.
- ✓ Ele não leva em consideração os custos de capital ou a depreciação de ativos fixos, o que pode ser uma limitação na análise de empresas com grandes investimentos em ativos fixos.

2.6.10 Ativo Financeiro

Ativo financeiro é um termo utilizado em finanças para se referir a um instrumento financeiro que representa um direito de recebimento de uma quantia em dinheiro. De acordo com o Banco Central do Brasil, os ativos financeiros podem ser classificados em duas categorias: títulos e valores mobiliários e operações de crédito (ASSAF NETO, 2015).

Os títulos e valores mobiliários incluem ações, debêntures, notas promissórias, entre outros, e representam direitos sobre parte do capital ou da dívida de uma empresa ou governo. Já as operações de crédito incluem empréstimos, financiamentos e outros contratos que geram recebíveis (BANCO CENTRAL DO BRASIL, 2023).

2.6.11 Bem Intangível

Bens intangíveis são ativos não físicos, o que significa que eles não possuem uma forma tangível que possa ser tocada ou visualizada. No entanto, eles têm valor para as empresas. Alguns exemplos de bens intangíveis incluem:

- ✓ Marcas registradas (trademarks): São os direitos legais que conferem exclusividade a uma empresa sobre um nome, logotipo ou símbolo associado aos seus produtos ou serviços. Essas marcas registradas são reconhecidas e protegidas por lei.

- ✓ Patentes (patents): São direitos exclusivos concedidos a uma invenção ou processo, dando ao detentor da patente o direito de impedir que outros utilizem, fabriquem ou vendam essa invenção sem sua permissão. As patentes são importantes para proteger a propriedade intelectual e incentivar a inovação.

- ✓ Direitos autorais (copyrights): São os direitos legais concedidos aos criadores de obras literárias, artísticas, musicais, entre outras. Esses direitos garantem que o criador tenha controle sobre a reprodução, distribuição e uso comercial de sua obra.

- ✓ Softwares: Referem-se a programas de computador e sistemas desenvolvidos por uma empresa. Os softwares são protegidos por direitos autorais e podem ter um valor significativo, especialmente se forem inovadores ou amplamente utilizados.

- ✓ Know-how: Refere-se ao conhecimento técnico e especializado que uma empresa possui em determinada área ou setor. Isso inclui segredos comerciais, expertise em processos de produção, fórmulas e métodos exclusivos.

✓ Goodwill: É o valor atribuído à reputação, imagem e relacionamento da empresa com seus clientes, fornecedores e parceiros. É um ativo intangível que reflete a confiança e a lealdade conquistadas ao longo do tempo.

É importante destacar que a definição e o reconhecimento contábil dos bens intangíveis podem variar de acordo com o país e as normas contábeis adotadas. No entanto, eles são reconhecidos como ativos quando possuem um valor mensurável e uma vida útil determinada ou indeterminada. Esses bens intangíveis desempenham um papel essencial no sucesso e na competitividade das empresas, pois podem gerar vantagens distintas e agregar valor econômico.

3 METODOLOGIA

No presente tópico, serão respondidas as indagações feitas no tópico 1.3.2, adentrando nos detalhes do tema e explanando a parte técnica dos assuntos.

3.1 COMO PARTICIPAR DO MERCADO VOLUNTÁRIO?

De forma geral, quando uma empresa não tem experiência prévia com o assunto, recomenda-se que ela siga algumas etapas para compreender o processo como um todo. Essas etapas incluem a identificação e a medição das emissões de gases de efeito estufa (GEE) geradas por suas atividades, a implementação de ações para reduzir essas emissões e, por fim, a comercialização dos créditos gerados no mercado voluntário (ISO 14064, 2007):

1 - Inventário de Emissões de GEE: O primeiro passo para participar do mercado voluntário de créditos de carbono é realizar um inventário de emissões de GEE. Esse inventário deve identificar todas as fontes de emissões de GEE da empresa e quantificar essas emissões em termos de toneladas de dióxido de carbono equivalente (tCO₂e).

2 - Definição da estratégia de redução de emissões: Com base no inventário de emissões, a empresa deve estabelecer uma estratégia para reduzir as emissões de GEE. Essa estratégia pode incluir a adoção de tecnologias mais eficientes, melhorias nos processos produtivos, utilização de fontes de energia renovável e implementação de programas de eficiência energética.

3 - Implementação das ações de redução de emissões: Após definir a estratégia de redução de emissões, a empresa deve implementar as ações planejadas. É importante monitorar o desempenho ao longo do tempo para verificar se as ações estão alcançando o efeito desejado na redução das emissões de GEE.

4 - Geração de créditos de carbono: Uma vez que a empresa tenha implementado ações para reduzir suas emissões de GEE, ela pode gerar créditos de carbono. Esses créditos representam a redução das emissões em relação a uma linha de base estabelecida previamente. Os principais órgãos reguladores para a geração de créditos de carbono no mercado voluntário seguem as metodologias Verified Carbon Standard (VCS), o Gold Standard e o Climate, Community and Biodiversity Standards (CCB).

5 - Comercialização dos créditos de carbono: Por fim, a empresa pode comercializar os créditos de carbono no mercado voluntário. Os principais canais de comercialização incluem corretoras especializadas em créditos de carbono e plataformas online de negociação de créditos de carbono, como as mencionadas no tópico 2.5.2.

É importante ressaltar que, além das boas práticas citadas acima para que uma empresa seja capaz de entrar neste mercado, é necessário explorar um processo técnico mais complexo, seguindo as seguintes etapas (VERRA, 2013):

1 - Identificação do projeto: A primeira etapa consiste em identificar um projeto que possa gerar créditos de carbono para a empresa. Esses projetos podem envolver a redução ou remoção de emissões de gases de efeito estufa (GEE) por meio de atividades como geração de energia renovável, troca de matriz energética, reflorestamento, manejo de resíduos, combate ao desmatamento, captura de gases nocivos, entre outras.

2 - Seleção da metodologia de certificação: Após identificar o projeto, a empresa deve escolher uma metodologia de certificação reconhecida internacionalmente. Existem várias metodologias disponíveis, incluindo a *Verified Carbon Standard* (VCS), a *Gold Standard*, a *Climate Community and Biodiversity Standards* (CCBS), *Green Climate Cities* (GCC), *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSA), *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+), entre outras.

Seleção da metodologia de certificação refere-se ao processo de escolher uma abordagem específica para avaliar e certificar os projetos de redução ou remoção de emissões de gases de efeito estufa (GEE). Essas metodologias são padrões reconhecidos internacionalmente e estabelecem critérios e diretrizes para determinar se um projeto cumpre os requisitos necessários para gerar créditos de carbono.

Algumas das metodologias amplamente utilizadas incluem a *Verified Carbon Standard* (VCS), que é uma das principais normas de certificação para projetos de créditos de carbono; a *Gold Standard*, que se concentra em projetos que também têm benefícios sociais e ambientais adicionais; a *Climate Community and Biodiversity Standards* (CCBS), que enfatiza a conservação da biodiversidade; *Green Climate Cities* (GCC), que se concentra em cidades sustentáveis e com baixas emissões de carbono; *Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation* (CORSIA), que aborda as emissões da aviação; e *Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation* (REDD+), que se concentra na redução do desmatamento e degradação florestal. Essas metodologias oferecem orientação e critérios para garantir a validade e a qualidade dos créditos de carbono gerados pelos projetos.

3 - Validação do projeto: A próxima etapa é a validação do projeto. Isso envolve contratar uma empresa de auditoria independente para verificar se o projeto atende aos critérios da metodologia de certificação escolhida. A validação do projeto é um processo detalhado que inclui a revisão de documentação e visitas ao local do projeto.

4 - Registro do projeto: Após a validação, o projeto deve ser registrado em um dos vários programas de registro disponíveis, como o *Markit Environmental Registry*, o *Verra Registry*, entre outros. O registro do projeto permite rastrear e comercializar os créditos de carbono.

5 - Monitoramento e verificação do projeto: Uma vez registrado, é necessário monitorar e verificar periodicamente o projeto para garantir que esteja em conformidade com os critérios da metodologia de certificação escolhida. O monitoramento e a verificação são essenciais para garantir a integridade dos créditos de carbono gerados pelo projeto.

6 - Venda dos créditos de carbono: Após a geração dos créditos de carbono pelo projeto, a empresa pode vendê-los no mercado voluntário de créditos de carbono. Existem várias plataformas de negociação disponíveis, como as mencionadas no tópico 2.5.2, como a AirCarbon Exchange (ACX), Carbon Trade Exchange (CTX), Toucan, Xpansiv (CBL), entre outras.

As empresas ainda podem contar com a ajuda de consultores especializados em projetos de créditos de carbono para passar por essas etapas e maximizar o valor dos créditos de carbono gerados pelo projeto.

3.2 COMO OS PREÇOS DOS CRÉDITOS SÃO REGULADOS? ELES EXPIRAM COM O TEMPO?

Os preços são regulados de acordo com o mercado em que estão inseridos. Como estamos lidando com o mercado voluntário neste estudo, a explicação é de que os preços dos créditos de carbono são determinados pela oferta e demanda entre compradores e vendedores. A quantidade de créditos de carbono disponíveis no mercado, a demanda de créditos de carbono por parte das empresas e investidores que buscam neutralizar suas emissões de gases de efeito estufa, a qualidade e o tipo dos projetos de redução de emissões que geram os créditos, a liquidez do mercado e a incerteza regulatória e política podem afetar os preços dos créditos de carbono (CARBON TRUST, 2021) . Um exemplo prático disso, são os créditos gerados a partir de um escopo de projeto de reflorestamento ser mais valorizado do que um projeto de

troca de matriz energética. Isso ocorre por algumas razões, são elas:

✓ **Sequestro de carbono:** As árvores são capazes de sequestrar e armazenar carbono da atmosfera, contribuindo para reduzir a concentração de gases de efeito estufa na atmosfera. Esse sequestro é considerado permanente enquanto as árvores estiverem vivas, o que gera maior confiança no potencial de redução de emissões do projeto.

✓ **Adicionalidade:** Projetos de reflorestamento são geralmente considerados mais adicionais, ou seja, a implementação do projeto é algo a mais do que seria feito normalmente, pois muitas vezes as áreas a serem reflorestadas estavam desmatadas ou destinadas a outros usos. Já projetos de troca de matriz energética podem ser menos adicionais, pois a mudança para fontes renováveis de energia pode ocorrer de qualquer maneira, mesmo sem a existência do projeto de crédito de carbono.

✓ **Cobertura de risco:** Os projetos de reflorestamento geralmente possuem um menor risco de não cumprimento, pois a continuidade do sequestro de carbono é mais fácil de ser verificada do que a redução de emissões provenientes de mudanças na matriz energética. Portanto, há uma menor chance de que os créditos gerados por esses projetos sejam invalidados.

Além disso, o preço dos créditos de carbono pode ser influenciado por fatores macroeconômicos, como a flutuação do câmbio, a inflação, as taxas de juros e a volatilidade do mercado financeiro. Os preços também podem ser afetados por fatores específicos de setor, como o preço do petróleo e a oferta e demanda por energia renovável (CLIMEX, 2021).

As variações nos preços dos créditos de carbono podem afetar o desempenho financeiro de empresas que têm a obrigação de reduzir suas emissões de gases de efeito estufa, como também podem afetar a rentabilidade de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa que geram créditos de carbono. Portanto, é importante que as empresas monitorem e entendam os fatores que afetam para

gerenciar seus riscos e oportunidades financeiras relacionados às mudanças climáticas (CARBON MARKETS, 2021).

De acordo com a Tabela 4, publicada pela *Ecosystem Marketplace Insight Brief* em Setembro de 2020 com os dados de 2019, é possível analisar o preço médio por tipo de projeto que era praticado pelo mercado voluntário no ano de 2019, seguidos do volume de negociação e valor de mercado (VIRI, Natália. CAPITAL RESET, 2020).

Tipo	Volume (MtCO₂e)	Preço Médio	Valor (US\$ mm)
Energias Renováveis	42,4	US\$ 1,4	60,1
Florestas e Uso da Terra	36,7	US\$ 4,3	159,1
Gestão de Resíduos	7,3	US\$ 2,5	18
Processos Químicos e Industriais	4,1	US\$ 1,9	7,7
Eficiência Energética	3,1	US\$ 3,9	11,9
Transporte	0,4	US\$ 1,7	0,7

Tabela 4 - Preços médios e volumes negociados de acordo com o tipo de projeto.
Fonte: Ecosystem Marketplace Insight Brief (2020)

Para efeitos de comparação, de acordo com a tabela 5 abaixo, é possível analisar uma atualização dos preços médios praticados por tipo de projeto para o ano de 2022:

Tipo do Projeto	Preço Médio (USD)
Energia e Troca de Matriz	5 à 8
Reflorestamento	20
Desmatamento	30

Tabela 5 - Atualização dos preços médios para o ano de 2022, de acordo com o tipo de projeto.
Fonte: Consultoria Externa Contratada (2022)

Por fim, cabe ressaltar mais alguns pontos importantes, como o fato de os créditos não possuírem prazo de vencimento. É possível aproveitá-los para abater suas próprias emissões ou vendê-los a qualquer momento, porém, o mercado tende a priorizar os créditos gerados mais recentemente.

3.3 CUSTOS DE CERTIFICAÇÃO E EMISSÃO

Os custos para certificação e emissão de créditos de carbono no Brasil variam de acordo com o tipo de certificação e a complexidade do projeto (SCHALTEGGER & BURRITT, 2017). Abaixo estão os principais custos envolvidos no processo de certificação e emissão de créditos de carbono no Brasil:

- ✓ Desenvolvimento do projeto: inclui o planejamento, estudos de viabilidade, análises de risco e monitoramento do projeto. Os custos podem variar dependendo do tipo e complexidade do projeto.
- ✓ Auditoria do projeto: envolve a verificação do projeto e dos relatórios de monitoramento por uma entidade acreditada.
- ✓ Registro do projeto: inclui a preparação do registro do projeto junto à agência reguladora, que é responsável por emitir os créditos de carbono. Os custos variam de acordo com as agências reguladoras.

- ✓ Verificação: envolve a verificação dos créditos de carbono emitidos pelo projeto.
- ✓ Manutenção: inclui o monitoramento e a atualização dos relatórios do projeto. Os custos podem variar dependendo do tipo de projeto e da entidade que faz a manutenção.

Os custos associados à obtenção de certificações e à emissão de créditos de carbono podem variar dependendo de vários fatores. Para a certificação ISO 14001, por exemplo, os valores geralmente oscilam entre R\$ 10.000 e R\$ 50.000, dependendo do tamanho da empresa e do escopo da certificação.

Já para a certificação em padrões internacionais como o *Verified Carbon Standard* (VCS) ou o *Climate, Community and Biodiversity Standards* (CCB), os custos podem variar entre R\$ 30.000 e R\$ 200.000, dependendo do tipo e do tamanho do projeto.

Além dos custos de certificação, existem os custos relacionados à emissão de créditos de carbono propriamente dita. Isso pode incluir atividades como monitoramento e verificação das emissões de gases de efeito estufa, elaboração do Plano de Monitoramento, Reporte e Verificação (MRV), avaliação de riscos e preparação de relatórios de sustentabilidade.

Esses custos podem variar consideravelmente de acordo com a complexidade do projeto. Em média, para projetos de pequeno e médio porte, esses custos podem variar de cerca de R\$ 50.000 a R\$ 100.000 por ano.

É importante ressaltar que esses valores são apenas estimativas e podem variar de acordo com as características específicas de cada projeto. Além disso, é importante ter em mente que o mercado de créditos de carbono está em constante evolução, e os custos podem mudar ao longo do tempo.

3.4 QUAIS SÃO AS METODOLOGIAS DISPONÍVEIS NO MERCADO E QUAIS ORGANIZAÇÕES SÃO CAPAZES DE REALIZAR A CERTIFICAÇÃO E EMISSÃO DOS CRÉDITOS?

As organizações capazes de realizar as certificações e missões dos créditos, grande parte, possuem a sua própria metodologia, logo, atendendo aos seus critérios, ela mesmo certifica para o mercado e emite os créditos, permitindo assim a venda e monetização dos mesmos. Existem diversas organizações e metodologias de certificação disponíveis para o mercado voluntário de crédito de carbono, cada uma com suas particularidades e especificidades (BARBIER, 2020). A seguir, serão apresentadas algumas das principais organizações e metodologias propostas por elas:

✓ *Gold Standard*: É uma organização de certificação de créditos de carbono que se concentra em projetos de energia renovável e eficiência energética, bem como projetos de desenvolvimento sustentável. Eles têm mais de 1.500 projetos certificados em mais de 80 países. Dispõe de uma das principais metodologias de certificação que é amplamente reconhecida em todo o mundo. Ela foi criada em 2003 por uma aliança entre organizações não governamentais, empresas, governos e a ONU. A metodologia tem como objetivo certificar projetos que tenham impacto positivo em relação à mudança climática, desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza (GOLD STANDARD ORG, 2022).

✓ *Verified Carbon Standard (VCS)*: O VCS é uma das principais organizações de certificação de créditos de carbono, sendo responsável pela certificação de cerca de 1 bilhão de créditos de carbono em todo o mundo. Ela oferece vários tipos metodologias de certificação de acordo com o tipo do escopo do projeto, incluindo projetos de reflorestamento, energia renovável, eficiência energética, entre outros. Foi criada em 2006 e tem como objetivo avaliar projetos que tenham impacto positivo em relação à mudança climática. A VCS utiliza um conjunto de critérios rigorosos para verificar a redução das emissões de gases de efeito estufa e promover o desenvolvimento sustentável (VCS ORG, 2022).

✓ *Climate, Community and Biodiversity Standards (CCB Standards)*: Os *CCB Standards* são um conjunto de padrões de certificação de créditos de carbono que se concentram em projetos que combinam a redução de emissões com benefícios para as comunidades locais e a biodiversidade. Eles se concentram principalmente em projetos de reflorestamento e conservação. A certificação *CCB Standards* é baseada em uma série de critérios, como o respeito aos direitos humanos e a participação das comunidades locais no processo de desenvolvimento do projeto (CLIMATE STANDARDS ORG, 2022).

✓ *Plan Vivo*: É uma organização que fornece certificação de créditos de carbono para projetos que se concentram em desenvolvimento sustentável em comunidades rurais em todo o mundo. A *Plan Vivo* incentiva a implementação de projetos que promovam a redução das emissões de gases de efeito estufa e melhorem a qualidade de vida das comunidades locais (PLAN VIVO ORG, 2022).

✓ *CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation)*: É uma iniciativa global liderada pela Organização da Aviação Civil Internacional (OACI) para neutralizar o crescimento das emissões de gases de efeito estufa na aviação internacional a partir de 2020. A metodologia utilizada é baseada em créditos de carbono certificados por entidades reconhecidas pela OACI, que devem cumprir critérios rigorosos de elegibilidade e garantia de qualidade. As emissões de CO₂ das companhias aéreas são monitoradas e as que ultrapassarem um determinado limite precisam adquirir créditos de carbono para compensar suas emissões (ICAO INT, 2022).

✓ *Green Climate Cities (GCC)*: É um programa da GIZ (Agência Alemã de Cooperação Internacional) que fornece assistência técnica e financeira a governos locais para apoiar a implementação de projetos de redução de emissões de gases de efeito estufa em áreas urbanas. A metodologia envolve a medição e o monitoramento das emissões de gases de efeito estufa, a identificação de medidas de redução de emissões e a verificação dos resultados obtidos. A certificação é realizada por entidades acreditadas pela GIZ (ICLEI ORG, 2022).

✓ *REDD+ (Redução de Emissões por Desmatamento e Degradação Florestal)*: É um mecanismo para incentivar a conservação e o manejo sustentável

das florestas tropicais, visando reduzir as emissões de gases de efeito estufa decorrentes do desmatamento e da degradação florestal. A metodologia envolve a medição e o monitoramento das emissões de gases de efeito estufa decorrentes do desmatamento e da degradação florestal, além da implementação de medidas de conservação e manejo sustentável das florestas. A certificação é realizada por entidades acreditadas pela VCS (Verified Carbon Standard) e pela CCBA (Climate, Community and Biodiversity Alliance) (REDD MMA GOV, 2022).

3.5 ESCOLHA DO PROJETO TME DA EMPRESA NR MINING COMO ESTUDO DE CASO

Seguindo a metodologia explicada acima, para enxergar os impactos do crédito de carbono em projetos ESG, foi necessário escolher um dos projetos da carteira do Time de Inovação da empresa NR Mining, que se encaixa no escopo de Descarbonização. Dessa forma, ele pôde seguir o passo a passo exposto no capítulo 3, que indica como eleger um projeto nas metodologias do mercado voluntário, tornando possível o aproveitamento econômico dos seus potenciais créditos.

Basicamente, o projeto visa a substituição de combustíveis fósseis que fornecem calor ao forno que produz ZnO, por um combustível biodegradável, que se chama Bio Óleo. Essa troca, combinada a uma adequação de infraestrutura e novas tecnologia, faz com que o processo de combustão seja otimizado, reduzindo o consumo específico de combustível. Isso representa a não emissão de 24.7kton/ano de GEE na unidade da empresa NR Mining, no período de 2026 até 2036, lembrando que se tem um ramp up de 2024 a 2026. Em termos percentuais, essa substituição de combustíveis, traz uma redução de 43.8% dos gases emitidos na unidade e de 10.7% no escopo de emissões da empresa como um todo, contribuindo para o alcance de 52.5% da meta ESG até 2030 (reduzir 52kton de CO₂/ano) acordada com o governo e os acionistas, somente com a implementação deste projeto em específico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para comprovar os impactos financeiros, realizou-se o estudo de caso em 2 cenários do Projeto TME, visando os resultados financeiros em VPL (Valor Presente Líquido), TIR (Taxa Interna de Retorno), *Payback* (tempo de retorno do valor investido) e EBITDA (Receita antes dos Juros, Taxas, Depreciações e Amortizações). Primeiro, sem considerar os custos e receitas provenientes do crédito de carbono e posteriormente considerando tais valores no modelo financeiro, isolando assim, o impacto trazido pela venda dos créditos no mercado voluntário e concluir se faz sentido esse esforço para eleger projetos e se os ganhos são representativos ou não para a empresa.

Devido ao estudo do projeto estar finalizando a etapa de FEL 2, é possível que as premissas sejam reajustadas conforme o projeto vai ganhando maturidade. Se trata de um projeto de modernização/expansão e para ser aprovado precisa atender as regras estipuladas pela governança da empresa, que são para estes casos, $VPL > 0$, $TIR \geq 15\%$ e para projetos com fluxo de caixa não convencional, $TIR_m \geq WACC$ (Custo ponderado de capital).

4.1 CENÁRIO 1 – SEM CRÉDITO DE CARBONO

Para obter uma avaliação econômica isolada do impacto dos créditos de carbono, é importante calcular inicialmente os resultados do projeto sem considerar os créditos e, em seguida, adicioná-los sem alterar as premissas básicas. Dessa forma, quaisquer diferenças nos indicadores financeiros-chave (KPIs) serão atribuídas à receita proveniente da venda dos créditos.

No cenário apresentado na tabela 6, propõe-se um investimento inicial (Capex) de R\$ 40,5 milhões. O projeto tem previsão de início em agosto de 2024 e término em dezembro de 2036, com uma vida útil aproximada de 12 anos. Alguns dos principais KPIs são: consumo de óleo BTE de 8.370 toneladas por ano (tpa), com uma taxa de fluxo de 24,9 litros por hora; consumo de Bio Óleo de 11.253 tpa, com uma taxa de fluxo de 32 litros por hora; produção de ZnO de 39,5 mil toneladas por ano (ktpa);

utilização média dos fornos de 70,07%; e uma curva de preço dos combustíveis de R\$ 2.659 por tonelada para o óleo BTE e R\$ 1.343 por tonelada para o Bio Óleo. Ao calcular o fluxo de caixa descontado com base nessas premissas, o Valor Presente Líquido (VPL) é de R\$ 3,4 milhões, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 9,1%, o Payback é de 14,1 anos e o Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (EBITDA) é de R\$ 6,0 milhões por ano. Esses são os resultados obtidos sem considerar os créditos de carbono.

Final de FEL 2	Resultados Financeiros
Capex: R\$ 40,5 MM	VPL: R\$ 3,4 MM
Início do Projeto: 08/2024	TIR: 9,1%
Fim da Operação: 12/2036	PAYBACK DESCONTADO: 14,1 anos
Produção de ZnO: 39,5 Ktpa	EBITDA LP: 6,0 R\$ MM/ano
Consumo de BTE: 8.370 tpa (24,9 L/h)	
Consumo de Bio Óleo: 11.253 tpa (32,0 L/h)	
Utilização Média dos Fornos: 70,07%	
Preço LP do BTE: R\$ 2.659/t	
Preço LP do Bio Óleo: R\$ 1.343/t	

Tabela 6 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 1 – sem créditos de carbono
 Fonte: Dados do autor (2022)

Analisando os resultados financeiros contemplados por este cenário, concluímos que ele não atende as regras de governança para aprovação de projetos de modernização/expansão, pois, apesar do VPL ser positivo, a TIR não atinge minimamente o valor de 15%, que é exigido pela empresa.

4.2 CENÁRIO 1 – COM CRÉDITO DE CARBONO

Ao avaliar o mesmo cenário mencionado anteriormente, porém levando em consideração os custos e receitas provenientes dos créditos de carbono que o Projeto TME tem potencial de gerar, observamos resultados financeiros diferentes. O Valor Presente Líquido (VPL) é de R\$ 6,4 milhões, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 10,5%, o Payback é de 12,9 anos e o Lucro Antes de Juros, Impostos, Depreciação e Amortização (EBITDA) é de R\$ 6,7 milhões por ano, como mostra a tabela 7 abaixo.

Em outras palavras, ao considerar os créditos de carbono, há um acréscimo de R\$ 3,0 milhões no VPL e 1,4% na TIR. Isso claramente agrega valor ao projeto, uma vez que seria um benefício não aproveitado se a oportunidade de negociar os créditos fosse ignorada.

Final de FEL 2	Resultados Financeiros
Capex: R\$ 40,5 MM	VPL: R\$ 6,4 MM
Início do Projeto: 08/2024	TIR: 10,5%
Fim da Operação: 12/2036	PAYBACK DESCONTADO: 12,9 anos
Produção de ZnO: 39,5 Ktpa	EBITDA LP: 6,7 R\$ MM/ano
Consumo de BTE: 8.370 tpa (24,9 L/h)	
Consumo de Bio Óleo: 11.253 tpa (32,0 L/h)	
Utilização Média dos Fornos: 70,07%	
Preço LP do BTE: R\$ 2.659/t	
Preço LP do Bio Óleo: R\$ 1.343/t	

Tabela 7 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 1 – com créditos de carbono.

Fonte: Dados do autor (2022)

Neste cenário, assim como no anterior, os resultados financeiros não atendem às regras de governança para a aprovação de projetos de modernização/expansão. Apesar de uma melhora no Valor Presente Líquido (VPL) e na Taxa Interna de Retorno

(TIR) devido à receita adicional proveniente da negociação dos créditos de carbono no mercado voluntário, ainda não se alcança a TIR de 15%, que é o retorno médio esperado pelos *stakeholders*.

4.3 ANÁLISE DE SENSIBILIDADE DA TIR DO CENÁRIO 1

Visando entender o que precisaria ser feito para este cenário ser atrativo para a empresa, fez-se uma “conta de chegada”, utilizando a função atingir meta do Excel, para concluir a qual preço os créditos deveriam ser negociados para que TIR mínima de 15% fosse atingida, como demonstrado na figura 4.

A linha traçada em vermelho no gráfico abaixo, representa uma TIR de 10.5%, considerando a venda dos créditos de carbono do projeto a \$ 7,0/crédito. Por se tratar de um projeto de troca de matriz energética e o tipo do projeto impactar na precificação dos créditos, o valor utilizado na avaliação econômica foi \$7,0/crédito para se manter de acordo com o que é praticado no mercado voluntário na época do estudo. Já a linha verde, mostra que o valor do crédito de carbono deveria ser de \$ 25,0/crédito, considerando a mesma quantidade, para que o projeto atingisse a TIR de 15%, dessa forma, o Projeto TME estaria apto para aprovação seguindo as regras de governança da empresa. Porém, com os patamares atuais da precificação dos créditos para este tipo de projeto, não é possível vender a este preço. Então, foi necessário a construção de novos cenários para a avaliação deste projeto.

Análise de Sensibilidade TIR

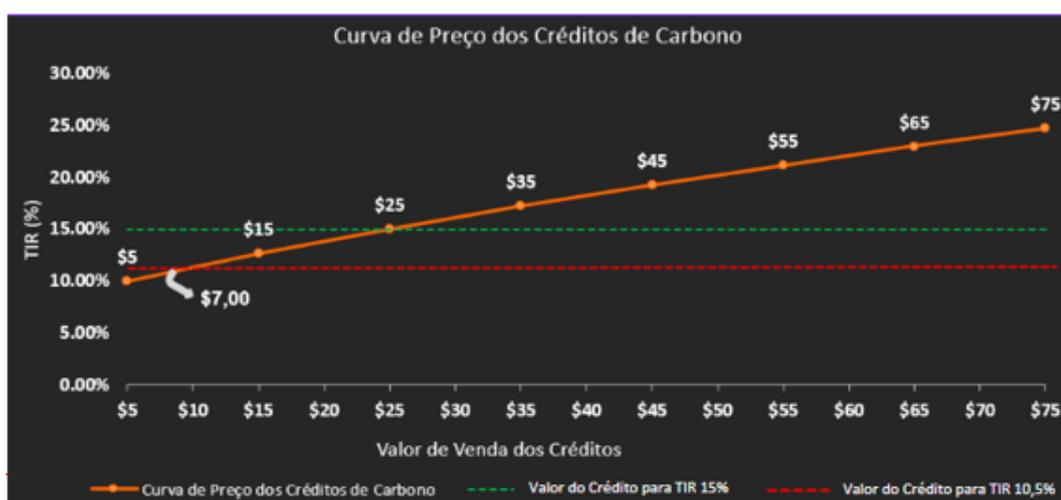


Figura 4 - Análise de sensibilidade da taxa interna de retorno (TIR) do cenário 1 com créditos de carbono.

Fonte: Dados do autor (2022)

4.4 CENÁRIO 2 – SEM CRÉDITO DE CARBONO

Neste novo cenário planejado, como mostra a tabela 8, foi estabelecido um investimento de capital (Capex) de R\$ 26.5 Milhões. O projeto está previsto para iniciar em abril de 2024 e encerrar em dezembro de 2036, com uma vida útil de aproximadamente 12 anos. Apesar de uma pequena diferença na vida útil do projeto, não se observa um impacto significativo por esse motivo. Os principais indicadores-chave de desempenho (KPIs) são: consumo de óleo BTE de 8.370 tpa com uma vazão de 24.9 L/h e consumo de Bio Óleo de 11.331 tpa com uma vazão de 32 L/h; produção de ZnO de 39.5 ktpa; utilização média dos fornos de 70.73%; e a curva de preço dos combustíveis em R\$2.659/t para o BTE e R\$ 1.343/t para o Bio Óleo. Com base nesses dados, o Valor Presente Líquido (VPL) é de R\$ 12.2 Milhões, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é de 18.8%, o Payback é de 9.8 anos e o EBITDA é de R\$ 5.9 Milhões por ano.

Final de FEL 2	Resultados Financeiros
Capex: R\$ 26,5 MM	VPL: R\$ 12,2 MM
Início do Projeto: 04/2024	TIR: 18,8%
Fim da Operação: 12/2036	PAYBACK DESCONTADO: 9,8 anos
Produção de ZnO: 39,5 Ktpa	EBITDA LP: 5,9 R\$ MM/ano
Consumo de BTE: 8.370 tpa (24,8 L/h)	
Consumo de Bio Óleo: 11.331 tpa (32,0 L/h)	
Utilização Média dos Fornos: 70,73%	
Preço LP do BTE: R\$ 2.659/t	
Preço LP do Bio Óleo: R\$ 1.343/t	

Tabela 8 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 2 – sem créditos de carbono.

Fonte: Dados do autor (2022)

Para este cenário, foi feito o estudo do projeto e identificado uma oportunidade de redução de Capex sem que as principais funcionalidades fossem afetadas, proporcionando um aumento significativo não só no VPL, mas também nos demais KPI's financeiros. Dessa forma, foi possível atingir as regras pré-determinadas para a aprovação de projetos de modernização/expansão, de VPL positivo e TIR igual ou superior a 15%.

4.5 CENÁRIO 2 – COM CRÉDITO DE CARBONO

Ao analisar o mesmo cenário do tópico anterior, entretanto, considerando-se os custos e receitas provenientes dos créditos de carbono que o projeto TME têm potencial de gerar, chegou-se nos resultados financeiros de VPL de R\$ 15.0 Milhões, TIR de 20.8%, Payback de 9.4 anos e EBITDA de R\$ 6.4 Milhões por ano, como demonstrado na tabela 9:

Final de FEL 2	Resultados Financeiros
Capex: R\$ 26,5 MM	VPL: R\$ 15,0 MM
Início do Projeto: 04/2024	TIR: 20,8%
Fim da Operação: 12/2036	PAYBACK DESCONTADO: 9,4 anos
Produção de ZnO: 39,5 Ktpa	EBITDA LP: 6,4 R\$ MM/ano
Consumo de BTE: 8.370 tpa (24,8 L/h)	
Consumo de Bio Óleo: 11.331 tpa (32,0 L/h)	
Utilização Média dos Fornos: 70,73%	
Preço LP do BTE: R\$ 2.659/t	
Preço LP do Bio Óleo: R\$ 1.343/t	

Tabela 9 - Principais premissas e resultados financeiros do Projeto TME, no cenário 2 – com créditos de carbono.

Fonte: Dados do autor (2022)

Neste cenário fica ainda mais evidente o impacto proveniente da venda dos créditos de carbono. Afinal, levando em consideração que a única alteração deste cenário para o anterior foram as receitas e custos dos créditos de carbono, obteve-se um incremento de R\$ 2.8 Milhões em receita e 2% de TIR, como mostra a figura 5:

Incremento de Receita (R\$ MM)

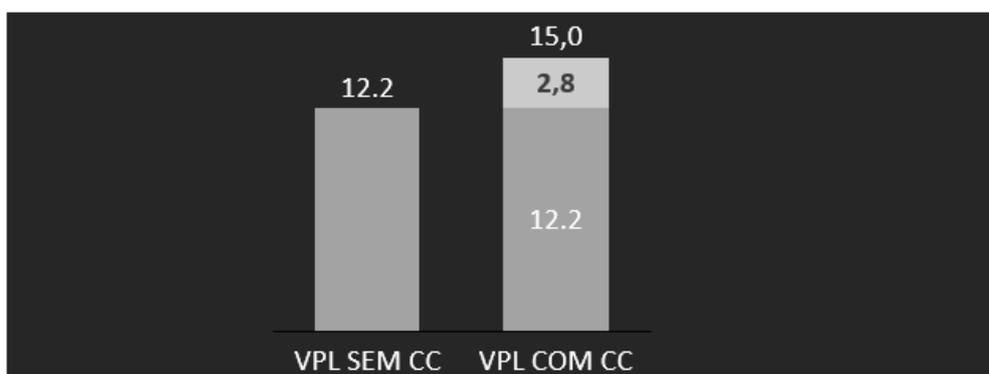


Figura 5 - Incremento de receita pela venda dos créditos de carbono no cenário 2.
Fonte: Dados do autor (2022)

5 CONCLUSÃO

Em resumo, o objetivo deste trabalho foi comprovar os benefícios da venda de créditos de carbono de projetos ESG no mercado voluntário, tanto do ponto de vista financeiro quanto ambiental. Levando em consideração as regras de governança da empresa para aprovação de projetos, foram traçados cenários e realizada uma comparação com base nas variáveis técnicas e resultados financeiros para determinar qual cenário apresentava os melhores resultados.

No primeiro cenário, a avaliação econômica foi realizada sem considerar os créditos de carbono nos cálculos, isolando assim as premissas básicas do projeto, como vida útil, consumo de óleo BTE, vazão do óleo, consumo de Bio Óleo, produção de ZnO, taxa de utilização média dos fornos e curva de preço dos combustíveis. Esse cenário apresentou um alto investimento de capital (Capex) devido às adaptações na infraestrutura e implementação de ferramentas para otimizar o processo de combustão e reduzir o consumo de combustível. No entanto, os resultados desse cenário não atenderam aos requisitos de aprovação de acordo com a governança da empresa.

Em seguida, foram incluídos os custos e receitas provenientes dos créditos de carbono no primeiro cenário para avaliar o valor agregado ao projeto. Houve um aumento na receita, o que melhorou o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR) do cenário. No entanto, esse incremento não foi suficiente para atingir a taxa mínima de retorno de 15% exigida pelos *stakeholders*. Portanto, foi realizada uma análise de sensibilidade da TIR, variando o preço de venda dos créditos de carbono, a fim de determinar o preço necessário para atingir a taxa de retorno desejada. O preço considerado inicialmente foi de 7 dólares por crédito, porém, a análise revelou que o crédito deveria ser negociado a cerca de 25 dólares por crédito para que o projeto fosse aprovado, o que está além da realidade do mercado voluntário atual.

Diante disso, para dar continuidade ao estudo, foi necessário construir o segundo cenário de avaliação econômica, otimizando o investimento de capital (Capex) enquanto mantinha o objetivo principal do projeto, que é a substituição do combustível

fóssil por um biodegradável. Esse novo cenário, mesmo sem considerar antecipadamente os benefícios dos créditos de carbono, atendeu aos requisitos de governança da empresa para aprovação de projetos de modernização/expansão, pois o Capex teve um impacto significativo nos resultados. No entanto, os custos e receitas dos créditos foram incluídos nesse cenário para avaliar o impacto financeiro. Eles contribuíram para um aumento de receita de R\$ 2.8 Milhões e 2% na TIR, melhorando ainda mais o resultado do cenário e tornando-o mais atrativo para a empresa.

Com base no estudo de caso apresentado acima, conclui-se que a venda de créditos de carbono não é necessariamente um fator decisivo na aprovação de projetos ESG, embora em alguns casos possa impulsionar a TIR para a meta desejada. Os créditos de carbono representam uma oportunidade adicional, principalmente em termos ambientais, contribuindo para que a empresa cumpra seus compromissos de emissões e também financeiros, resultando em um aumento da TIR e do VPL que o projeto não teria se ignorasse o potencial de redução de emissões. Isso faz com que a empresa se destaque no mercado, demonstrando seu compromisso com o meio ambiente, adotando novas tecnologias e entregando bons resultados aos *stakeholders*.

REFERÊNCIAS

Aguilera, R.F. Border Carbon Adjustments: Addressing the Carbon Leakage and Competitiveness Issues. In *Green Fiscal Policies: Theories and Evidence* (p. 189-209), 2019.

Aldy, Joseph E., and Pizer, William A. The Competitiveness Impacts of Climate Change Mitigation Policies. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, vol. 3, n. 3, pp. 565-595, 2016.

Andrade, G.C., & Macedo, D.C. A adoção do mercado de carbono voluntário por empresas brasileiras. *Revista de Administração Contemporânea*, 20(3), 311-330, 2016.

ARAÚJO, J. A. P.; MARTINS, G. S. O mercado de créditos de carbono no Brasil: perspectivas e desafios. *Revista Brasileira de Energia*, v. 14, n. 2, p. 97-112, 2008.

Assaf Neto, A. *Finanças Corporativas e Valor*. Atlas, 2015.

Banco Central do Brasil. Glossário de termos econômico-financeiros. Disponível em: <https://www.bcb.gov.br/glossario/Default.aspx>. Acesso em: 08/05/2023.

Barbier, E. B. *The Economics of Green Growth: Putting the Theory into Practice*. Columbia University Press, 2020.

BELLO, L.R.; NETO, E.A.; LUCAS, A.M. Efeito da implementação do mercado de carbono nas empresas brasileiras listadas na bolsa de valores. *Gestão e Sociedade*, v. 12, n. 32, p. 2586-2604, 2018.

Bodansky, Daniel. The Kyoto Protocol: A Guide and Assessment. *American Journal of International Law*, vol. 92, n. 2, pp. 315-331, 1998.

BRAGA, Roberto; MARQUES, Vanessa. Avaliação de empresas. 5. ed. Atlas, 2015.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Inventário Nacional de Emissões de Gases de Efeito Estufa. Brasília: MMA, 2016.

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. Princípios de finanças corporativas. AMGH Editora, 2018.

CAMLOFFSKI, Rodrigo. Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas. São Paulo: Grupo GEN, 2014. E-book. ISBN 9788522486571. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522486571/>. Acesso em: 02/05/2023.

Carbon Credits. Disponível em: <https://carboncredits.com/the-top-4-carbon-exchanges-for-2023/>. Acesso em: 20/04/2023

Carbon Trust. Carbon Offsetting, 2021.

Carbon Trust. Voluntary Carbon Markets Insights: Outlook and Key Trends, 2018.

Climate, Community & Biodiversity Standards (CCB Standards). Disponível em: <https://www.climate-standards.org/>. Acesso em: 10/03/2023

Climex. Disponível em: <https://climex.com/wat-wij-doen/trading/>. Acesso: 10/03/2023

Coelho, S.T.A., & de Lima, L.S. Ajuste de Carbono na Fronteira: uma análise das possibilidades de adoção no Brasil. Revista de Administração e Inovação em Sustentabilidade, 3(1), 34-47, 2021.

CORSIA. Disponível em: <https://www.icao.int/environmental-protection/CORSIA/Pages/default.aspx>. Acesso em: 10/03/2023

CPC 04 - Ativo Intangível (CFC, 2011).

Damodaran, A. Investment valuation: Tools and techniques for determining the value of any asset. John Wiley & Sons, 2012.

Decreto Nº 11.075 de 19 de Maio de 2022. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2022/decreto-11075-19-maio-2022-792682-publicacaooriginal-165314-pe.html>. Acesso em: 15/03/2023

Downie, David Leonard. The Kyoto Protocol: International Climate Policy for the 21st Century. Springer, 2012.

Ecosystem Marketplace Insight Brief. Disponível em: <https://www.ecosystemmarketplace.com/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2021/>. Acesso em: 20/04/2023

Falkner, Robert, and Gupta, Joyeeta. The Paris Agreement and the new logic of international climate politics. *International Affairs*, vol. 92, n. 5, pp. 1107-1127, 2016.

Garcia, R.A., & Machado, J.C. Taxação de fronteira e seus impactos sobre a indústria brasileira. *Revista de Economia Contemporânea*, 2021.

GCC. Disponível em: <https://www.giz.de/en/worldwide/35815.html>. Acesso em: 10/03/2023

Gitman, L. J., & Zutter, C. J. *Princípios de administração financeira*, 2015.

GITMAN, L. J.; JOEHNK, M. D. Princípios de Administração Financeira. 14 ed. São Paulo: Pearson, 2017.

Gold Standard. Disponível em: <https://www.goldstandard.org/>. Acesso em: 10/03/2023

ISO 14064. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/inventario-gee-empresendimentos/nbr-iso-14064/>. Acesso em: 25/04/2023.

JACOBI, P. R.; MATTEI, L. M. Sustentabilidade e políticas públicas: lições do caso brasileiro. Revista de Administração Pública, v. 47, n. 3, p. 725-748, 2013.

Kartha, S., Lazarus, M., Erickson, P., & Lazarova, M. State of the voluntary carbon markets 2017: A status report and action plan. Ecosystem Marketplace, Forest Trends, 2017.

Lei Nº 12.187 de 29 de Dezembro de 2009. Disponível em: https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/prop_mostrarintegra?codteor=841507&filenome=Legislac. Acesso: 15/03/2023

Okereke, Chukwumerije. Climate justice and the international regime: before, during, and after Paris. WIREs Climate Change, vol. 7, n. 6, pp. 834-851, 2016.

OLIVEIRA, P.R.S.; SOUZA, R.M.; MENDES, L.R.A. Mercado de Carbono: Oportunidades e Desafios. J. Energy Environ. Sustain. Dev., v. 4, n. 2, p. 65-77, 2019.

PL 528/2021. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=2270639>. Acesso: 15/03/2023

Plan Vivo. Disponível em: <https://www.planvivo.org/>. Acesso em: 10/03/2023

REDD+. Disponível em <https://www.un-redd.org/about-redd/redd-explained/what-is-redd/>. Acesso em: 10/03/2023

Ross, S. A., Westerfield, R. W., & Jaffe, J. Administração financeira: Corporate finance. AMGH Editora, 2015.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JORDAN, B. D. Princípios de Administração Financeira. São Paulo: Atlas, 2008.

Schaltegger, S., & Burritt, R. Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice. Greenleaf Publishing, 2017.

SENADO FEDERAL. CAE aprova regulamentação do mercado de redução de emissões de carbono. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/noticias/materias/2022/11/29/cae-aprova-regulamentacao-do-mercado-de-reducao-de-emissoes-de-carbono>. Acesso em: 07/02/2023

SILVA, M.G.; MENDES, L.R.A. A influência da política nacional sobre mudança do clima no Brasil e as oportunidades no mercado de créditos de carbono. Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional, v. 12, n. 3, p. 60-78, 2016.

UNFCCC. Clean Development Mechanism. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-kyoto-protocol/mechanisms-under-the-kyoto-protocol/clean-development-mechanism>. Acesso em: 10/03/2023.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). The Paris Agreement. 2015.

Verified Carbon Standard (VCS). Disponível em: <https://www.v-c-s.org/>. Acesso em: 10/03/2023

VERRA. Disponível em: <https://verra.org/>. Acesso em: 10/03/2023

Way Carbon. Disponível em: <https://blog.waycarbon.com/2022/06/o-que-e-o-cbam-e-como-afetara-empresas-brasileiras/>. Acesso em: 20/04/2023

WRI BRASIL. World Resources Institute. Disponível em: <https://www.wribrasil.org.br/noticias/4-graficos-para-entender-emissoes-de-gases-de-efeito-estufa-por-pais-e-por-setor>. Acesso: 07/02/2023