Universidade do Minho
Escola de Economia, Gestão e Ciência Política

Catarina Mendes Teixeira

Avaliação financeira de um projeto de investimento no contexto da economia circular

Abril 2026

Avaliação financeira de um projeto de investimento no contexto da economia circular
Catarina Mendes Teixeira
UMinho | 2026

Universidade do Minho
Escola de Economia, Gestão e Ciência Política

Catarina Mendes Teixeira

Avaliação financeira de um projeto de investimento no contexto da economia circular

Projeto
Mestrado em Gestão - Geral

Trabalho realizado sobre a orientação da
Professora Doutora Maria do Céu Cortez

Abril 2026

DIREITOS DE AUTOR E CONDIÇÕES DE UTILIZAÇÃO DO TRABALHO POR TERCEIROS

Este é um trabalho académico que pode ser utilizado por terceiros desde que respeitadas as regras e boas práticas internacionalmente aceites, no que concerne aos direitos de autor e direitos conexos.

Assim, o presente trabalho pode ser utilizado nos termos previstos na licença abaixo indicada.

Caso o utilizador necessite de permissão para poder fazer um uso do trabalho em condições não previstas no licenciamento indicado, deverá contactar o autor, através do RepositóriUM da Universidade do Minho.

Licença concedida aos utilizadores deste trabalho



Atribuição-NãoComercial-SemDerivações

CC BY-NC-ND

https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/

Agradecimentos

O culminar deste projeto representa o fim de uma etapa de elevada exigência, autodisciplina e dedicação. Contudo, o sucesso deste percurso não teria sido possível sem o apoio de pessoas que estiveram presentes e às quais deixo o meu sincero agradecimento.

Em primeiro lugar, à minha orientadora, Professora Doutora Maria do Céu Cortez, pelo acompanhamento incansável no decorrer deste processo. Agradeço a constante disponibilidade e prontidão para esclarecer dúvidas e apresentar sugestões. Ademais, agradeço à Professora Ana Sofia Melo Monteiro pelo contributo prestado na realização da Simulação de Monte Carlo.

À entidade de acolhimento do estágio curricular - que, por motivos de confidencialidade, não é nomeada - agradeço a oportunidade concedida e a disponibilização da informação necessária ao desenvolvimento do projeto. Neste contexto, deixo o meu reconhecimento aos meus orientadores na empresa, com um agradecimento especial ao responsável pelo acompanhamento do projeto, por toda a orientação e partilha de conhecimento.

Por fim, agradeço à minha família, ao meu namorado e aos meus amigos. O apoio incondicional e os momentos partilhados foram fundamentais para a conclusão deste ciclo com sucesso.

Declaração de integridade

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri à prática de plágio nem a qualquer forma de utilização indevida ou falsificação de informações ou resultados em nenhuma das etapas conducente à sua elaboração.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho.

Declaração de uso de ferramentas de Inteligência Artificial (IA)

Declaro ter atuado com integridade na elaboração do presente trabalho académico e confirmo que não recorri a qualquer forma de utilização indevida de ferramentas de Inteligência Artificial (IA), nem à falsificação ou omissão de informações, fontes, dados, resultados ou processos em nenhuma das etapas conducentes à sua elaboração.

Declaro ainda que qualquer utilização de ferramentas de IA foi feita de forma transparente e responsável, encontrando-se devidamente assinalada/descrita no trabalho, e que procedi à verificação crítica da exatidão do conteúdo produzido com o seu apoio, assumindo integralmente a responsabilidade pelo que submeto.

Mais declaro que conheço e que respeitei o Código de Conduta Ética da Universidade do Minho, bem como as normas aplicáveis de integridade académica e de proteção de dados.

Resumo

O presente projeto consiste na avaliação da viabilidade económico-financeira de um investimento focado na economia circular, especificamente na produção de um biocombustível na Polónia para exportação para o mercado alemão.

Em colaboração com a empresa promotora, o estudo tem como objetivo principal determinar a capacidade do projeto gerar valor contínuo e manter a sua relevância perante o cenário macroeconómico atual. A análise financeira contempla um horizonte de exploração de 15 anos (2027-2041), incorporando também o investimento e o desenvolvimento iniciados em 2022.

Tendo em consideração a informação recolhida, foram estimados os fluxos de caixa do projeto ao longo da vida útil e, de seguida, foram calculados os indicadores financeiros como o *Payback*, o Valor Atual Líquido e a Taxa Interna de Rendibilidade. De modo a mitigar a incerteza, foram realizadas diferentes técnicas de abordagem ao risco, nomeadamente a análise de sensibilidade, a análise de cenários e a simulação de Monte Carlo.

O estudo conclui que o projeto apresenta viabilidade económico-financeira, constituindo uma oportunidade estratégica para a empresa expandir o seu portfólio em energias renováveis, enquanto apoia ativamente a transição energética impulsionada pela União Europeia. Contudo, identificou-se que o risco primordial do investimento reside na volatilidade do preço do biocombustível face a alterações legislativas, pelo que é recomendado consolidar contratos de venda a longo prazo e monitorizar continuamente o enquadramento político e regulatório.

Palavras-chave: Avaliação Financeira; Projeto de Investimento; Biocombustíveis; Economia Circular; Análise de Risco.

Abstract

This project consists in evaluating the economic and financial viability of an investment focused on the circular economy, specifically the production of a biofuel in Poland for export to the German market.

In collaboration with the project developer, the study's primary objective is to determine the project's ability to generate sustained value and maintain its relevance within the current macroeconomic context. The financial analysis covers a 15-year operating horizon (2027-2041), incorporating the investment and development phase that began in 2022.

Based on the information gathered, the project's cash flows over its useful life were estimated, and financial indicators such as Payback, Net Present Value, and Internal Rate of Return were then calculated. To mitigate uncertainty, various risk management techniques were used, including sensitivity analysis, scenario analysis, and Monte Carlo simulation.

The study concludes that the project is economically and financially viable, representing a strategic opportunity for the company to expand its renewable energy portfolio while actively supporting the energy transition promoted by the European Union. However, it was found that the primary risk of the investment lies in the volatility of biofuel prices in the face of legislative changes; therefore, it is recommended to secure long-term sales contracts and continuously monitor the political and regulatory environment.

Keywords: Financial Evaluation; Investment Project; Biofuels; Circular Economy; Risk Analysis.

ÍNDICE

Resumo iv
Abstract v
Índice de figuras viii
Índice de gráficos ix
Índice de tabelas x
Lista de abreviaturas e siglas xi
1. Introdução 12
1.1. Entidade de acolhimento – Estágio curricular 12
1.2. Descrição do problema 12
1.3. Apresentação do projeto 13
1.4. Objetivos 14
2. Enquadramento teórico 14
2.1. Projeto de investimento 14
2.2. Estimação dos fluxos de caixa 15
2.3. Conceito de valor atual 15
2.4. Custo de capital 16
2.4.1. Custo de capital próprio 16
2.4.2. Custo de capital alheio 17
2.4.3. Custo de capital médio ponderado (CCMP) 17
2.5. Métodos de avaliação de projetos 18
2.5.1. Payback 18
2.5.2. Valor atual líquido (VAL) 19
2.5.3. Taxa interna de rendibilidade (TIR) 19
2.6. A prática dos gestores na avaliação de projetos de investimento 20
2.7. Análise de risco 21
2.7.1. Análise de sensibilidade 22
2.7.2. Análise de cenários 22
2.7.3. Análise do ponto crítico 22
2.7.4. Simulação de Monte Carlo (SMC) 23
3. Estudo de caso 26

3.1. Enquadramento macroeconómico 26
3.1.1. Legislação europeia 26
3.1.2. Adoção de energias renováveis 28
3.1.3. Perspetiva para os biocombustíveis 29
3.2. Caracterização do projeto 31
3.2.1. Mercado: Alemanha 33
3.2.2. Produção: Polónia 33
3.2.3. Receitas do projeto 34
3.2.4. Custos do projeto 35
3.2.5. Investimento e financiamento associado 36
3.2.6. Riscos do projeto 38
4. Aplicação prática 39
4.1. Estimação dos fluxos de caixa 39
4.2. Estimação do custo de capital 40
4.3. Indicadores do valor do projeto 41
4.4. Análise de risco 43
4.4.1. Análise de sensibilidade 43
4.4.2. Análise de cenários 44
4.4.3. Ponto crítico 45
4.4.4. Simulação de Monte Carlo 46
5. Conclusões 49
Referências bibliográficas 51
Apêndice 54

Índice de figuras

Figura 1: Tecnologia de produção. 32
Figura 2: Mapa da localização das infraestruturas de produção. 34
Figura 3: Relação entre VAL e custo de capital. 42
Figura 4: Histograma da distribuição de Monte Carlo do VAL. 47

Índice de gráficos

Gráfico 1: Fornecimento global de energia 2006-2022. 28
Gráfico 2: Desenvolvimento do consumo de biocombustíveis 2006-2031. 29
Gráfico 3: Evolução do preço global dos biocombustíveis 2014-2034. 30
Gráfico 4: Trocas comerciais (exportações e importações) de biocombustíveis. 31

Índice de tabelas

Tabela 1: Valor base das matérias-primas. 36
Tabela 2: Valor base dos custos operacionais. 36
Tabela 3: Investimento faseado realizado entre 2023 e 2027. 37
Tabela 4: Resumo do financiamento por meio de dívida e de capital próprio. 38
Tabela 5: Estimação dos fluxos de caixa de investimento. 39
Tabela 6: Estimação dos fluxos de caixa de exploração. 40
Tabela 7: Indicadores do valor do projeto. 41
Tabela 8: Análise de sensibilidade. 43
Tabela 9: Análise de cenários - Cenário otimista. 44
Tabela 10: Análise de cenários - Cenário pessimista. 45
Tabela 11: Indicadores do valor do projeto no ponto crítico. 46
Tabela 12: Resultados da Simulação de Monte-Carlo. 48

Lista de abreviaturas e siglas

ACE - Agência de Crédito à Exportação

CAPM - Capital Asset Pricing Model

CCMP - Custo de Capital Médio Ponderado

ETD - Energy Taxation Directive

EU ETS - European Union Emissions Trading System

FMI - Fundo Monetário Internacional

GEE - Gases com Efeito de Estufa

IEA - International Energy Agency

IVA - Imposto sobre o Valor Acrescentado

Ktpa - kilotoneladas por ano

NCES - National Circular Economy Strategy

NWC - Net Working Capital

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODS - Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

PoS - Proof of Sustainability

SMC - Simulação de Monte Carlo

TIR - Taxa Interna de Rendibilidade

Tpd - Toneladas por Dia

TTF - Title Transfer Facility

UE - União Europeia

VAL - Valor Atual Líquido

1. Introdução

1.1. Entidade de acolhimento – Estágio curricular

O presente estudo foi desenvolvido em complemento de um estágio curricular com a duração de três meses, iniciado a 8 de setembro de 2025 e concluído a 3 de dezembro de 2025. A entidade de acolhimento é um grupo que atua nos setores da Construção, Energias, Desenvolvimento Urbano, Infraestruturas e Saúde. [1]

Desde a sua génese, a empresa tem um forte compromisso com a responsabilidade empresarial, procurando criar impacto positivo nas comunidades e no mundo. O seu crescimento é orientado para a criação de valor partilhável com a sociedade. A entidade procura contribuir ativamente para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), em particular: ODS 7 – Energias Renováveis e Acessíveis; ODS 8 – Trabalho Digno e Crescimento Económico; ODS 11 – Cidades e Comunidades Sustentáveis; ODS 12 – Produção e Consumo Sustentáveis; e ODS 17 – Parcerias para a Implementação dos Objetivos.

O projeto em análise surgiu no âmbito do estágio curricular, cujo objetivo consiste em complementar a formação adquirida ao longo do percurso académico, absorvendo e executando competências através da realização e acompanhamento de tarefas, em contexto profissional.

1.2. Descrição do problema

O presente projeto consiste na avaliação da viabilidade económico-financeira de um projeto de investimento industrial focado na economia circular e na transição energética. Um projeto de investimento é definido como uma alocação de recursos no presente, com a expectativa de gerar benefícios económicos futuros que compensem o investimento inicial (Virlics, 2013; Paseda, 2016).

No contexto empresarial, as decisões de investimento – também designadas por *capital budgeting* – são fundamentais para a criação de valor, assegurando a competitividade e o crescimento sustentável das organizações. Estas decisões não visam apenas a manutenção das operações, mas sobretudo a exploração de novas oportunidades que maximizem a riqueza dos acionistas e criem valor partilhável com a sociedade (Brealey et al., 2011; Hillier et al., 2016).

Contudo, qualquer decisão de alocação de capital acarreta incerteza. O problema central deste relatório reside na necessidade de validar, sob uma perspetiva financeira, se o projeto de produção de Bio-LNG proposto é capaz de gerar valor para a empresa, considerando a volatilidade dos mercados energéticos e os riscos operacionais inerentes. Embora o projeto esteja alinhado com os ODS e a estratégia de descarbonização da entidade, a sustentabilidade financeira é um fator importante ao longo da vida útil dos investimentos.

Para dar resposta a este problema, será realizado um estudo de viabilidade económico-financeira para auferir o acréscimo de valor à empresa. Esta avaliação é crucial para garantir que o projeto

[1] Por solicitação da empresa, manteremos a sua identificação em confidencialidade.

cumpre os objetivos estratégicos da entidade de acolhimento e assegura a sua sustentabilidade financeira, perante a evolução e competição do mercado (Virlics, 2013; Hillier et al., 2016).

Nesse sentido, serão aplicadas metodologias robustas de avaliação de projetos, particularmente o Valor Atual Líquido (VAL), o critério mais utilizado (Graham & Harvey, 2001; Delapedra-Silva et al., 2022; Ryan & Ryan, 2002). O VAL é reconhecido como um indicador fundamental por ser consistente com o objetivo primordial de maximização da riqueza dos acionistas, permitindo determinar se o projeto gera valor incremental para a organização ao atualizar os fluxos de caixa futuros ao custo de capital apropriado (Pike & Neale, 2006; Paseda, 2016; Hillier et al., 2016). Complementarmente, de modo a gerir a incerteza e o risco - definido pela variabilidade dos retornos futuros esperados (Virlics, 2013) - o estudo incorporará técnicas de análise de sensibilidade e de cenários. Estas ferramentas permitem identificar como variáveis críticas, tais como o preço de venda do Bio-LNG e o custo das matérias-primas, exercem influência sobre o valor do projeto, oferecendo uma perspetiva mais completa e robusta para a avaliação de investimentos (Brealey et al., 2011; Damodaran, 2012; Chen, 2025). Para além disso, será implementada a Simulação de Monte Carlo (SMC), um método probabilístico que gera amostragens aleatórias para simular múltiplos cenários possíveis (Purnus & Bodea, 2013; Raychaudhuri, 2008). Esta abordagem complementa as análises anteriores ao capturar a incerteza de forma dinâmica (Neto et al., 2002). Em vez de um único valor estático, obtém-se uma distribuição de probabilidades para o VAL, o que possibilita uma quantificação rigorosa do risco e diminui a influência subjetiva no processo de projeção (Neto et al., 2002; Raychaudhuri, 2008).

1.3. Apresentação do projeto

No cenário macroeconómico atual, o setor energético encontra-se em transformação e as energias renováveis assumem um papel preponderante na economia. Neste contexto, este projeto propõe a análise e a avaliação de um investimento específico no setor das energias renováveis, nomeadamente na produção de Bio-LNG através da valorização de resíduos.

O projeto visa a construção e exploração de infraestruturas para a conversão de desperdício agrícola e estrume animal em biometano, que posteriormente será liquefeito para facilitar o seu transporte. A localização escolhida para a implementação do projeto é Chociwel, na Polónia. Esta escolha é estratégica, porque beneficia da disponibilidade de matéria-prima nesta região e da menor concorrência na sua aquisição, comparativamente a outros mercados mais saturados. A produção será exportada para a Alemanha, um mercado altamente atrativo devido às suas metas agressivas de redução de emissões e legislação favorável aos biocombustíveis avançados. O horizonte temporal definido para a fase de exploração do projeto é de 15 anos (2027-2041), com início de produção previsto para novembro de 2026.

O investimento integra a estratégia de crescimento da entidade de acolhimento, que tem como meta o desenvolvimento de projetos que representem 150 kilotoneladas por ano (ktpa) de energia renovável em 2027. O objetivo principal deste estudo é determinar a viabilidade económico-financeira deste empreendimento, analisando se os fluxos de caixa previstos permitem recuperar o investimento inicial e se o projeto contribui positivamente para o portfolio de ativos de energia renovável da empresa.

1.4. Objetivos

O estudo proposto tem como objetivo analisar a viabilidade económico-financeira de um projeto de investimento já em curso no contexto empresarial. Dado que o projeto teve início no passado, o foco desta avaliação (com referência ao ano base de 2026) não incide sobre a tomada de decisão inicial de aceitação ou rejeição, mas sim na aferição contínua da sua capacidade de criação de valor. Para tal, após estimados os fluxos de caixa e o custo de capital, serão aplicadas metodologias de avaliação financeira, nomeadamente a Taxa Interna de Rendibilidade (TIR) e o VAL. Adicionalmente, de modo a gerir a incerteza associada ao ciclo de vida do projeto, serão aplicadas técnicas de abordagem ao risco para identificar as variáveis que podem afetar significativamente o seu desempenho e para avaliar o impacto potencial dessas incertezas nos resultados. No final do estudo, pretende-se concluir se o projeto de investimento acrescenta, de facto, valor para a empresa e, em caso afirmativo, qual a sua magnitude.

2. Enquadramento teórico

A avaliação financeira de um projeto de investimento é crucial para garantir a sua viabilidade e sustentabilidade financeira. Esta secção apresenta o quadro teórico sobre a avaliação financeira de projetos de investimento, abrangendo os conceitos fundamentais e as metodologias principais utilizadas em decisões de *capital budgeting*. Inicialmente, é definido o que constitui um projeto de investimento e, de seguida, são abordados os fluxos de caixa e o custo de capital. Por fim, apresentam-se os principais métodos de avaliação de projetos – Payback, TIR e VAL – e as ferramentas de análise de risco – análise de sensibilidade, análise de cenários e análise do ponto crítico, bem como a SMC.

2.1. Projeto de investimento

Uma empresa tem de investir para manter as suas operações existentes e a competição no mercado, bem como para se desenvolver e explorar novas oportunidades (Virlics, 2013; Hillier et al., 2016).

Neste sentido, um projeto de investimento pode ser definido como a alocação de capital no presente na expectativa de gerar benefícios futuros (Paseda, 2016). Tais projetos incluem, por exemplo, a aquisição de novos equipamentos, a expansão de instalações ou outras iniciativas que exigem a alocação de fundos (Paseda, 2016) e prometem fluxos de caixa futuros (Brealey et al., 2011).

Estas decisões de investimento, também conhecidas como decisões de *capital budgeting* (Brealey et al., 2011), consistem em aceitar ou rejeitar projetos (Hillier et al., 2016) tendo em consideração se os seus benefícios económicos futuros irão compensar os custos incorridos no presente. Assim sendo, a decisão de realizar ou não um investimento depende da expectativa de geração de fluxos de caixa, do custo e da disponibilidade de métodos para financiar o mesmo (Virlics, 2013).

Deste modo, para avaliar um projeto é necessário estimar os fluxos de caixa esperados ao longo do tempo e atualizá-los ao custo de capital associado ao investimento (Brealey et al., 2011), através de métodos que permitam avaliar a viabilidade do projeto. Nas secções seguintes, discute-se cada um desses conceitos no quadro da literatura.

2.2. Estimação dos fluxos de caixa

A estimação dos fluxos de caixa é de extrema importância uma vez que determina o potencial de um projeto (Pike & Neale, 2006). Os fluxos de caixa são um conceito simples que representa a diferença entre o dinheiro recebido/entradas de caixa e o dinheiro pago/saídas de caixa (Brealey et al., 2011).

Segundo Hillier et al. (2016), os fluxos de caixa são classificados em três categorias:

a) Fluxos de Caixa Operacionais – Relacionados com a atividade operacional da empresa, particularmente associados à produção e venda de bens e serviços;

b) Fluxos de Caixa de Investimento – Trata-se de fluxos de caixa utilizados para objetivos de investimento, como compra de ativos não correntes;

c) Fluxos de Caixa de Financiamento – Referem-se aos fluxos de caixa decorrentes do método de financiamento da empresa, como juros ou dividendos.

De modo a efetuar a avaliação de um projeto, é necessário ter em consideração os fluxos de caixa incrementais, isto é, aqueles que decorrem meramente da aceitação do projeto (Brealey et al., 2011). Os fluxos de caixa devem ser descontados para o presente para permitir comparar o custo inicial do investimento com os retornos futuros do projeto de modo a determinar o valor incremental que gerará para a empresa (Pike & Neale, 2006). O conceito de valor atual é discutido a seguir.

2.3. Conceito de valor atual

Um princípio importante em Finanças é o valor do dinheiro no tempo. Por exemplo, 100 euros hoje valem mais do que 100 euros em algum momento no futuro devido a razões como o risco, a inflação e a preferência de consumo (Pike & Neale, 2006). Assim, o valor atual representa o valor de um capital no momento presente (t=0).

Além disso, o dinheiro tem um preço, uma vez que um negócio que possui desnecessariamente um montante elevado de dinheiro está a incorrer em um custo de oportunidade, isto é, a oportunidade perdida de ganhar dinheiro, investindo-o para obter um rendimento mais elevado (Pike & Neale, 2006).

O valor atual é obtido ao descontar os fluxos de caixa a uma taxa de atualização, que será o custo de oportunidade do capital ou uma taxa de juro previamente definida (Brealey et al., 2011).

Assim sendo, o valor atual é dado pela seguinte fórmula:

$$Valor\ Atual = \frac{FC_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Onde:

FC_t – Fluxo de caixa no momento t

t – Período de tempo

r – Taxa de atualização

2.4. Custo de capital

O custo de capital da empresa é definido como a taxa de retorno mínima exigida para os investidores aplicarem os seus recursos em determinado projeto, dada a perceção do seu risco (Damodaran, 2012) sendo, por isso, designada também de custo de oportunidade do capital para investimento nos ativos da empresa e, como tal, a taxa de desconto apropriada para os projetos de risco médio da empresa (Brealey et al., 2011).

O custo de capital é decomposto conforme as suas fontes de financiamento, distinguindo-se entre custo de capital próprio (taxa de retorno exigida pelos investidores da empresa) e custo de capital alheio (taxa de juro associada à dívida) (Brealey et al., 2011). O custo de capital próprio e o custo de capital alheio, bem como o Custo de Capital Médio Ponderado (CCMP) serão explorados a seguir.

2.4.1. Custo de capital próprio

O custo de capital próprio é a taxa de retorno exigida pelos acionistas sobre o capital investido, dada a incerteza associada a esses retornos (Brealey et al., 2011). Uma vez que o custo de capital próprio não é contratualmente definido como o custo de capital alheio, o mesmo não é observável de forma direta, pelo que pode ser estimado a partir do *Capital Asset Pricing Model* (CAPM) (Brealey et al., 2011).

De acordo com Damodaran (2012), o CAPM estabelece uma relação de equilíbrio entre risco e retorno, assumindo uma série de pressupostos quanto ao funcionamento dos mercados financeiros, tais como: os investidores são racionais e avessos ao risco, todos têm acesso à mesma informação (mercado eficiente), podem emprestar e pedir emprestado a uma taxa isenta de risco, não existem custos de transação nem impostos, e todos os ativos são perfeitamente divisíveis e transacionáveis (Brealey et al., 2011). Adicionalmente, assume-se que todos os investidores partilham o mesmo horizonte temporal e têm expectativas homogéneas relativamente ao retorno dos ativos. O modelo postula que o retorno esperado de um ativo deve estar positivamente relacionado com o seu risco sistemático (Hillier et al., 2016), de acordo com a fórmula abaixo:

$$R_E = R_F + \beta_L \times (R_M - R_F) \quad (2)$$

Onde R_E corresponde ao retorno esperado do ativo E, R_F é a taxa de retorno de um ativo sem risco e R_M é o retorno esperado do mercado. $(R_M - R_F)$ corresponde ao prémio de risco de mercado, isto é, o retorno adicional exigido pelos investidores para assumir o risco inerente ao mercado. Por fim, o risco sistemático em relação ao mercado é representado por β_L, dado pela seguinte fórmula:

$$B_L = B_U \times (1 + \frac{D}{E} \times (1 - t)) \quad (3)$$

Onde B_L é o beta alavancado, B_U é o beta não alavancado, $\frac{D}{E}$ é o rácio da dívida sobre o capital próprio e t é a taxa de imposto.

2.4.2. Custo de capital alheio

O custo de capital alheio representa o custo de obter fundos de fontes externas, como empréstimos bancários, emissão de títulos ou financiamento de terceiros (Damodaran, 2012). Assim, o custo do capital alheio é a taxa de endividamento, R_D. Considerando que os custos de financiamento são dedutíveis para efeitos de impostos, o custo de capital alheio é estimado depois de impostos, conforme a expressão seguinte (Hillier et al., 2016):

$$Custo\ de\ Capital\ Alheio\ Após\ Impostos = R_D \times (1 - t) \quad (4)$$

Sendo que R_D corresponde ao custo da dívida antes de impostos e t é a taxa de imposto.

2.4.3. Custo de capital médio ponderado (CCMP)

O valor total da empresa consiste na soma do valor do capital próprio e do valor do capital alheio, pelo que o custo de capital da empresa é a combinação dos dois ponderada pela participação de cada um na estrutura de capitais da empresa, fornecendo o CCMP (Brealey et al., 2011).

Assim, a estimação do custo de capital da empresa é dada pela seguinte fórmula (Hillier et al., 2016):

$$Custo\ de\ Capital\ Médio\ Ponderado = \left(\frac{E}{D+E}\right) \times R_E + \left(\frac{D}{D+E}\right) \times R_D \times (1 - t) \quad (5)$$

Onde:

E – Valor do capital próprio

D – Valor do capital alheio

R_E – Taxa de retorno do capital próprio

R_D – Custo da dívida antes de impostos

t – Taxa de imposto

Posto isto, o CCMP sintetiza o custo de capital global da empresa, servindo como referência para avaliar a viabilidade financeira de projetos de investimento, através de métodos que serão discutidos na secção seguinte.

2.5. Métodos de avaliação de projetos

2.5.1. Payback

O *Payback* é o período de tempo necessário para que os fluxos de caixa futuros igualem o investimento inicial realizado (Pike & Neale, 2006). De acordo com este método, um projeto deve ser aceite se o seu *Payback* for inferior a um período máximo admissível (Brealey et al., 2011), que é definido pela vontade da empresa sem qualquer justificação (Paseda, 2016).

Apesar da sua popularidade, atribuída à sua simplicidade (Paseda, 2016) e ao facto de favorecer os projetos que recuperam rapidamente o investimento, indo ao encontro das necessidades de empresas que precisam de recuperar o capital no curto-prazo (Brealey et al., 2011), este método apresenta alguns problemas. Além da escolha do período de *Payback* máximo aceitável ser arbitrária, este método não considera o valor do dinheiro do tempo e ignora os fluxos de caixa que ocorrem após o *Payback* (Brealey et al., 2011; Pike & Neale, 2006; Hillier et al., 2016). Devido à orientação de curto-prazo do *Payback*, é possível que a sua utilização leve a que alguns projetos valiosos a longo-prazo sejam rejeitados (Hillier et al., 2016).

Tendo em consideração as limitações apresentadas, é necessário explorar outras abordagens. Ainda assim, é de notar que uma variante do *Payback* é o *Payback* descontado, que mede o tempo necessário para recuperar o investimento com base nos fluxos de caixa descontados (Delapedra-Silva et al., 2022), permitindo assim ultrapassar a limitação do valor do dinheiro no tempo.

De acordo com Brealey et al. (2011), em vez de rejeitarem automaticamente qualquer projeto com um longo período de *Payback* descontado, muitos gestores utilizam este método como um sinal de aviso para garantir que o equipamento tem uma vida útil longa e que a concorrência não irá entrar no mercado e consumir os fluxos de caixa esperados com o projeto.

2.5.2. Valor atual líquido (VAL)

O VAL é o método de avaliação que calcula o valor monetário líquido gerado por um projeto de investimento (Delapedra-Silva et al., 2022). O VAL é calculado através da soma dos fluxos de caixa futuros do projeto, descontados pela taxa de atualização da empresa, e deduzido o investimento inicial, tal como observável na seguinte fórmula (Paseda, 2016):

$$VAL = \sum_{t=1}^{T} \frac{FC_t}{(1+r)^t} - Investimento\ Inicial \quad (6)$$

Onde:

FC_t – Fluxo de caixa no momento t

t – Período de tempo

r – Taxa de atualização obtida pelo CCMP

Este método é consistente com a maximização da riqueza dos acionistas (Paseda, 2016). O projeto deve ser aceite se o VAL for positivo, pois irá aumentar o valor da empresa no próprio valor do VAL e gerar riqueza para os acionistas (Hillier et al., 2016). Se os projetos em análise forem mutuamente exclusivos, deve-se selecionar o projeto com o maior VAL, uma vez que gerará um maior valor para a empresa (Paseda, 2016). Se o VAL for igual a zero, as receitas geradas permitem cobrir o investimento inicial, mas não irá gerar valor para a empresa, logo é indiferente aceitar ou rejeitar o projeto. No caso do VAL ser inferior a zero, o projeto deve ser rejeitado, pois irá reduzir o valor da empresa (Hillier et al., 2016).

De acordo com Hillier et al. (2016), o VAL apresenta várias vantagens: usa todos os fluxos de caixa do projeto e desconta-os apropriadamente, tendo em consideração o valor do dinheiro no tempo e a medida de risco, pelo que é um bom critério de decisão.

2.5.3. Taxa interna de rendibilidade (TIR)

A TIR de um projeto é definida como a taxa de atualização (r) que, quando aplicada aos fluxos de caixa do projeto, torna o VAL igual a zero (Pike & Neale, 2006), de acordo com a seguinte equação:

$$\sum_{t=0}^{T} \frac{FC_t}{(1+TIR)^t} = 0 \quad (7)$$

Onde:

FC_t – Fluxo de caixa no momento t

t – Período de tempo

TIR– Taxa de atualização que satisfaz esta equação

A TIR representa um número interno ao projeto, depende apenas dos fluxos de caixa do projeto (Hillier et al., 2016). Na prática, a TIR é a taxa de retorno exigida para que os fluxos de caixa futuros gerados pelo projeto compensem o seu investimento inicial.

Com base na TIR, o critério de decisão consiste em aceitar um projeto de investimento se o custo de oportunidade do capital for inferior à TIR, uma vez que irá produzir um VAL positivo (Brealey et al., 2011). No caso de o custo de oportunidade do capital ser superior à TIR deve-se rejeitar o projeto, pois irá originar um VAL negativo (Hillier et al., 2016).

Assim sendo, o presente método vai de encontro à regra do VAL, pois, uma vez que só serão aceites projetos com um custo de oportunidade do capital inferior à TIR, apenas serão aceites os projetos com um VAL positivo (Hillier et al., 2016).

Embora a TIR compartilhe com o VAL a consideração do valor temporal do dinheiro, é necessário destacar dois problemas que afetam a aplicabilidade do método. Primeiramente, nem todos os projetos têm padrões de fluxos de caixa que seguem o modelo convencional de primeiro fluxo de caixa negativo (investimento inicial) e os restantes positivos. Nestes projetos convencionais, o VAL é uma função decrescente da taxa de atualização (Mackevičius & Tomaševič, 2010). Na presença de um projeto de financiamento, em que o primeiro fluxo de caixa é positivo e os restantes negativos (projetos do tipo endividamento), o VAL é uma função crescente da taxa de atualização. Nestes casos, a regra de decisão inverte-se, devendo-se aceitar um projeto quando a taxa de desconto for maior do que a TIR (Hillier et al., 2016). Ademais, nos casos em que os fluxos de caixa têm várias mudanças de sinal, poderão existir múltiplas TIR (Brealey et al., 2011). Em segundo lugar, o projeto deve ser independente de forma a que a decisão de aceitar ou rejeitar o mesmo não influencie a escolha de outros investimentos (Brealey et al., 2011).

As limitações apresentadas podem conduzir, por vezes, a um conflito entre a TIR e o VAL. Na presença de conflito, Mackevičius & Tomaševič (2010) reiteram que o método do VAL deve prevalecer por refletir de forma mais direta a criação de valor.

2.6. A prática dos gestores na avaliação de projetos de investimento

A teoria financeira recomenda o uso de métodos de avaliação de projetos que maximizem o valor da empresa, como o VAL. Embora estudos recentes confirmem que o VAL se tem consolidado como o indicador financeiro mais popular e confiável na avaliação de investimentos (Delapedra-Silva et al., 2022), ainda existe algum desfasamento entre os modelos que a teoria preconiza e a prática empresarial.

Sureka et al. (2022) evidenciam que a prática de *capital budgeting* é influenciada significativamente pelas características pessoais dos decisores, como a sua experiência, perfil comportamental e literacia financeira, bem como por elementos organizacionais, como setor de atividade e dimensão da empresa, e fatores contextuais, como a volatilidade do mercado.

Ao nível organizacional, a dimensão da empresa é um dos fatores que mais condiciona a escolha dos métodos de avaliação a utilizar. Os estudos de Graham e Harvey (2001) e de Ryan e Ryan (2002) constataram que a maioria dos diretores financeiros de grandes empresas norte-americanas utilizam o VAL como principal método de avaliação de projetos. Em particular, empresas de maior dimensão e com maior alavancagem, nomeadamente empresas de capital aberto, em detrimento de empresas de capital fechado, tendem a usar mais o VAL no seu processo de decisão (Paseda, 2016). Contudo, ao analisar a realidade empresarial italiana, Rossi (2015) verificou que uma parte significativa das pequenas e médias empresas não recorre a técnicas formais de *capital budgeting*, baseando-se frequentemente apenas na intuição. Ainda assim, quando aplicam métodos quantitativos, o *Payback* surge como a técnica mais utilizada, seguido do VAL e da TIR.

Em termos contextuais, as diferenças regionais também induzem discrepância na escolha dos métodos de avaliação. Siziba e Hall (2021) analisaram a evolução das práticas de *capital budgeting* em países desenvolvidos (EUA e Reino Unido) e em desenvolvimento (Índia e África do Sul). Os resultados demonstram um crescimento gradual na utilização de métodos baseados em fluxos de caixa descontados (*Discounted Cash Flow* – DCF), especialmente o VAL. Contudo, enquanto que nos países desenvolvidos mantem-se o *Payback* como método não-DCF, nos países em desenvolvimento está a diminuir o uso de métodos não-DCF em favor da superioridade teórica do VAL (Siziba & Hall, 2021). Embora a teoria defenda a utilização do VAL, o seu uso isolado é insuficiente. A dependência exclusiva de um único método de avaliação limita a informação disponível e, consequentemente, conduz a uma tomada de decisão subótima que pode afetar negativamente o crescimento e o retorno.

Posto isto, embora o VAL seja o método mais consistente com a criação de valor, a prática empresarial é influenciada por fatores individuais, organizacionais e contextuais. Assim sendo, é necessário combinar diferentes métodos de avaliação de projetos de modo a otimizar a decisão de investimento.

2.7. Análise de risco

Espera-se que um investimento permita recuperar o seu custo inicial e que gere um benefício elevado (Virlics, 2013). No entanto, há que considerar que todo o investimento envolve risco, que se reflete na variabilidade dos retornos futuros esperados (Virlics, 2013). Assim, a análise do risco é fundamental, pois permite compreender como diferentes fontes de incerteza podem influenciar o desempenho do projeto, antecipar potenciais desvios face ao esperado e avaliar a capacidade da entidade para absorver esses impactos. A presente secção apresenta técnicas de abordagem ao risco, tais como a análise de sensibilidade, a análise de cenários e a análise do ponto crítico das vendas. É ainda apresentada a SMC, que permite analisar o comportamento do projeto sob condições de incerteza ao simular inúmeras combinações possíveis das variáveis determinantes, fornecendo uma visão probabilística dos riscos e da robustez dos resultados esperados.

2.7.1. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade permite avaliar o impacto de alterações em variáveis-chave do projeto de investimento, alterando uma variável de cada vez nos pressupostos do projeto, mantendo as restantes constantes (Huikku et al., 2025). Em geral, examina-se o efeito de alterações em variáveis críticas, como o volume de vendas e os custos, sobre métricas como o VAL e a TIR. Deste modo, a análise de sensibilidade permite identificar as variáveis que exercem maior influência sobre a viabilidade do projeto (Chen, 2025).

A vantagem da análise de sensibilidade é a sua simplicidade e transparência, sendo facilmente aplicável e intuitiva para comunicar resultados às partes interessadas (Chen, 2025). Dada a sua utilidade na avaliação preliminar de riscos, a maioria das empresas utiliza a análise de sensibilidade nas suas práticas de orçamentação de capital (Huikku et al., 2025).

Contudo, a presente técnica também apresenta limitações. A análise de sensibilidade não atribui probabilidades às mudanças nas variáveis, ou seja, indica o efeito de uma variação, mas não informa quão provável é tal variação (Brealey et al., 2011). Além disso, esta técnica ignora a interdependência entre variáveis, podendo subestimar o risco total do projeto se as variáveis estiverem correlacionadas (Chen, 2025).

Apesar das limitações, a análise de sensibilidade continua a ser valiosa para alertar os gestores sobre as variáveis que merecem maior atenção e realizarem esforços de mitigação das suas variações (Chen, 2025).

2.7.2. Análise de cenários

A análise de cenários avalia o impacto de variações conjuntas em múltiplos parâmetros do projeto (Damodaran, 2012). Esta técnica consiste em construir cenários distintos que combinam diferentes níveis para as variáveis-chave, refletindo possibilidades futuras coerentes entre si, normalmente através de três cenários possíveis: um caso otimista, um caso pessimista e um caso base esperado (Chen, 2025). Para cada cenário, calcula-se novamente as variáveis e o indicador de desempenho do projeto, como o VAL e a TIR (Brealey et al., 2011).

Assim sendo, a análise de cenários permite que os gestores observem combinações diferentes mas consistentes de variáveis (Brealey et al., 2011), sendo particularmente relevante na tomada de decisão quando a probabilidade de eventos futuros é incerta (Chen, 2025).

Deste modo, a presente técnica complementa a análise de sensibilidade ao considerar cenários alternativos plausíveis com a inter-relação de variáveis (Brealey et al., 2011), oferecendo uma perspetiva mais holística da incerteza e contribuindo para decisões de investimento mais robustas.

2.7.3. Análise do ponto crítico

O ponto crítico de um projeto representa o limiar a partir do qual o investidor se encontra numa situação de indiferença relativamente à decisão de investimento. Esta ferramenta revela-se particularmente útil como complemento às análises de sensibilidade e de cenários, na medida em

que alerta para a severidade de potenciais erros de previsão (Hillier et al., 2016). Ao contrário da simples previsão de um cenário, a análise do ponto crítico centra-se na identificação de uma margem de segurança para o volume de vendas, assegurando que os gestores compreendem a robustez do projeto perante desvios desfavoráveis. Neste sentido, a técnica procura dar resposta à questão fundamental de "quanto é que as vendas podem cair antes do projeto começar a perder dinheiro" (Brealey et al., 2011).

É fundamental diferenciar duas tipologias de ponto crítico: o contabilístico e o financeiro (baseado no VAL). O ponto crítico contabilístico verifica-se quando as receitas do projeto igualam os custos totais (incluindo depreciações e impostos), resultando num lucro líquido nulo (Hillier et al., 2016). Contudo, um projeto que atinja apenas o *break-even* contabilístico apresentará, muito provavelmente, um VAL negativo, dado que este cálculo negligencia o custo de oportunidade do capital investido (Brealey et al., 2011). Em contrapartida, o ponto crítico financeiro corresponde ao nível de vendas para o qual o VAL do projeto é exatamente zero (Hillier et al., 2016). Brealey et al. (2011) enfatizam que este é o indicador mais relevante para a criação de valor, uma vez que garante que o projeto não só cobre os custos operacionais e de investimento, mas também gera retorno suficiente para remunerar o custo de capital dos acionistas.

2.7.4. Simulação de Monte Carlo (SMC)

A análise de sensibilidade e a análise de cenários são ferramentas comuns de análise de risco. No entanto, estas apresentam limitações. Enquanto que a análise de sensibilidade foca na alteração de uma variável de cada vez, a análise de cenários baseia-se em casos que envolvem diversas variáveis em simultâneo, permitindo, por exemplo, a assunção de cenários extremos (cenário otimista e pessimista). Estas características tornam difícil avaliar o risco do projeto, pois raramente as variáveis irão alterar de forma singular ou assumir valores extremos em simultâneo. Além disso, estas abordagens tendem a ser estáticas, baseando-se em valores fixos ou casos base para as variáveis input, e ignoram a interdependência entre variáveis (Purnus & Bodea, 2013). No entanto, os inputs são influenciados por diversos fatores externos, pelo que o projeto está sujeito ao risco da variação sistemática desses parâmetros (Raychaudhuri, 2008). Uma vez que as análises anteriores, consideradas como modelos determinísticos, falham em capturar tal risco, a SMC surge como uma alternativa útil para ultrapassar estas limitações.

A SMC é um método probabilístico que se baseia em amostragens aleatórias repetidas e análises estatísticas para calcular os resultados (Raychaudhuri, 2008), permitindo realizar uma análise de risco quantitativa através da transformação da incerteza em probabilidades mensuráveis (Purnus & Bodea, 2013). Ao contrário de uma análise estática, este método gera continuamente valores aleatórios para criar múltiplos cenários possíveis (Purnus & Bodea, 2013), permitindo obter projeções que não são excessivamente otimistas ou pessimistas (Neto et al., 2002).

Após o desenvolvimento do modelo estático que estabelece as relações matemáticas entre as variáveis de input e os outputs desejados (por exemplo, o VAL), são atribuídas probabilidades às variáveis incertas (Raychaudhuri, 2008). Este passo exige dados históricos dos inputs, de modo a ajustar os dados a uma distribuição e estabelecer funções de probabilidade associadas a cada variável (Raychaudhuri, 2008). O sistema computacional gera conjuntos de números aleatórios

baseados nas distribuições definidas, considerando as relações entre as variáveis através da combinação de cenários completos. Os resultados serão mais representativos à medida que aumentam as tentativas de interação/simulação entre variáveis (Neto et al., 2002; Raychaudhuri, 2008). Os outputs resultantes das múltiplas interações são agregados numa distribuição de frequência, possibilitando a avaliação estatística das probabilidades de ocorrência desses cenários, como a média, o desvio padrão e os intervalos de confiança para a viabilidade do projeto (Purnus & Bodea, 2013).

2.7.4.1 Distribuição de probabilidades

A precisão da SMC depende intrinsecamente da correta definição das funções de densidade de probabilidade para as variáveis. Purnus e Bodea (2013) destacam que as variáveis podem seguir distribuições discretas ou contínuas.

As principais distribuições de probabilidade discretas são as seguintes:

- Distribuição uniforme discreta: Descreve uma situação com um número reduzido de possibilidades, onde cada uma detém a mesma probabilidade de ocorrência (Purnus & Bodea, 2013). Se existem n valores possíveis, a função de probabilidade é dada por:

$$P(X = x_i) = P(x_i) = \frac{1}{n}, \qquad para\ x_i = x_1, x_2, \dots, x_n. \tag{8}$$

- Distribuição binomial: Adequada para situações com apenas dois resultados possíveis, como sucesso ou fracasso. Assume que a probabilidade de "sucesso" (p) é a mesma para cada experiência e que as experiências são independentes (Purnus & Bodea, 2013). Sendo n o número de experiências e x o número de sucessos, a fórmula da distribuição binominal é descrita como:

$$P(X = x_i) = \ P(x_i) = \frac{n}{x_i} p^{x_i}(1-p)^{n-x_i}, \qquad para\ x_i = 0{,}1, \dots, n. \tag{9}$$

- Distribuição de Poisson: Aplica-se a eventos aleatórios independentes, onde a variável representa o número de eventos que podem ocorrer num determinado período de tempo (Purnus & Bodea, 2013). Sendo λ o número médio de eventos em um tempo específico, a distribuição de Poisson pode ser calculada com a expressão:

$$P(X = x_i) = \ P(x_i) = \frac{\lambda^{x_i} e^{-\lambda}}{x_i!} \tag{10}$$

Relativamente às contínuas, as distribuições de probabilidade mais comuns incluem:

- Distribuição contínua uniforme: Indicada quando uma variável está uniformemente distribuída num intervalo $[a, b]$ (Purnus & Bodea, 2013). A probabilidade de a variável assumir um valor dentro desse intervalo é constante, sendo a fórmula dada por:

$$P(X = x_i) = P(x_i) = \frac{1}{b-a}, \qquad para\ a \leq x_i \leq b. \tag{11}$$

— Distribuição normal (ou Gaussiana): Descreve características populacionais ou quantidades que resultam da soma de outras variáveis (Purnus & Bodea, 2013). Caracterizando-se pela forma simétrica de sino, a função de probabilidade é dada por:

$$P(X = x_i) = P(x_i) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} exp\left(-\frac{(x_i - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{12}$$

— Distribuição triangular: Descreve os valores de probabilidade de uma variável através de três parâmetros, isto é, o valor mínimo (a), o valor mais provável (b) e o valor máximo (c). Assume-se que a probabilidade de atingir os valores extremos (mínimo e máximo) é zero, sendo frequentemente usada quando a informação histórica é escassa (Purnus & Bodea, 2013). A fórmula é representada por:

$$P(X = x_i) = P(x_i) = \begin{cases} \frac{2(x_i - a)}{(b-a)(c-a)}, para\ a \leq x_i \leq b \\ \frac{2(c - x_{i)}}{(c-a)(c-b)}, para\ b \leq x_i \leq c \end{cases} \tag{13}$$

No contexto de avaliação de projetos, a escolha adequada destas distribuições permite modelar o comportamento das variáveis de forma mais realista do que a simples atribuição de um valor médio.

2.7.4.2 Vantagens da Simulação de Monte Carlo

No âmbito da avaliação de projetos de investimento, a estimativa de fluxos de caixa futuros reveste-se de alguma complexidade, dado que se fundamenta em previsões sobre acontecimentos que ainda não ocorreram. Devido a esta incerteza quanto ao futuro, tais estimativas são inevitavelmente suscetíveis a variações que podem comprometer a fiabilidade de modelos estáticos (Neto et al., 2002).

A SMC surge como uma resposta a essa limitação, através da substituição de valores fixos por distribuições de probabilidade capazes de modelar a possibilidade de ocorrência de múltiplos resultados distintos (Raychaudhuri, 2008). Deste modo, a principal vantagem desta metodologia reside na sua capacidade de considerar os aspetos relevantes do risco inerente às estimações e reduzir significativamente a influência subjetiva do projetista (Neto et al., 2002).

Estudos comparativos demonstram que, embora existam métodos semi-probabilísticos mais simples e rápidos (como a abordagem dos Três Cenários), a SMC é reconhecida pela precisão dos seus resultados (Purnus & Bodea, 2013). Ao fornecer uma distribuição de probabilidades para o VAL, a SMC permite aos gestores não apenas saber se um projeto é viável no caso base, mas qual

a probabilidade efetiva dessa viabilidade se concretizar num ambiente incerto, pois permite analisar o VAL médio do potencial investimento, a sua volatilidade e outras sensibilidades (Raychaudhuri, 2008).

3. Estudo de caso

O estudo de caso apresentado consiste na avaliação financeira de um projeto de produção de Bio-LNG, isto é, um combustível mais limpo derivado do biometano e que substitui o gasóleo tradicional. Nesta secção, a relevância do projeto será enquadrada no cenário macroeconómico e será elaborada uma apresentação do mesmo, nomeadamente as suas receitas, custos e riscos.

3.1. Enquadramento macroeconómico

O setor energético e, em particular, o das energias renováveis e dos combustíveis alternativos, encontra-se fortemente condicionado pela evolução das políticas europeias e pelo respetivo impulso dado à transição energética. Neste sentido, será analisada a legislação europeia, a evolução da adoção das energias renováveis e a perspetiva para os biocombustíveis, dado o seu papel central na redução da dependência de combustíveis fósseis e no cumprimento das metas climáticas da União Europeia (UE).

3.1.1. Legislação europeia

As energias renováveis e os gases com baixo teor de carbono, como o biometano, desempenham um papel fundamental na execução dos objetivos estabelecidos pela legislação da UE.

Quando se trata do ambiente, a legislação europeia mais importante é o *European Green Deal*. Lançado em 2019, este pacto consiste num pacote de iniciativas estratégicas que colocou a UE na via rumo à transição ecológica, com o objetivo de alcançar a neutralidade climática até 2050. A visão do *European Green Deal* é tornar a UE a primeira região do mundo a atingir a neutralidade climática até 2050, cortar na poluição e restabelecer um equilíbrio saudável na natureza e nos ecossistemas. Entre os diversos objetivos, o pacto inclui a redução das emissões de Gases com Efeito de Estufa (GEE), a promoção de fontes de energia renováveis, a transição para uma economia circular e transportes sustentáveis, revelando a sua importância para a indústria do biometano.[2]

Contudo, uma vez que o quadro político da época seria insuficiente para cumprir as metas, foi introduzido o pacote *Fit-for-55* que aumentou a meta de redução das emissões de GEE para 2030 de 40% para 55% em relação aos níveis de 1990 e propôs várias alterações relevantes para o setor do biometano, tais como a *Renewable Energy Directive* (RED) e a *FuelEU Maritime*.[3]

[2] European Green Deal - Conselho Europeu

[3] Fit-for-55 - Conselho Europeu

A RED estabelece metas para o aumento da utilização de energias renováveis. Em 2009, foi introduzida a RED I que definiu, como meta da UE, 20% de energias renováveis até 2020. Em 2018, a RED foi revista e surgiu a RED II com uma meta de 32% de energias renováveis até 2030. Em 2021, como parte do pacote *Fit-for-55*, foi proposto aumentar o objetivo para 40%. No entanto, menos de um ano depois, na sequência da invasão da Ucrânia pela Rússia e da necessidade de acelerar a independência da UE dos combustíveis fósseis, foi proposto aumentar ainda mais a meta para 45% até 2030. Assim, emergida em 2023, a RED III estabelece uma meta global de energia renovável de pelo menos 42,5% vinculativa ao nível da UE até 2030, mas com o objetivo de atingir 45%. Existem também metas específicas para a indústria e os edifícios, nomeadamente ao nível do aquecimento, da refrigeração e da energia. Uma vez que o biometano pode ser utilizado em cada um destes setores como um substituto natural, estes objetivos proporcionam incentivos do lado da procura para a adoção do biometano.[4] Além disso, a RED especifica que determinados biocombustíveis (provenientes de resíduos, materiais celulósicos não alimentares e materiais lignocelulósicos [5]) podem ser contabilizados duas vezes para efeitos de cumprimento das obrigações impostas ao setor e de consecução das metas nacionais, aumentando também a procura por este tipo de combustível. No entanto, com a implementação da RED II, a permanência deste sistema encontra-se ao critério dos países, sendo passível de ser eliminado com o objetivo de conferir maior transparência ao processo e evitar entradas externas de biocombustíveis erradamente contabilizados como sustentáveis.[6]

Ainda como parte da estratégia *Fit-for-55*, a UE propôs o pacote legislativo *FuelEU Maritime*. Esta proposta legislativa visa diminuir as emissões de GEE provenientes do transporte marítimo doméstico e internacional. As metas garantirão que a intensidade dos GEE dos combustíveis utilizados no setor diminua gradualmente ao longo do tempo, começando com uma redução de 2% até 2025 em relação a 2020, aumentando até 80% em 2050.[7]

Por último, existem também mecanismos legislativos que podem incentivar indiretamente a produção e o consumo de combustíveis renováveis, através da redução da diferença de custo entre os combustíveis fósseis e os renováveis, tais como a *Energy Taxation Diective* (ETD) e o *European Union Emissions Trading System* (EU ETS).

A ETD entrou em vigor em 2003 e estabeleceu uma tributação mínima sobre os produtos energéticos utilizados como combustível para motores, aquecimento e eletricidade. O objetivo seria permitir aos países da UE reduzir a taxa de imposto para zero, quando legalmente possível, para as indústrias e os agregados familiares com utilização intensiva de energia e para todas as indústrias no caso da eletricidade proveniente de fontes renováveis.[8] Em 2021, a fim de refletir os compromissos da UE no âmbito do pacote *Fit-fo-55*, foi proposta uma revisão à Diretiva para alinhar a tributação dos produtos energéticos com as políticas da UE, promover tecnologias limpas e eliminar isenções desatualizadas e taxas reduzidas que incentivavam o uso de combustíveis fósseis.[9]

[4] Renewable Energy Directive - Comissão Europeia

[5] Recursos renováveis de origem vegetal.

[6] Dupla Contagem - RED

[7] FuelEU Maritime - Comissão Europeia

[8] EU Energy Taxation Directive - European Council for an Energy Efficient Economy

[9] Energy Taxation - Comissão Europeia

O EU ETS, lançado em 2005, é o primeiro mercado de carbono do mundo, obrigando os poluidores a pagar pelas suas emissões de GEE. Este sistema abrange as emissões dos setores da produção de eletricidade e aquecimento, da indústria transformadora e da aviação, que representam cerca de 40% do total das emissões de GEE na UE. Baseando-se num princípio de "cap and trade", *cap* refere-se ao limite total de GEE que pode ser emitido pelas instalações e operadores abrangidos pelo âmbito do sistema. Este limite é expresso em licenças de emissão, que são vendidas em leilões e podem ser negociadas, sendo que uma licença dá direito a emitir uma tonelada de CO2. O limite diminui anualmente para garantir a diminuição das emissões globais ao longo do tempo conforme a meta climática da UE.[10]

3.1.2. Adoção de energias renováveis

Nos últimos anos, a transição energética acelerou acentuadamente, devido ao impulso dado pelas políticas governamentais e estratégias industriais.

Conforme se observa no Gráfico 1, entre 2006 e 2022, é visível o crescimento do papel das energias renováveis no fornecimento de energia, embora ainda em menor escala quando comparadas às não renováveis. Ainda assim, apesar do fornecimento proveniente de fontes fósseis se manter dominante ao longo de todo o período, observa-se uma estabilização nos últimos anos, contrastando com o aumento das renováveis.

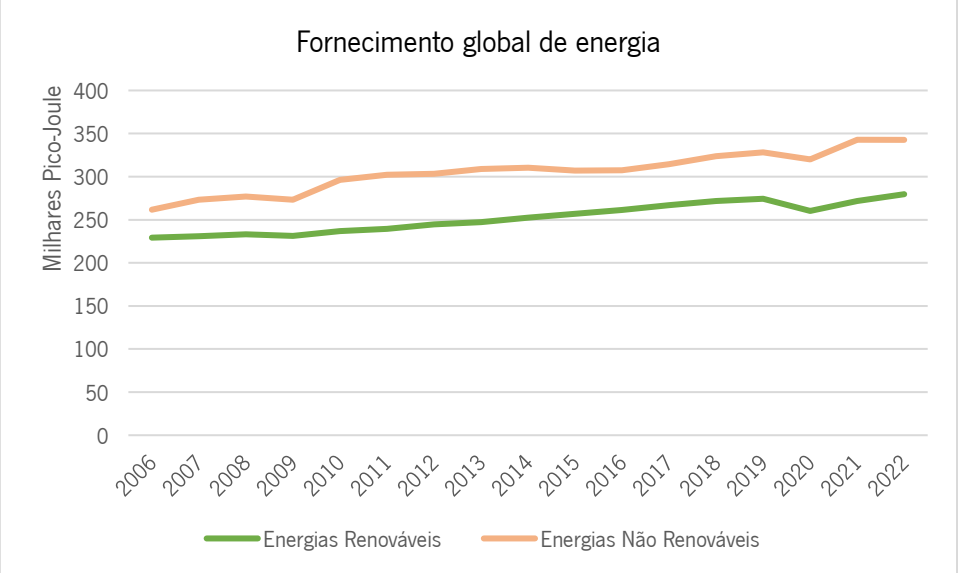


Gráfico 1: Fornecimento global de energia 2006-2022. Elaboração própria. Fonte: International Energy Agency (IEA).

Apesar das energias não renováveis continuarem a ter uma expressão significativa, o crescimento sustentado das renováveis indica uma gradual redução da dependência de combustíveis fósseis. De acordo com o *World Energy Outlook 2024* [11], produzido pela *International Energy Agency* (IEA), em 2023, o abastecimento global de eletricidade foi fornecido em 30% pelas energias renováveis,

[10] EU Emissions Trading System - Comissão Europeia

[11] World Energy Outlook 2024 - IEA

enquanto o fornecimento por combustíveis fósseis diminuiu para 60%, a sua quota mais baixa em 50 anos. Considerando um cenário de políticas declaradas – que engloba as medidas em vigor e as formalmente anunciadas – o *World Energy Outlook 2025* [12] projeta que a participação dos combustíveis fósseis diminua de 60% em 2024 para menos de 40% em 2035 e apenas 20% em 2050. Deste modo, a IEA prevê que as fontes de energia com baixas emissões de GEE, lideradas pelas renováveis, irão aumentar mais rapidamente do que a procura de eletricidade, reduzindo assim a quota dos combustíveis fósseis na produção de eletricidade.

No entanto, ainda que as políticas governamentais tenham sido fundamentais para este progresso energético, permanece incerto como esses incentivos evoluirão e se serão suficientes para sustentar o ritmo de transição.

3.1.3. Perspetiva para os biocombustíveis

Além das políticas de apoio governamentais, o mercado de biocombustíveis também é amplamente influenciado pela procura.

Segundo o *Agricultural Outlook* 2025-2034 da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico (OCDE), prevê-se que o crescimento dos biocombustíveis abrande nos países de rendimento elevado, devido à estagnação da procura, resultante da adoção de veículos elétricos e da redução dos incentivos políticos. Apesar dos países de rendimento médio compensarem parte desse abrandamento, prevê-se que o crescimento do uso global será menor do que no passado, tal como evidenciado no Gráfico 2. É expectável que o consumo de biocombustíveis cresça significativamente em economias emergentes, como o Brasil e a Indonésia, enquanto a UE e os EUA enfrentarão um crescimento mais lento.[13]

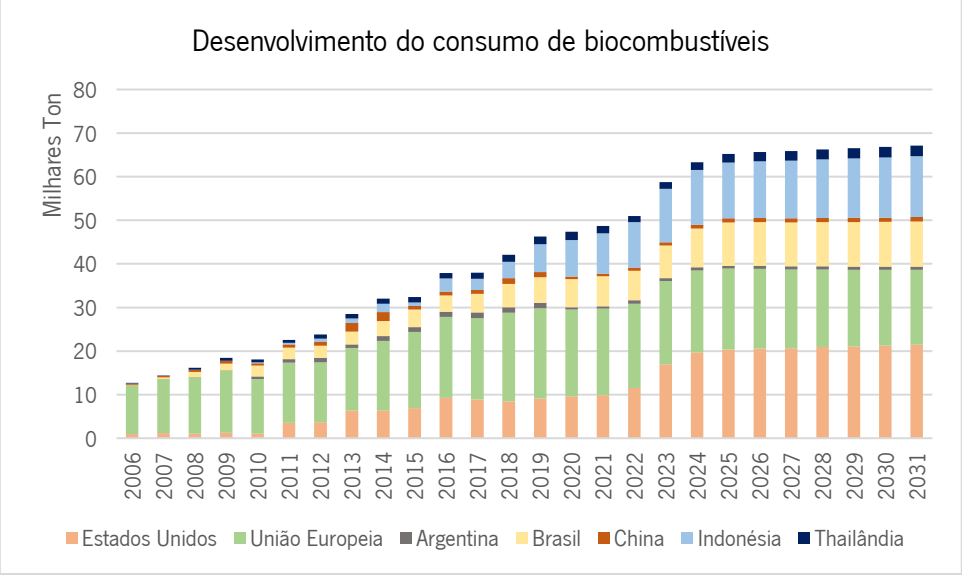


Gráfico 2: Desenvolvimento do consumo de biocombustíveis 2006-2031. Elaboração própria. Fonte: OCDE.

[12] World Energy Outlook 2025 - IEA

[13] Agricultural Outlook 2025-2034 - OCDE

O Gráfico 3 apresenta a evolução do preço dos biocombustíveis. Após um pico em 2022, os preços diminuíram em 2024 devido à queda dos preços do petróleo e à oferta abundante de matéria-prima. Posteriormente, as projeções da OCDE indicam um aumento gradual nos preços nominais dos biocombustíveis até 2034, em linha com os preços da energia e das matérias-primas. No entanto, em termos reais, prevê-se que os preços diminuam ao longo da próxima década, pelo que o apoio governamental continuará a ser necessário para compensar os custos de produção mais elevados dos biocombustíveis em comparação com os combustíveis fósseis. [13]

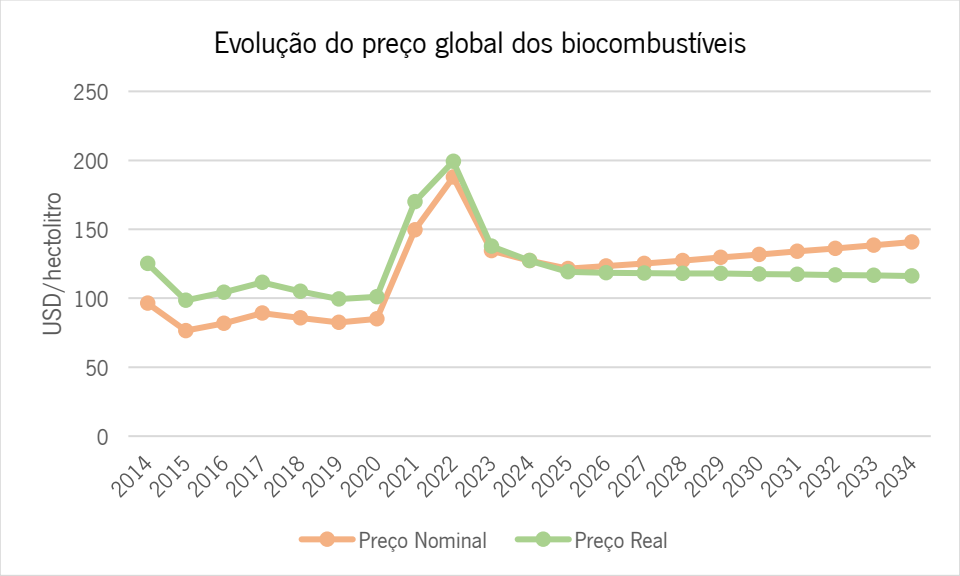


Gráfico 3: Evolução do preço global dos biocombustíveis 2014-2034. Elaboração própria. Fonte: OCDE.

Ainda assim, de um modo geral, a OCDE prevê que o comércio global de biocombustíveis irá permanecer praticamente estável, conforme indicado no Gráfico 4. Apesar de países com forte capacidade de produção interna, como Índia, Indonésia e Brasil, responderem à sua própria procura, a UE permanece como um ator fundamental no top 5 exportadores de biocombustíveis.[14]

[14] Os Top 5 exportadores são: China, EUA, EU, Canadá, Malásia.

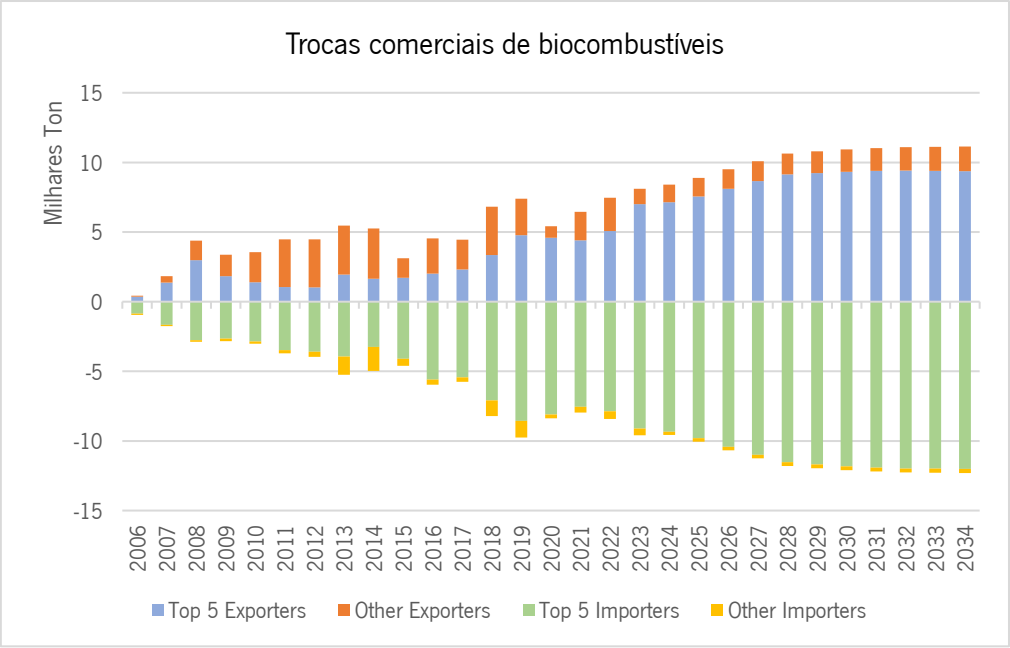


Gráfico 4: Trocas comerciais (exportações e importações) de biocombustíveis. Elaboração própria. Fonte: OCDE.

Posto isto, os biocombustíveis continuarão a desempenhar um papel importante como alternativa renovável aos combustíveis fósseis para os transportes. Em particular, prevê-se que o mercado global de camiões a LNG [15] deverá crescer a uma taxa anual de crescimento de 12.9% no período 2023-2029, destacando a crescente adoção de LNG devido aos seus benefícios ambientais e incentivos governamentais.[16] À medida que cresce a consciência sobre os efeitos nocivos das emissões de carbono, aumenta a procura por veículos movidos a LNG.

3.2. Caracterização do projeto

Alinhada com a legislação europeia, a empresa procura impulsionar a transição energética, construindo um portfólio diferenciado de ativos em energias renováveis, economia circular e compensação de CO2.

Na vertente da economia circular, a empresa já possui projetos que seguem uma lógica de *waste-to-value*. Com um modelo de negócio assente numa visão de sustentabilidade, a empresa procura criar valor através da utilização de matérias-primas residuais e sustentáveis, promovendo a eficiência e a descarbonização energética. Em Portugal, a empresa já possui 16 ktpa em operação com projetos de produção de biodiesel, mas a meta de desenvolvimento é de 150 ktpa em 2027, através do desenvolvimento de projetos *waste-to-BioLNG* na Polónia.

O projeto em estudo enquadra-se nestes planos para a economia circular. Com uma vida útil de 15 anos, o projeto consiste na conversão de resíduos em biometano, um combustível mais limpo substituto do gasóleo tradicional.

[15] Um camião a LNG é um veículo que utiliza gás natural liquefeito (Liquified Natural Gas – LNG) como combustível.

[16] LNG Truck Market

Em Portugal, é comum utilizar o biometano como gás natural para a eletricidade canalizada, mas este também poderá ser utilizado como biocombustível. O objetivo do projeto é produzir um biocombustível através de resíduos. Enquanto que o metano é de origem fóssil, o biometano é de origem biológica, resultando da degradação de matéria orgânica. Ainda que seja possível produzir biometano através de qualquer matéria orgânica, o projeto em estudo visa avançar na sustentabilidade. De modo a priorizar o maior uso dos recursos, não será utilizada qualquer matéria orgânica para a produção, nomeadamente a que possa convir para alimento animal. A matéria-prima utilizada para a produção serão resíduos sem qualquer outro destino ou valorização possível, possibilitando assim a produção de um combustível carimbado como avançado. Tal certificação de sustentabilidade segue as regras da RED e origina uma *Proof of Sustainability* (*PoS*), isto é, um documento oficial que verifica as credenciais de sustentabilidade dos biocombustíveis.[17] De modo a garantir que os biocombustíveis são produzidos, obtidos e entregues de acordo com rigorosos padrões ambientais e regulatórios, a PoS contabiliza as emissões de GEE desde a retirada da matéria-prima até à entrega do biometano nas estações de serviço onde será usado. Naturalmente, quanto maior a distância da produção até à estação, mais emissões estarão associadas ao produto, pelo que é necessário localizar estrategicamente as infraestruturas de produção.

Ao nível da produção, o processo encontra-se representado na Figura 1. As matérias-primas, no caso, o estrume animal e o desperdício agrícola, são decompostas por microrganismos, resultando na produção de biogás. O biogás é metade metano e metade dióxido de carbono, pelo que é separado por um processo conhecido como digestão anaeróbia. Apesar de parte do biogás ser destinada a cogeração para produzir energia para autoconsumo na produção, o remanescente irá produzir biometano e CO2. Uma vez que não existe rede no local para injetar o gás, o biometano tem de ser liquefeito, originando Bio-LNG que é facilmente armazenado em tanques e transportado em camiões. O CO2 também é de origem biológica e, por isso, tem valor de mercado. Ainda que pudesse ser libertado na atmosfera pelo seu processo natural, este será submetido ao mesmo processo de liquefação, resultando em Bio-LCO2 que será vendido. Além disso, após o processo biológico da produção de biogás, remanesce o digerido. Apesar de não ter elevado valor económico, o digerido é um fertilizante orgânico capaz de repor os nutrientes ao solo de forma imediata e é menos poluente que o estrume, pelo que será vendido aos fornecedores de matéria-prima ou demais agricultores.

A produção prevista é 800 nm3/h[18] de biogás, que posteriormente resultará em 8 toneladas por dia (tpd) de Bio-LNG, 15 tpd de Bio-LCO2 e 108 000 tpa de digerido líquido.

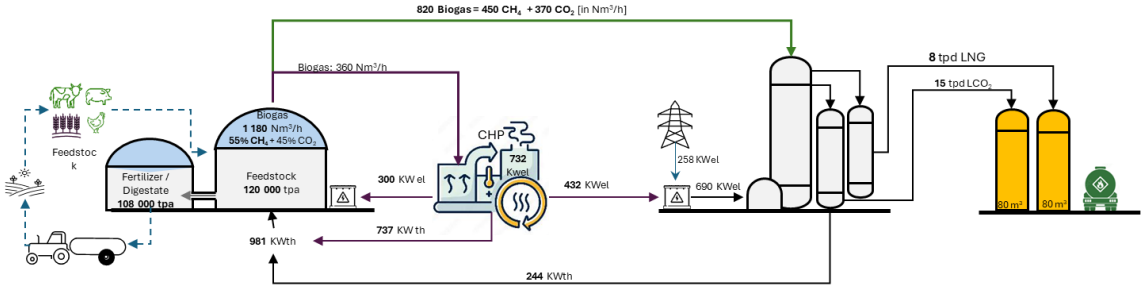


Figura 1: Tecnologia de produção.

[17] Proof of Sustainability

[18] Normal metro cúbico por hora

3.2.1. Mercado: Alemanha

Os contratos de compra de Bio-LNG preveem a entrega a postos de abastecimento na Alemanha, sendo a produção total vendida apenas a um cliente.

As metas agressivas da Alemanha em matéria de combustíveis renováveis tornam este país um mercado altamente atrativo para vendedores de biocombustíveis. Em 2019, a Alemanha consagrou as suas metas climáticas em lei federal com o objetivo de atingir a neutralidade de GEE até 2045. [19]

A fim de atingir tal objetivo ambicioso, a Alemanha terá de ir além da transição de combustíveis fósseis para energia renovável nos setores da energia, transportes, indústria e construção, e terá de caminhar para uma economia circular. Como tal, a Alemanha adotou a *National Circular Economy Strategy* (NCES) que se foca na redução de matérias-primas primárias, com o objetivo de evitar a criação de resíduos desde o início, através de uma escada de 10 R's.[20] Neste sentido, a economia circular oferece oportunidades para novos modelos de negócio circulares, reduz a necessidade de matérias-primas primárias e torna a Alemanha mais competitiva ao diminuir a dependência de importação de matérias-primas de países, por vezes, instáveis. Ao implementar sistematicamente todas as dez estratégias R, a economia circular tem o potencial de reduzir as emissões industriais de GEE na Alemanha, na Europa e globalmente em 30% a 50% até 2050.

Assim sendo, o mercado alemão torna-se atrativo pela sua forte valorização das reduções de emissões de GEE. De modo a cumprir as metas, as empresas terão de ir além da transição da eletricidade para fontes renováveis, como os painéis solares, e terão também de substituir os combustíveis que utilizam nas suas operações. Neste sentido, aumenta a procura por biocombustíveis, nomeadamente biometano avançado. O cliente para o Bio-LNG encontra-se na área da comercialização de combustíveis, pelo que, em vez de captar o gás da rede e liquefazer, irá comprar o biometano avançado no estado líquido e poderá entregar diretamente às estações de serviço.

Ainda que não apresentem uma valorização de mercado tão elevada quanto a Alemanha, a Espanha, a Itália, a França e a Polónia também surgem como mercados alternativos. A Espanha, a Itália e a França possuem um mercado considerável, bem como legislação que historicamente se mantém em linha com as trajetórias da RED, o que impulsiona o crescimento da procura. Além do apoio legislativo suficiente, a Polónia também adotou recentemente um projeto para facilitar o desenvolvimento de projetos de biogás e biometano, através de incentivos que garantem indiretamente um mercado decente para os fornecedores. [21]

3.2.2. Produção: Polónia

As instalações para a produção do projeto irão situar-se na Polónia. Ainda que seja uma nova geografia para a empresa, o projeto tem o suporte de um parceiro local que conhece a localização

[19] Germany's Climate Action Strategy

[20] R0-R2 (recusar, repensar, reduzir) concentram-se na prevenção. R3-R7 (reutilizar, reparar, renovar, remanufactura, reutilizar) enfatizam o prolongamento da vida útil dos produtos. R8-R9 (reciclar, recuperar) focam na melhoria da reciclagem e outros processos que otimizem a eficiência dos recursos.

[21] Biogas and biomethane in Poland – Investment Prospects

e a legislação e que, por isso, possui algumas responsabilidades, como a obtenção de licenciamento, a procura de fornecedores e de vendedores para o digerido.

Uma vez que o produto será vendido na Alemanha, o ideal seria produzir no mesmo país. No entanto, o mercado alemão de biogás já se encontra fortemente desenvolvido e, por isso, saturado para novas instalações. Além disso, também é necessário garantir toda a cadeia de operações a montante, nomeadamente a disponibilidade de matéria-prima. Enquanto que na Alemanha seria difícil obter matéria-prima devido à elevada concorrência, a Polónia é um país com uma área agrícola representativa, facilitando o acesso a estrume animal e a desperdício agrícola.

Apesar de não ser possível instalar-se na Alemanha, a escolha da localização na Polónia é estratégica. A empresa irá construir as suas instalações em Chociwel, uma cidade no noroeste da Polónia próxima da fronteira com a Alemanha (ver Figura 2).



Figura 2: Mapa da localização das infraestruturas de produção.

A produção irá localizar-se próxima do ponto de venda, mas em um mercado ainda em expansão. Na Polónia, existem poucas infraestruturas de digestão anaeróbia, focadas maioritariamente na produção de biometano para eletricidade, pelo que a concorrência é baixa.

Contudo, Chociwel também tem uma desvantagem. O facto de a rede ser limitada não permite a injeção do biometano no seu estado gasoso, pelo que o projeto considera a liquefação do biometano para Bio-LNG. Ainda que se torne mais dispendioso, o projeto continua a ser relevante devido à sua sustentabilidade acrescida que torna possível a produção de um biometano avançado. Apesar de na rede existir muito gás natural de origem fóssil, as empresas procuram combustíveis que permitam uma maior redução das emissões de GEE, como é o caso do Bio-LNG.

3.2.3. Receitas do projeto

As receitas do projeto consistem no valor de venda do Bio-LNG, do Bio-LCO2 e do digerido produzidos.

No caso do Bio-LCO2 e do digerido, a receita originada representa apenas 3% das vendas. Dada a sua pequena relevância no projeto, o preço de venda destas componentes foi assumido com base na oferta inferior obtida, correspondendo a 120 PLN/ton para o Bio-LCO2 e 10 PLN/ton para o digerido.

Uma vez que o Bio-LNG é o foco do projeto em estudo, o seu preço foi definido com base num estudo de mercado solicitado a uma empresa independente de inteligência de mercado, nomeadamente nos mercados globais de energia.

O preço do Bio-LNG segue a avaliação do biometano no mercado de transportes baseada nos GEE, em que a redução das emissões é um fator determinante do preço. Deste modo, o preço inclui a totalidade do preço do gás natural, baseado no índice holandês "Title Transfer Facility" (TTF)[22], e 65% da quota de GEE (*Advanced Ticket*). O preço do gás natural é utilizado como referência devido à sua similaridade, sendo o biometano frequentemente designado como gás natural renovável. O *Advanced Ticket* consiste na disposição dos participantes do mercado para pagar por *tickets* de CO2. Quando as empresas gastam menos CO2 do que o limite, vendem direitos de utilização a empresas que gastam mais CO2 do que deveriam. Este *ticket* é adicionado ao preço do gás natural para determinar o prémio do biometano no mercado de transportes alemão, uma vez que é uma fonte de energia verde. Além disso, como é um gás certificado como avançado, é elegível para a dupla contagem da RED, o que significa que a redução de GEE é contabilizada pelo dobro. De modo a cumprir as metas de redução previstas pela UE, a procura por este tipo de gases aumenta e, consequentemente, o preço é mais elevado. No entanto, a RED II prevê que a dupla contagem poderá manter-se apenas em alguns países. No caso da Alemanha, o *draft* da transposição da RED considera a eliminação da dupla contagem, deixando de permitir que os biocombustíveis avançados sejam contabilizados duas vezes na quota de GEE.[23] Ainda assim, é expectável que o mercado ajuste e o preço se mantenha elevado. Na hipótese de não existir dupla contagem, as empresas terão de comprar o dobro de biocombustível avançado para atingir as metas de igual forma, pelo que a procura irá aumentar, refletindo-se num ajustamento do preço.

A receita proveniente do Bio-LNG equivale à soma do TTF e do *Advanced Ticket*, multiplicada pela produção de Bio-LNG, mas o seu recebimento será faseado. A 30 dias, será pago o valor correspondente ao TTF. A 45 dias, será paga a *top-up* da quota de GEE, que corresponde a 95 €/MWh de Bio-LNG, excluída do TTF já pago. Por fim, a 90 dias, será paga a quota restante.

3.2.4. Custos do projeto

Os custos do projeto, também conhecidos como OPEX, englobam diversos custos.

Primeiramente, temos o custo da matéria-prima. De modo a iniciar a produção na central, prevista para novembro de 2026, a empresa pagará um custo inicial de matéria-prima no valor de 400 mil euros. Nos restantes anos de vida útil do projeto, o custo da matéria-prima é calculado consoante a necessidade de cada componente para a produção. O custo base de cada componente é atualizado, ao longo dos anos, pelo fator de inflação da Polónia. No modelo adotado, o fator de inflação da Polónia foi fixado em 1 até ao ano de referência dos preços (2024). Para o período entre 2025 e 2030, a sua evolução encontra-se indexada às estimativas da taxa de inflação do país, derivadas do relatório do Fundo Monetário Internacional (FMI) de outubro de 2023. A partir de 2030, a empresa assumiu que a taxa de inflação estabiliza, mas o fator de inflação continua a

[22] Índice holandês utilizado na determinação do metano.

[23] Germany Expected to End Double Counting of Advanced Biofuels

progredir, refletindo a acumulação anual dessa taxa constante. Os custos base de cada matéria-prima são apresentados na Tabela 1.

Matérias-primas	Valor base (PLN/ton)
Silagem de milho	102
Cortadelas de beterraba sacarina	102
Esterco bovino	129
Esterco suíno seco	129
Esterco líquido de galinha	129
Esterco de galinha	129
Esterco de aves	129
Água da rede	10

Tabela 1: Valor base das matérias-primas. Elaboração Própria. Fonte: Pressupostos internos da empresa.

De seguida, temos outros custos relacionados à operacionalidade do projeto, cujos valores base, apresentados na Tabela 2, serão atualizados consoante o fator de inflação da Polónia.

Custos Operacionais	Valor base (PLN)
Custos com o gerente da fábrica e o encarregado	155 000
Custos de manutenção e operação	3 105 000
Serviço de O&M	2 200 000
Seguro	70 000
Assuntos jurídicos	256 000
Imposto territorial	352 000
Outros custos fixos	144 000

Tabela 2: Valor base dos custos operacionais. Elaboração Própria. Fonte: Pressupostos internos da empresa.

Por último, temos o custo dos serviços empresariais, assumido ao longo do projeto como 5% das receitas, e o custo da eletricidade. Apesar do projeto em estudo englobar a produção de eletricidade para autoconsumo, a operacionalidade das infraestruturas exige mais eletricidade do que a própria capacidade de produção, pelo que a empresa terá também um custo associado à eletricidade proveniente de fontes externas. O custo da eletricidade consiste no valor base de 0,97 PLN/kWh que é atualizado pelo fator de inflação da Polónia e multiplicado pelo consumo líquido de eletricidade, ao longo do projeto.

3.2.5. Investimento e financiamento associado

O investimento previsto (CAPEX) refere-se ao montante necessário para investir nas fases preparatórias do projeto que englobam diversos custos.

Primeiramente, em 2022, foi realizada a compra do terreno estimada em 520 mil euros, sendo planeada a sua venda no fim da vida útil do projeto pelo mesmo valor. De seguida, em 2025, ocorrerá a fase de desenvolvimento que exige o pagamento do *KUKE* fee, isto é, a taxa cobrada

por uma Agência de Crédito à Exportação (ACE). Como instituição financeira, o papel de uma ACE é oferecer financiamento para facilitar as operações de exportação, de modo a eliminar a incerteza da exportação para outros países. Neste caso, a taxa associada a este serviço é 7,09%, o que corresponde a um valor de 1 573 mil euros. Entre 2023 e 2027, ocorrerão as despesas associadas aos edifícios e infraestruturas, aos processos e equipamentos e à diligência devida, isto é, o processo de investigação e análise que avalia a saúde, riscos e oportunidades do projeto. O plano de investimento é apresentado na Tabela 3:

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	Investimento Total (€ k)
% CAPEX	**2,2%**	**1,1%**	**1,0%**	**25,7%**	**44,6%**	**25,4%**	**100,0%**
Terreno	520	-	-	-	-	-	520
Desenvolvimento	-	-	-	1 573	-	-	1 573
Edifícios e Infraestruturas	-	72	66	1 256	2 930	1 675	5 998
Processos e Equipamentos	-	164	150	2 866	6 686	3 789	13 655
Diligência Devida	-	24	22	423	988	563	2 020
							23 766

Tabela 3: Investimento faseado realizado entre 2023 e 2027. Elaboração própria. Fonte: Dados internos da empresa.

O investimento totaliza um CAPEX no valor de 23 766 mil euros, sujeito em parte a um IVA de 23%, que será financiado com recurso a dívida e a capital próprio. A componente da dívida é desembolsada ao longo do desenvolvimento do projeto, financiando 80% do mesmo. Em 2025, ocorreu o levantamento do crédito relativo ao KUKE fee e ao investimento passado (estimado em cerca de 1 milhão de euros entre 2022 e 2024). Entre 2025 e 2027, ocorre o levantamento do remanescente crédito. O restante financiamento irá ocorrer com recurso a capital próprio. Além de um aumento do capital social em 5 milhões de euros em 2022, também é considerado um aumento do empréstimo de acionistas entre 2022 e 2028, consoante o financiamento de capital necessário.

Em relação ao IVA, nem todas as despesas de CAPEX estão sujeitas a impostos, mas ainda assim a dívida financiará o imposto que ocorre desde 2025, sendo o anterior financiado por capital próprio. No caso do financiamento do IVA por dívida, a mesma tem uma maturidade de 2 anos, pelo que a dívida de determinado ano será paga no próprio ano e no ano seguinte.

A estrutura de financiamento do projeto está resumida na Tabela 4, combinando mecanismos de dívida e capital próprio de forma equilibrada, de modo a garantir a cobertura completa das necessidades de investimento.

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	Total (€ k)
Dívida										**22 396**
Financiamento KUKE Fee	-	-	-	1 259	-	-	-	-	-	1 259
Financiamento Investimento Passado	-	-	-	814	-	-	-	-	-	814
Restante Financiamento	-	-	-	3 636	8 483	5 887	-	-	-	18 005
Financiamento do IVA do CAPEX	-	-	-	497	1 159	663	-	-	-	2 318
Capital Próprio										**10 063**
Aumento do Capital Social	5	-	-	-	-	-	-	-	-	5
Empréstimo de Acionistas - Exceto IVA	520	140	210	571	2 944	5 178	321	-	-	9 884
Empréstimo de Acionistas - IVA	120	28	26	-	-	-	-	-	-	174

Tabela 4: Resumo do financiamento por meio de dívida e de capital próprio. Elaboração própria. Fonte: Dados internos da empresa.

3.2.6. Riscos do projeto

O projeto apresentado apresenta diversos riscos.

Primeiramente, existe o risco externo de falta de conhecimento sobre a geografia e o mercado, o que poderá impactar o plano de negócios. Ainda que seja um risco aceitável, a empresa deverá investir no fornecimento de conhecimento e competências à equipa responsável pelo projeto, apoiar-se no suporte do parceiro local e acompanhar a evolução do conflito Rússia/Ucrânia e o respetivo impacto na estabilidade da Polónia, de forma a mitigar este risco.

De seguida, a um nível aceitável, considera-se o risco regulatório, pois o biometano é alvo de inúmeras regulações, permissões e normas ambientais. O projeto terá de estar em conformidade com os regulamentos sobre a matéria-prima, pois é fundamental para garantir uma maior redução de GEE e obter PoS. Neste sentido, além do apoio do parceiro local, a empresa completou as licenças necessárias na fase de investimento e realizou uma formação de *International Sustainability and Carbon Certification*.

Em relação à matéria-prima, existe o risco moderado associado à sua disponibilidade a longo-prazo. Ainda que já tenha sido identificada abundância de matéria-prima no local, o projeto é protegido por um contrato vinculativo de longo prazo para a totalidade das quantidades necessárias, incluindo sanções no caso de incumprimento do fornecimento.

Além disso, existem riscos associados à compra de Bio-LNG. Uma vez que existem incertezas sobre o futuro da legislação, o preço negociado com o comprador é variável. De modo a mitigar este risco elevado, a empresa dispôs de um estudo de mercado sobre as quotas de GEE e negociou contratos de longo prazo que preveem variações de preço em relação aos custos das matérias-primas, de modo a mitigar compressões de margem. Ademais, o comprador é uma das maiores empresas no mercado da bioenergia, pelo que oferece boas condições para uma compra total variável da produção. Contudo, esta dependência exclusiva de um único comprador para o Bio-LNG também representa um risco moderado. Como tal, é crucial negociar contratos de longo prazo para assegurar uma fonte de rendimento mais estável e, em simultâneo, analisar o mercado, estabelecer parcerias estratégicas e identificar novos clientes e mercados com o objetivo de melhorar o retorno do projeto e diversificar o risco.

Por último, existe ainda um risco considerado aceitável associado ao digerido. Apesar da venda de digerido aos agricultores ser considerada uma receita no plano de negócios, o custo de

armazenamento associado não é considerado. De forma a mitigar este risco, poderiam ser elaborados contratos bilaterais com os agricultores para a compra de matéria-prima e venda de digerido, bem como negociar com os mesmos para encontrar locais de armazenamento adicionais.

4. Aplicação prática

4.1. Estimação dos fluxos de caixa

Esta secção apresenta uma estimativa dos fluxos financeiros associados ao projeto, que servirão como input para posteriormente se determinar a viabilidade económico-financeira do investimento. Tal componente é calculada com base nos fluxos de caixa de investimento e de exploração, tendo em consideração a projeção das receitas e despesas ao longo da vida útil do projeto. De notar que todas as estimativas são realizadas com base nos dados internos fornecidos pela empresa. Ainda que a vida útil do projeto se estenda de 2027 a 2041, foram incluídos anos anteriores (2022-2026) para refletir os investimentos iniciais já realizados.

Os fluxos de investimento consideram o investimento inicial em ativos fixos tangíveis necessários para iniciar o projeto, descritos na secção 3.2.5, e a variação do investimento em *Net Working Capital* (NWC). Na fase inicial, entre 2022 e 2026, ainda que a empresa não possua *receivables* da venda dos produtos a comercializar, a variação no NWC ocorre com base nos *VAT receivables*, isto é, o recebimento do Imposto sobre o Valor Acrescentado (IVA) que será financiado. Os fluxos de investimento encontram-se na Tabela 5:

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Terreno	(520)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desenvolvimento	-	-	-	(1 573)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edifícios e Infraestruturas	-	(72)	(66)	(1 256)	(2 930)	(1 675)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Processos e Equipamentos	-	(164)	(150)	(2 866)	(6 686)	(3 789)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diligência Devida	-	(24)	(22)	(423)	(988)	(563)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Investimento em Ativos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	(120)	91	2	(471)	(662)	(616)	(135)	(75)	(48)	(7)	(31)	(42)	(35)	(37)	(44)	(43)	(19)	(18)	(14)	(36)
Fluxos de Investimento (€ k)	(640)	(169)	(236)	(6 589)	(11 266)	(6 643)	(135)	(75)	(48)	(7)	(31)	(42)	(35)	(37)	(44)	(43)	(19)	(18)	(14)	(36)

Tabela 5: Estimação dos fluxos de caixa de investimento.

De seguida, estimaram-se os fluxos de caixa associados ao período de exploração, que tem em consideração as receitas e os custos operacionais. As receitas operacionais correspondem à venda do Bio-LNG, do Bio-LCO2 e do digerido. As vendas são projetadas consoante a produção que é constante, uma vez que é prevista uma compra constante de matéria-prima ao longo da vida útil do projeto. Logo, as receitas operacionais aumentam gradualmente devido ao crescimento do preço de venda dos produtos, que é atualizado consoante o fator de inflação da Alemanha. À semelhança da metodologia aplicada à Polónia, o fator de inflação da Alemanha foi fixado em 1 até ao ano de referência dos preços (2024), evoluindo depois de acordo com as estimativas do FMI (outubro de 2023) até 2030. Posteriormente, assumiu-se a estabilização da taxa de inflação

alemã, continuando o respetivo fator a crescer em resultado da acumulação anual dessa taxa constante.

Ainda que a quantidade de matéria-prima seja constante, o seu preço também é atualizado pelo fator de inflação da Polónia, o que aumenta os custos operacionais ao longo dos anos. Além disso, os custos operacionais também englobam outros custos que são atualizados consoante o fator de inflação da Polónia. Uma vez que o projeto também inclui a produção de energia para autoconsumo, foi considerada uma poupança resultante da eletricidade que a empresa deixa de ter necessidade de comprar externamente. Adicionalmente, os fluxos de exploração também consideram os impostos e as depreciações lineares ao longo da vida útil do projeto, tal como apresentado na Tabela 6:

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Bio-LNG	-	-	-	-	-	10 224	11 195	11 681	11 952	11 912	12 109	12 382	12 560	12 748	12 993	13 218	13 241	13 257	13 236	13 394
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	156	160	164	168	172	177	181	186	190	195	200	205	210	215	221
Digerido	-	-	-	-	-	252	258	265	271	278	285	292	299	307	314	322	330	339	347	356
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971
Custos Operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)
Impostos	-	-	-	-	-	(425)	(550)	(705)	(781)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)
Fluxos de Exploração (€ k)	-	-	-	-	(400)	2 948	3 632	3 823	3 886	3 718	4 056	4 135	4 166	4 202	4 279	4 338	4 239	4 130	3 991	3 987

Tabela 6: Estimação dos fluxos de caixa de exploração.

Os fluxos de caixa totais gerados pelo projeto encontram-se detalhados no anexo I.

4.2. Estimação do custo de capital

O financiamento do projeto em estudo ocorre por meio de dívida e capital próprio, pelo que o custo de capital será um custo médio ponderado entre o custo da dívida e o custo do capital próprio.

Enquanto o custo da dívida (R_D) é assumido como 6,67%, com base em dados internos à empresa, o custo do capital próprio é estimado com base no CAPM. Para o efeito, foi considerada a taxa isenta de risco, o prémio de risco do mercado e o beta. Para esta análise, foram recolhidos os seguintes dados:

- Taxa isenta de risco: A taxa de juro das obrigações alemãs a 10 anos é de 2,71% de acordo com o site Trading Economics (dados de novembro de 2025).[24]
- Prémio de risco do mercado: O equity risk premium para a Polónia é 5,46% de acordo com o site Damodaran Online (dados de janeiro de 2025).[25]
- Beta: O beta não alavancado, que reflete a estrutura de capitais exclusivamente composta por capital próprio, é de 0,82 para o setor de *Environmental & Waste Services*, de acordo com os dados do site Damodaran Online (dados de janeiro de 2025).[26] O beta alavancado

[24] Germany 10-Year Bond Yield - Trading Economics
[25] Country Default Spreads and Risk Premiums
[26] Total Betas by Sector

considera também o rácio dívida sobre capital próprio da empresa, que corresponde a 19,32%[27], e a taxa de imposto de 19%. Assim sendo, o beta alavancado é dado por:

$$B_L = 0{,}82 \times \left(1 + 19{,}32\% \times (1 - 19\%)\right)$$

$$B_L = 0{,}95$$

De acordo com o CAPM, dado pela fórmula apresentada na secção 2.4.1, o custo do capital próprio é estimado conforme segue:

$$R_E = 2{,}71\% + 0{,}95 \times 5{,}46\%$$

$$R_E = 7{,}89\%$$

O custo de capital do projeto (R_P) representa o CCMP apresentado na secção 2.4.3, sendo estimado da seguinte forma:

$$R_P = (1 - 10{,}62\%) \times 7{,}89\% + 10{,}62\% \times 6{,}67\% \times (1 - 19\%)$$

$$R_P = 7{,}62\%$$

De acordo com os dados internos da empresa, a proporção de dívida na estrutura de capital é de 10.62%. Assim, o custo de capital para descontar os fluxos de caixa futuros do projeto será de 7,62%.

4.3. Indicadores do valor do projeto

Com base nos fluxos de caixa estimados, podemos proceder à sua avaliação financeira, através do cálculo de indicadores de valor, como o *Payback*, o VAL e a TIR. Os fluxos de caixa atualizados ao custo de capital para 2026 encontram-se no anexo II. O VAL, a TIR e o *Payback* são apresentados na Tabela 7:

Indicadores do Projeto		
Payback	6,48	Anos
***Payback* Descontado**	8,94	Anos
VAL	10 281	€k
TIR	13,59%	%

Tabela 7: Indicadores do valor do projeto.

[27] Dado interno da empresa.

O período de *Payback* de 6,48 anos indica que o investimento inicial será recuperado em aproximadamente 6 anos e meio, o que é considerado razoável para a extensão do projeto em estudo. No entanto, quando descontados os fluxos de caixa para o momento presente ($t_0 = 2026$), o *Payback* Descontado aumenta para aproximadamente 9 anos, o que é um período extenso para um projeto com uma vida útil de 15 anos. Ainda assim, é provável que as instalações mantenham a sua produção após a vida útil do projeto, sendo o horizonte temporal estimado apenas uma referência para o médio prazo.

O VAL, correspondente à soma de todos os fluxos de caixa do projeto atualizados à taxa do custo de capital, foi estimado em 10 281 mil euros. Este resultado positivo, referente a 2026, indica que os benefícios obtidos pelo projeto, descontados pelo custo do capital, excedem o investimento realizado. Assim, o projeto oferece benefícios financeiros superiores aos custos associados, pelo que proporciona um acréscimo de valor à empresa.

Ademais, a TIR de 13,59% representa a taxa máxima de retorno do investimento exigida para que o projeto pudesse gerar valor. No caso, a TIR supera a taxa de desconto exigida para o projeto em estudo, pelo que o mesmo é atrativo. Posto isto, estes resultados sugerem que o projeto pode trazer benefícios significativos para a empresa.

A Figura 3 mostra a relação entre o VAL e o custo de capital.

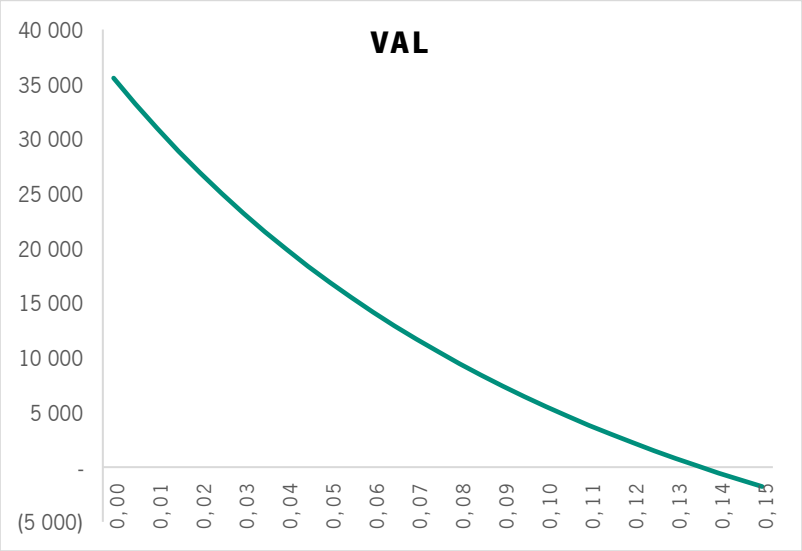


Figura 3: Relação entre VAL e custo de capital.

O VAL é uma função decrescente da taxa de atualização. A curva do VAL interseta o eixo horizontal na taxa de desconto na qual o VAL se iguala a zero, correspondendo à TIR. Conforme se pode observar no gráfico, tendo em consideração o custo de capital de 7,62%, ambos os métodos sugerem que o projeto é acrescentador de valor, pois o VAL é positivo e a TIR é maior do que o custo de capital.

4.4. Análise de risco

4.4.1. Análise de sensibilidade

A análise de sensibilidade será realizada para avaliar o impacto de variáveis-chave nos resultados do projeto. Neste sentido, serão analisadas diferentes variações para cada variável individualmente, a fim de identificar a sua influência no valor do projeto e identificar os pontos críticos de decisão.

De modo a realizar a análise de sensibilidade do projeto, foi definida uma variação do preço do Bio-LNG e do custo da matéria-prima em 10%, tanto de forma positiva como negativa e de forma isolada. Adicionalmente, foi considerado um aumento de 15% do CAPEX. Este procedimento permite identificar quais são as variáveis críticas que têm um maior impacto no projeto quando sujeitas a variações adversas. As variações nos fluxos de caixa encontram-se no anexo III. Os resultados desta análise são apresentados a seguir:

	Variação	VAL (€k)	Δ VAL
Preço Bio-LNG	-10%	(354)	-103%
	10%	20 915	103%
Custo da matéria-prima	-10%	13 131	28%
	10%	7 430	-28%
CAPEX	15%	6 668	-35%

Tabela 8: Análise de sensibilidade.

De acordo com a Tabela 8, observa-se que a variável com maior impacto no valor do projeto é o preço do Bio.LNG. Com efeito, um aumento de 10% no preço duplica o valor do projeto, enquanto que uma contração de apenas 10% é suficiente para tornar o VAL negativo. Uma vez que o Bio-LNG representa 97% das vendas do projeto, é compreensível que o mesmo esteja fortemente exposto à variação no seu preço. Ainda assim, confere uma pequena margem de segurança, pois o preço do Bio-LNG está sujeito a legislações ambientais em constante mudança que poderão provocar flutuações no preço. Deste modo, a viabilidade económico-financeira do investimento é protegida pela capacidade da empresa fixar preços através de contratos de longo-prazo com um comprador de grande escala no setor.

Relativamente à matéria-prima, para uma alteração de +10% do custo, o VAL reduz em cerca de 28%. Embora a matéria-prima represente uma parte significativa dos custos operacionais, o projeto consegue absorver choques moderados no fornecimento sem comprometer a sua capacidade de gerar valor. Posto isto, o risco da disponibilidade de matéria-prima a longo prazo, ainda que moderado, é financeiramente gerível, especialmente se complementado pelos contratos de fornecimento vinculativos já previstos.

No caso do CAPEX sofrer uma variação de +15%, o VAL reduz em 35%, mas permanece positivo. Neste sentido, o projeto possui uma boa capacidade de absorção de imprevistos que poderão decorrer da falta de conhecimento sobre a geografia local e os processos de licenciamento.

Estas conclusões indicam que o projeto é robusto, mas depende fortemente da venda do Bio-LNG. O perfil de risco do projeto não reside na sua construção ou operação, mas na volatilidade do mercado e regulação do preço de venda do biocombustível. Portanto, é essencial focar na mitigação do risco do preço e analisar de perto as suas flutuações de forma a lidar com os possíveis impactos das suas variações.

4.4.2. Análise de cenários

Para além da análise de sensibilidades, é realizada uma análise para projetar diferentes cenários para o projeto, tendo em consideração parte dos riscos enunciados na secção 3.2.6. Esta análise resultou na criação de três cenários distintos: cenário base, pessimista e otimista. Cada cenário foi desenvolvido partindo do pressuposto que os fluxos de caixa ocorrem no mesmo plano temporal, de modo a permitir uma comparação direta entre os diferentes cenários e facilitar a identificação das variações. As projeções seguintes contemplam o cenário mais otimista quanto o mais pessimista, considerando variações em variáveis-chave, como a produção e o preço do Bio-LNG. Os fluxos de caixa projetados encontram-se no anexo IV.

Para o cenário base, tal como evidenciado anteriormente, o VAL do projeto é aproximadamente 10 281 mil euros.

Relativamente ao cenário otimista:

1. Considerou-se um aumento de 10% do preço do Bio-LNG devido ao aumento da procura no seguimento das metas agressivas da Alemanha e das novas legislações ambientais.
2. Considerou-se uma possibilidade de eficiência operacional máxima, pelo que a produção aumentará com um *load factor* de 100%.
3. Projetou-se ainda uma diminuição de 5% do OPEX, considerando uma otimização recorrente do aumento da produção.

Cenário Otimista			
Pressupostos		**Resultados**	
Load Factor	100%	VAL (€k)	29 868
Preço Bio-LNG	10%	TIR (%)	20,87%
OPEX	-5%	Payback (Anos)	4,62

Tabela 9: Análise de cenários - Cenário otimista.

Para este cenário, como demonstrado acima na Tabela 9, observamos melhorias consideráveis em todas as componentes decorrentes do aumento da produção. O VAL aumenta significativamente, cerca de 70%, quando comparado ao cenário base. O aumento do VAL para 29 868 mil euros demonstra, tal como discutido nos riscos do projeto, uma elevada dependência da legislação ambiental em vigor. A relevância e o valor do projeto aumentam consoante a UE intensifica a legislação na matéria de biocombustíveis. A TIR também apresenta um crescimento

face ao cenário base, aumentando de 13,59% para 20,87%. Adicionalmente, o período de *Payback* reduz para cerca de 4 anos, sugerindo uma recuperação mais rápida do investimento inicial.

Por outro lado, no cenário pessimista:

1. Considerou-se uma diminuição de 10% do preço do Bio-LNG, decorrente da possibilidade da Alemanha eliminar a dupla contagem da RED para biocombustíveis avançados e o mercado não ajustar de imediato.
2. Previu-se uma falha parcial na entrega de matéria-prima, forçando a produção a diminuir para um *load factor* de 80%.
3. Desconsiderou-se a venda do digerido devido à impossibilidade de encontrar compradores.

Cenário Pessimista			
Pressupostos		**Resultados**	
Load Factor	80%	VAL (€k)	(10 847)
Preço Bio-LNG	-10%	TIR (%)	-0,78%
Digerido	Não vende	Payback (Anos)	Não recupera

Tabela 10: Análise de cenários - Cenário pessimista.

No que diz respeito a este cenário, apresentado na Tabela 10, o VAL diminui consideravelmente, passando a ser negativo, o que indica que o projeto destrói valor à empresa. Tal como evidenciado na análise de sensibilidade, o projeto é altamente impactado pelo preço do Bio-LNG, representado um risco elevado para o projeto. Além disso, existem outros riscos associados à disponibilidade de matéria-prima e ao armazenamento do digerido. Quando considerada uma falha parcial da matéria-prima e desconsiderada a venda do digerido, o projeto perde valor.

4.4.3. Ponto crítico

O ponto crítico das vendas do projeto indica os MWh de Bio-LNG vendidos que fazem com que o VAL seja zero. Ainda que o projeto considere a venda de Bio-LCO2 e digerido, a análise do ponto crítico considera apenas a venda de Bio-LNG, uma vez que representa cerca de 97% do total das vendas.

No cenário em que o VAL é nulo por alteração da quantidade de produção de Bio-LNG, a empresa irá produzir apenas 36 762 MWh/ano de Bio-LNG, representando uma queda de aproximadamente 10% face ao cenário base que prevê uma produção de 40 696 MWh/ano. Os fluxos de caixa projetados no ponto crítico encontram-se no anexo V. As receitas continuavam a variar consoante a evolução do preço do Bio-LNG, enquanto as restantes rubricas permaneceriam constantes.

Ponto Crítico	
Payback	8,80 Anos
Payback Descontado	Não recupera
VAL	- €k
TIR	7,62% %

Tabela 11: Indicadores do valor do projeto no ponto crítico.

Como podemos observar na Tabela 11, no ponto crítico, o *payback* aumenta para aproximadamente 9 anos, mas, ao considerar o valor do dinheiro no tempo, o investimento inicial não é recuperado. Verificando-se um VAL de zero e uma TIR equivalente ao CCMP, estabelece-se um ponto de indiferença para o investidor, dada a ausência de criação ou destruição de valor. Deste modo, esta análise permite compreender o decréscimo possível na produção sem que a atratividade económica do projeto seja anulada.

4.4.4. Simulação de Monte Carlo

Considerando a incerteza inerente às variáveis macroeconómicas e operacionais ao longo da vida útil do projeto (2027–2041), a análise de risco realizada anteriormente foi complementada por uma abordagem probabilística através da SMC.

Esta metodologia permite abandonar a premissa estática dos cenários "base", "otimista" e "pessimista" isolados, calculando, por sua vez, inúmeros cenários possíveis através da variação simultânea das variáveis críticas, de acordo com distribuições de probabilidade pré-definidas (distribuição triangular). O modelo integrou ainda o investimento inicial de 23 766 mil euros, a taxa de imposto (IRC) de 19% e o custo de capital do projeto de 7,62%. Após a seleção das variáveis, a simulação foi executada com recurso ao software *MATLAB*. Foram realizadas 100 000 interações, de modo a cobrir um espectro amplo de cenários e um melhor nível de precisão e convergência.

4.4.4.1 Variáveis e distribuição probabilística

As variáveis críticas foram selecionadas com base nos riscos identificados e na análise de sensibilidade previamente realizada. Foram escolhidas duas variáveis: receitas e custos operacionais (OPEX).

As receitas são a variável com maior impacto na viabilidade do projeto. A análise de sensibilidade demonstrou que uma variação negativa de apenas 10% no preço de venda do Bio-LNG provoca uma queda de 103% no VAL, tornando o projeto financeiramente inviável (VAL negativo). A evolução do preço do Bio-LNG está intrinsecamente ligada à legislação europeia na matéria dos biocombustíveis e descarbonização. Dado que este enquadramento legal se encontra em constante mudança, existe um risco substancial de alteração nos incentivos ou na formação do preço de mercado a longo prazo, que podem colocar em causa a viabilidade do projeto. Ademais, as receitas também consideram a venda do digerido, mas não existem contratos de venda e os custos de armazenamento não foram considerados, o que acresce ao risco associado às receitas do projeto.

O OPEX foi selecionado como uma variável crítica devido ao peso da matéria-prima que, em todos os cenários, representa cerca de 50% dos custos operacionais totais. A análise de sensibilidade indicou que um aumento de 10% do custo da matéria-prima resulta numa redução de 28% no VAL. É importante considerar possíveis flutuações nesta componente, uma vez que foi identificado um risco quanto à disponibilidade de matéria-prima a longo-prazo. A localização do projeto na Polónia, em detrimento da Alemanha, visou mitigar a elevada concorrência já existente no mercado alemão, que dificultaria o acesso a matéria-prima. Embora a região polaca selecionada apresente atualmente abundância de matéria-prima, o sucesso do setor pode atrair novos concorrentes para a região, aumentando a procura e, consequentemente, o preço da matéria-prima.

A modelação destas variáveis seguiu uma distribuição triangular, definida pelos cenários pessimista (mínimo), base (mais provável) e otimista (máximo).

O modelo também considerou o custo de capital como uma variável sujeita a uma distribuição Normal, de modo a representar as variações suaves e contínuas apropriadas para possíveis flutuações macroeconómicas. Para esta variável, foi estabelecida a taxa de 7,62% e um desvio-padrão de 2%.

4.4.4.2 Resultados da Simulação

A frequência dos resultados do VAL obtidos na simulação encontram-se ilustrados na Figura 4. O histograma revela uma distribuição próxima da normal, centrada em valores positivos, mas com elevada dispersão, o que reflete a forte exposição do projeto à volatilidade dos preços do Bio-LNG. No entanto, verifica-se uma ligeira assimetria positiva, o que indica que a capacidade de obter ganhos extraordinários em ciclos económicos favoráveis é maior do que o risco de obter perdas significativas em ciclos recessivos. A cauda esquerda da distribuição diminui significativamente ao cruzar com o eixo do zero, representando uma baixa probabilidade do VAL ser negativo. Além disso, a linha demarcadora do Percentil 5 (P5) – linha vermelha – ilustra uma margem de segurança aceitável, demonstrando que o projeto continua a gerar valor nos piores cenários.

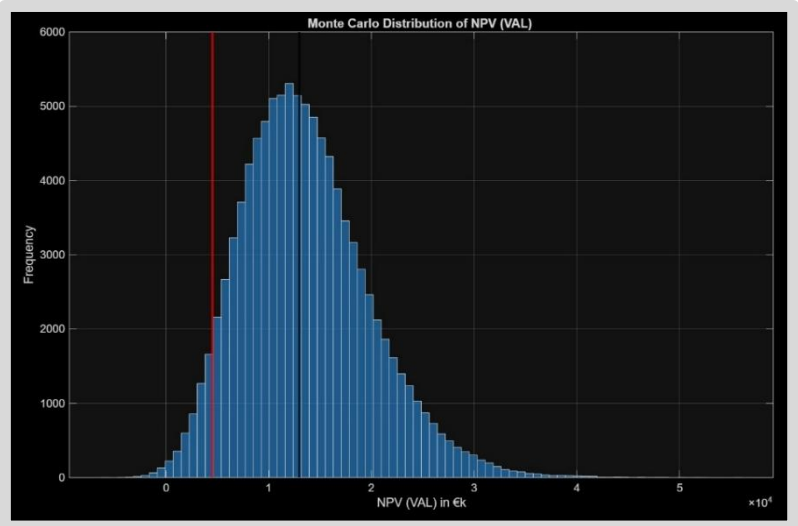


Figura 4: Histograma da distribuição de Monte Carlo do VAL.

Nota: A linha vertical vermelha designa o percentil 5% e a linha a preto designa a mediana.

A Tabela 12 resume os indicadores estatísticos resultantes da simulação, oferecendo uma visão detalhada do perfil de risco do projeto.

	VAL	
Base	10 281	€k
Mínimo	3 197	€k
Máximo	27 560	€k
Média	13 592	€k
P5	4 528	€k
P50	12 986	€k
P95	24 805	€k
P(VAL<0)	0,26%	%

Tabela 12: Resultados da Simulação de Monte-Carlo.

Os resultados obtidos demonstram uma perspetiva mais otimista do que o caso base prevê. Enquanto o caso base estima um VAL de 10 281 mil euros, a média da SMC aponta para um VAL superior de 13 592 mil euros.

Observando a distribuição por percentis, o P5, representando os 5% dos resultados mais baixos da simulação, situa-se nos 4 528 mil euros, o que significa que, em um cenário pessimista, o projeto continua a acrescentar valor à empresa. Esta conclusão é mais favorável ao projeto face à análise do cenário pessimista que previa um VAL negativo em 10 847 mil euros. A mediana (P50), fixada em 12 986 mil euros, indica que existe uma probabilidade de 50% do VAL ser superior a este valor, o que sugere que o caso base subestima o seu verdadeiro potencial ao apresentar um VAL inferior a este percentil. De forma a representar o limiar dos cenários mais otimistas, o Percentil 95 (P95) atinge os 24 805 mil euros, apresentando um valor robusto, mas mais conservador do que a análise do cenário otimista que previa um VAL de 29 868 mil euros.

A solidez do investimento é reforçada pelo intervalo de confiança a 95%, que oscila entre um VAL mínimo de 3 197 mil euros e um VAL máximo de 27 560 mil euros. Apesar de se verificar uma elevada variação no intervalo de confiança, o que acarreta alguma incerteza, os valores do VAL são sempre positivos, o que confirma a relevância do projeto. A probabilidade de ocorrência de um VAL negativo situa-se no valor residual de 0,26%, pelo que o risco do projeto destruir valor é praticamente nulo.

5. Conclusões

O presente estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade económico-financeira de um projeto de investimento focado na produção de Bio-LNG na Polónia, com vista à sua exportação para o mercado alemão. Este projeto surge num cenário macroeconómico de acentuada transição energética, impulsionada por políticas e estratégias europeias, alinhando-se com os ODS e com a meta de descarbonização da entidade de acolhimento. Neste sentido, foram estimados os fluxos de caixa de investimento e de exploração ao longo da vida útil do projeto de modo a aferir se, no presente ano, o projeto continua a ser gerador de valor e, em caso afirmativo, determinar a sua extensão e magnitude.

A estimativa dos fluxos de investimento e exploração englobou todas as receitas provenientes da venda do Bio-LNG, Bio-LCO2 e digerido, bem como as despesas operacionais ao longo de uma vida útil de 15 anos (2027-2041). Ainda que o projeto se encontre em desenvolvimento desde 2022, a produção apenas iniciará no final de 2026, pelo que a análise dos fluxos de caixa mostra fluxos negativos até 2027 inclusive, devido ao investimento necessário para iniciar a operação. Contudo, seguem-se melhorias nos anos seguintes com o início da venda do Bio-LNG, Bio-LCO2 e digerido.

A avaliação financeira, assumindo 2026 como ano base, demonstrou que o investimento é gerador de valor para a empresa. No cenário base, o resultado do VAL foi estimado em 10 281 mil euros, sugerindo que o projeto gera um valor adicional após descontar os fluxos de caixa futuros pelo custo de capital (7,62%). Além disso, a TIR correspondeu a 13,59%, superando a taxa de desconto exigida. O período de *Payback* é estimado em 6,48 anos, indicando que o projeto é capaz de recuperar o investimento inicial (23 766 mil euros) num prazo considerado razoável face à vida útil do projeto. Ainda que o *Payback* descontado aumente para aproximadamente 9 anos, é provável que as instalações mantenham a sua operação após o horizonte temporal estimado como referência para o médio prazo.

Ao nível da análise de risco do projeto, a análise de sensibilidade permitiu verificar que a atratividade do projeto é altamente impactada por alterações no preço do Bio-LNG. Uma contração de apenas 10% neste preço – um risco caso ocorram alterações desfavoráveis na legislação europeia – seria suficiente para tornar o VAL negativo. A mesma situação é evidenciada na análise de cenários, sendo que na sua versão pessimista destrói valor para a empresa. Em contrapartida, o cenário otimista demonstrou que o valor do projeto aumenta substancialmente consoante o aumento do preço do Bio-LNG e a disponibilidade de matéria-prima. Posto isto, o projeto revela uma elevada dependência regulatória. O seu valor aumenta com a intensificação das legislações ambientais, mas torna-se negativo perante a diminuição da procura e do preço dos biocombustíveis.

Ademais, de forma a mitigar a subjetividade das análises estáticas anteriores, foi implementado o método da SMC para obter uma visão probabilística do risco associado ao investimento. Considerando diversos cenários possíveis, mais precisamente 100 000 interações das variáveis críticas (receitas e OPEX), os resultados revelaram uma perspetiva mais otimista para o projeto face às estimativas iniciais. A média obtida estima um VAL de 13 592 mil euros, sugerindo que o cenário base poderá estar a subestimar o verdadeiro potencial do projeto. Ademais, o percentil 5 (P5) situa-se nos 4 528 mil euros, significando que o projeto continua a gerar valor nos piores

cenários, o que revela uma situação mais favorável do que o cenário pessimista projetado. A probabilidade de ocorrência de um VAL negativo situa-se no valor residual de apenas 0,26%, pelo que é improvável que o projeto destrua valor à empresa.

Em suma, o projeto de produção de Bio-LNG apresenta sustentabilidade económico-financeira e constitui uma oportunidade valiosa para a entidade de acolhimento reforçar o seu portfolio em energias renováveis e contribuir ativamente para a transição energética visada pela UE. O projeto de investimento acrescenta valor e apresenta benefícios significativos para a empresa. A confiança fornecida pela SMC, que atesta um risco praticamente nulo de destruição de valor, serve como um forte incentivo para a continuidade da operação. Contudo, uma vez que o perfil de risco não assenta predominantemente na operacionalidade, mas sim na volatilidade regulatória e de mercado associada ao biocombustível, recomenda-se a adoção de uma estratégia proativa de acompanhamento e mitigação. É crucial que a empresa consolide contratos de venda a longo prazo com o comprador e fornecedores de matéria-prima e monitorize constantemente o desenvolvimento legislativo europeu, de modo a garantir o retorno e a sustentabilidade desejada ao longo de toda a vida útil do projeto.

Referências bibliográficas

Brealey, R. A., Myers, S. C., & Allen, F. (2011). *Principles of corporate finance: S&P market insight* (10. ed). McGraw-Hill Irwin.

Chen, S. (2025). (PDF) Net Present Value (NPV) Sensitivity Analysis: Understanding Risk in Investment Projects. *ResearchGate*. https://www.researchgate.net/publication/387780045_Net_Present_Value_NPV_Sensitivity_Analysis_Understanding_Risk_in_Investment_Projects

Damodaran, A. (2012). *Investment Valuation: Tools and Techniques for Determining the Value of any Asset, University Edition*. John Wiley & Sons.

Delapedra-Silva, V., Ferreira, P., Cunha, J., & Kimura, H. (2022). Methods for Financial Assessment of Renewable Energy Projects: A Review. *Processes*, *10*(2), Artigo 2. https://doi.org/10.3390/pr10020184

Graham, J. R., & Harvey, C. R. (2001). The theory and practice of corporate finance: Evidence from the field. *Journal of Financial Economics, Complementary Research Methodologies: The InterPlay of Theoretical, Empirical and Field-Based Research in Finance*, *60*(2), 187–243. https://doi.org/10.1016/S0304-405X(01)00044-7

Hillier, D., Ross, S. A., Westerfield, R., Jaffe, J. F., & Jordan, B. D. (2016). *Corporate Finance*. McGraw-Hill Education.

Huikku, J., Karjalainen ,Jouko, & and Seppälä, T. (2025). Strategic factors and the use of risk analysis techniques in strategic investment decisions. *Accounting and Business Research*, *0*(0), 1–29. https://doi.org/10.1080/00014788.2025.2486753

Mackevičius, J., & Tomaševič, V. (2010). Evaluation of investment projects in case of conflict between the internal rate of return and the net present value methods /. *Ekonomika*, *89*(4), 116–130. https://doi.org/10.15388/Ekon.2010.0.962

Neto, J. F. C., Moura, H. J. de, & Forte, S. H. A. C. (2002). MODELO PRÁTICO DE PREVISÃO DE FLUXO DE CAIXA OPERACIONAL PARA EMPRESAS COMERCIAIS CONSIDERANDO OS EFEITOS DO RISCO, ATRAVÉS DO MÉTODO DE MONTE CARLO. *Revista Eletrônica de Administração*, *8*(3). https://seer.ufrgs.br/index.php/read/article/view/44231

Paseda, O. (2016). *Advanced Capital Budgeting Techniques: A Review Article* (SSRN Scholarly Paper No. 2901530). Social Science Research Network. https://doi.org/10.2139/ssrn.2901530

Pike, R., & Neale, B. (2006). *Corporate finance and investment: Decisions & strategies* (5. ed). Financial Times Prentice Hall.

Purnus, A., & Bodea, C.-N. (2013). Considerations on Project Quantitative Risk Analysis. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, Selected papers from the 26th IPMA (International Project Management Association), World Congress, Crete, Greece, 2012*, *74*, 144–153. https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.031

Raychaudhuri, S. (2008). Introduction to Monte Carlo simulation. *2008 Winter Simulation Conference*, 91–100. https://doi.org/10.1109/WSC.2008.4736059

Rossi, M. (2015). The use of capital budgeting techniques: An outlook from Italy. *International Journal of Management Practice*, *8*(1), 43. https://doi.org/10.1504/IJMP.2015.068302

Ryan, P. A., & Ryan, G. P. (2002). Capital Budgeting Practices of the Fortune 1000: How Have Things Changed. *J. of Business and Management*, *8*(4), 355–364. https://doi.org/10.1504/JBM.2002.141091

Siziba, S., & Hall, J. H. (2021). The evolution of the application of capital budgeting techniques in enterprises. *Global Finance Journal*, *47*, 100504. https://doi.org/10.1016/j.gfj.2019.100504

Sureka, R., Kumar, S., Colombage, S., & Abedin, M. Z. (2022). Five decades of research on capital budgeting – A systematic review and future research agenda. *Research in International Business and Finance*, *60*, 101609. https://doi.org/10.1016/j.ribaf.2021.101609

Virlics, A. (2013). Investment Decision Making and Risk. *Procedia Economics and Finance, International Economic Conference of Sibiu 2013 Post Crisis Economy: Challenges and Opportunities, IECS 2013*, *6*, 169–177. https://doi.org/10.1016/S2212-5671(13)00129-9

Apêndice

Anexo I – Estimação dos Fluxos de Caixa Totais (€k)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041
Terreno	(520)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Desenvolvimento	-	-	-	(1 573)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edifícios e Infraestruturas	-	(72)	(66)	(1 256)	(2 930)	(1 675)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Processos e Equipamentos	-	(164)	(150)	(2 866)	(6 686)	(3 789)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diligência Devida	-	(24)	(22)	(423)	(988)	(563)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Accounts Receivable	-	-	-	-	-	1 319	1 443	1 506	1 542	1 537	1 555	1 585	1 606	1 630	1 660	1 688	1 692	1 695	1 694	1 714
Accounts Payable	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Inventário	-	-	-	-	-	456	468	479	491	503	516	529	542	556	570	584	598	613	629	645
VAT Receivable	120	28	26	497	1 159	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NWC	120	28	26	497	1 159	1 775	1 910	1 985	2 033	2 040	2 071	2 114	2 148	2 186	2 230	2 272	2 291	2 309	2 323	2 359
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36
Fluxos de Investimento	(400)	(351)	(240)	(5 647)	(9 942)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36
Bio-LNG	-	-	-	-	-	10 224	11 195	11 681	11 952	11 912	12 109	12 382	12 560	12 748	12 993	13 218	13 241	13 257	13 236	13 394
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	156	160	164	168	172	177	181	186	190	195	200	205	210	215	221
Digerido	-	-	-	-	-	252	258	265	271	278	285	292	299	307	314	322	330	339	347	356
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971
Custo matéria-prima	-	-	-	-	(400)	(2 775)	(2 844)	(2 915)	(2 988)	(3 063)	(3 139)	(3 218)	(3 298)	(3 381)	(3 465)	(3 552)	(3 641)	(3 732)	(3 825)	(3 921)
Custos com o gerente da fábrica e o encarregado	-	-	-	-	-	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(48)	(50)	(51)	(52)	(53)	(55)	(56)
Custos de manutenção e operação	-	-	-	-	-	(796)	(816)	(836)	(857)	(878)	(900)	(923)	(946)	(970)	(994)	(1 019)	(1 044)	(1 070)	(1 097)	(1 124)
Serviço de O&M	-	-	-	-	-	(564)	(578)	(592)	(607)	(622)	(638)	(654)	(670)	(687)	(704)	(722)	(740)	(758)	(777)	(797)
Seguro	-	-	-	-	-	(18)	(18)	(19)	(19)	(20)	(20)	(21)	(21)	(22)	(22)	(23)	(24)	(24)	(25)	(25)
Assuntos jurídicos	-	-	-	-	-	(66)	(67)	(69)	(71)	(72)	(74)	(76)	(78)	(80)	(82)	(84)	(86)	(88)	(90)	(93)
Imposto territorial	-	-	-	-	-	(90)	(92)	(95)	(97)	(100)	(102)	(105)	(107)	(110)	(113)	(115)	(118)	(121)	(124)	(127)
Outros custos fixos	-	-	-	-	-	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(49)	(50)	(51)	(52)
Custo Eletricidade	-	-	-	-	-	(523)	(536)	(550)	(564)	(578)	(592)	(607)	(622)	(638)	(654)	(670)	(687)	(704)	(721)	(740)
Serviços Corporativos (5%*(16))	-	-	-	-	-	(532)	(581)	(605)	(620)	(618)	(629)	(643)	(652)	(662)	(675)	(687)	(689)	(690)	(690)	(699)
Custos Operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)
Impostos	-	-	-	-	-	(425)	(550)	(705)	(781)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)
Fluxos de Exploração	-	-	-	-	(400)	2 948	3 632	3 823	3 886	3 718	4 056	4 135	4 166	4 202	4 279	4 338	4 239	4 130	3 991	3 987
Fluxos de Caixa Totais	(400)	(351)	(240)	(5 647)	(10 342)	(2 463)	3 768	3 898	3 934	3 725	4 087	4 178	4 201	4 239	4 323	4 381	4 257	4 148	4 005	4 023

Anexo II – Estimação dos Fluxos de Caixa Livre (€k)

	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(400)	(351)	(240)	(5 647)	(9 942)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971	-
Custos Operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	4 668	5 510	5 889	6 062	5 937	6 439	6 607	6 683	6 765	6 900	7 013	6 932	6 840	6 713	6 752	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	4 250	5 038	5 273	5 330	5 147	5 521	5 637	5 706	5 779	5 896	5 996	5 938	5 872	5 777	5 816	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	2 431	3 219	3 454	3 511	3 328	4 106	4 222	4 291	4 364	4 481	4 581	4 523	4 457	4 362	4 401	-
Fluxo Caixa Livre	(400)	(351)	(240)	(5 647)	(10 342)	(2 980)	3 354	3 529	3 559	3 335	4 137	4 264	4 326	4 402	4 525	4 623	4 541	4 475	4 376	4 437	(2 359)
Fluxo Caixa Descontados (Base 2026)	(537)	(437)	(278)	(6 078)	(10 341)	(2 769)	2 896	2 831	2 653	2 310	2 662	2 550	2 403	2 272	2 171	2 061	1 881	1 722	1 565	1 474	(728)

Anexo III – Análise de Sensibilidade: Variações

+10% Preço Bio-LNG	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Bio-LNG (+10%)	-	-	-	-	-	11 247	12 314	12 849	13 147	13 104	13 320	13 620	13 816	14 022	14 293	14 540	14 566	14 582	14 560	14 734	-
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	156	160	164	168	172	177	181	186	190	195	200	205	210	215	221	-
Digerido	-	-	-	-	-	252	258	265	271	278	285	292	299	307	314	322	330	339	347	356	-
Receitas	-	-	-	-	-	11 655	12 732	13 278	13 587	13 554	13 781	14 093	14 301	14 520	14 802	15 063	15 101	15 131	15 123	15 310	-
Custos operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	5 691	6 629	7 057	7 257	7 128	7 650	7 845	7 939	8 040	8 199	8 335	8 256	8 166	8 036	8 091	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	5 273	6 157	6 441	6 525	6 339	6 732	6 875	6 962	7 054	7 196	7 318	7 262	7 197	7 100	7 156	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	3 454	4 338	4 622	4 706	4 519	5 317	5 460	5 547	5 639	5 781	5 902	5 847	5 782	5 685	5 741	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 341)	(1 957)	4 473	4 697	4 754	4 526	5 348	5 502	5 582	5 676	5 824	5 945	5 865	5 800	5 699	5 777	(2 359)

-10% Preço Bio-LNG	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Bio-LNG (-10%)	-	-	-	-	-	9 202	10 075	10 513	10 757	10 721	10 898	11 144	11 304	11 473	11 694	11 897	11 917	11 931	11 913	12 055	-
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	156	160	164	168	172	177	181	186	190	195	200	205	210	215	221	-
Digerido	-	-	-	-	-	252	258	265	271	278	285	292	299	307	314	322	330	339	347	356	-
Receitas	-	-	-	-	-	9 610	10 494	10 941	11 196	11 172	11 360	11 617	11 789	11 970	12 203	12 419	12 453	12 480	12 475	12 631	-
Custos operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	3 646	4 390	4 721	4 866	4 746	5 228	5 369	5 427	5 490	5 601	5 691	5 608	5 515	5 389	5 412	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	3 228	3 918	4 105	4 135	3 956	4 310	4 399	4 450	4 505	4 597	4 674	4 614	4 546	4 453	4 477	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	1 409	2 099	2 286	2 315	2 137	2 895	2 984	3 035	3 090	3 182	3 259	3 198	3 131	3 038	3 062	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 341)	(4 002)	2 234	2 361	2 364	2 144	2 926	3 026	3 069	3 127	3 226	3 301	3 217	3 149	3 052	3 098	(2 359)

+10% Custo matéria-prima	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971	-
Custo matéria-prima (+10%)	-	-	-	-	(440)	(3 052)	(3 129)	(3 207)	(3 287)	(3 369)	(3 453)	(3 540)	(3 628)	(3 719)	(3 812)	(3 907)	(4 005)	(4 105)	(4 208)	(4 313)	
Outros custos	-	-	-	-	-	(2 665)	(2 767)	(2 847)	(2 917)	(2 973)	(3 042)	(3 117)	(3 188)	(3 262)	(3 340)	(3 418)	(3 488)	(3 560)	(3 631)	(3 713)	
Custos operacionais	-	-	-	-	(440)	(5 717)	(5 896)	(6 054)	(6 204)	(6 342)	(6 496)	(6 657)	(6 817)	(6 981)	(7 152)	(7 325)	(7 493)	(7 665)	(7 839)	(8 026)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(440)	4 391	5 225	5 597	5 763	5 631	6 125	6 285	6 353	6 427	6 553	6 658	6 568	6 467	6 330	6 359	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(440)	3 973	4 753	4 981	5 031	4 841	5 207	5 315	5 376	5 441	5 550	5 640	5 574	5 498	5 394	5 424	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(440)	2 154	2 934	3 162	3 212	3 022	3 792	3 900	3 961	4 026	4 135	4 225	4 159	4 083	3 979	4 009	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 381)	(3 257)	3 070	3 237	3 260	3 029	3 823	3 942	3 996	4 064	4 179	4 268	4 177	4 101	3 993	4 045	(2 359)

-10% Custo matéria-prima	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971	-
Custo matéria-prima (-10%)	-	-	-	-	(360)	(2 497)	(2 560)	(2 624)	(2 689)	(2 757)	(2 826)	(2 896)	(2 969)	(3 043)	(3 119)	(3 197)	(3 277)	(3 359)	(3 443)	(3 529)	
Outros custos	-	-	-	-	-	(2 665)	(2 767)	(2 847)	(2 917)	(2 973)	(3 042)	(3 117)	(3 188)	(3 262)	(3 340)	(3 418)	(3 488)	(3 560)	(3 631)	(3 713)	
Custos operacionais	-	-	-	-	(360)	(5 162)	(5 327)	(5 471)	(5 607)	(5 730)	(5 868)	(6 013)	(6 157)	(6 304)	(6 458)	(6 615)	(6 765)	(6 918)	(7 074)	(7 242)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(360)	4 946	5 794	6 180	6 360	6 243	6 753	6 929	7 013	7 103	7 247	7 368	7 296	7 214	7 095	7 144	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(360)	4 528	5 322	5 565	5 629	5 454	5 835	5 959	6 035	6 117	6 243	6 351	6 302	6 245	6 159	6 208	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(360)	2 709	3 503	3 745	3 809	3 634	4 420	4 544	4 620	4 702	4 828	4 936	4 887	4 830	4 744	4 793	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 301)	(2 702)	3 638	3 820	3 858	3 641	4 451	4 586	4 655	4 740	4 872	4 979	4 905	4 848	4 758	4 829	(2 359)

+15% CAPEX	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos (+15%)	(598)	(299)	(274)	(7 036)	(12 194)	(6 931)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(479)	(390)	(276)	(6 565)	(11 532)	(6 315)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Receitas	-	-	-	-	-	10 632	11 613	12 110	12 391	12 363	12 571	12 855	13 045	13 245	13 503	13 741	13 777	13 805	13 799	13 971	-
Custos Operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	4 668	5 510	5 889	6 062	5 937	6 439	6 607	6 683	6 765	6 900	7 013	6 932	6 840	6 713	6 752	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	4 250	5 038	5 273	5 330	5 147	5 521	5 637	5 706	5 779	5 896	5 996	5 938	5 872	5 777	5 816	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	2 431	3 219	3 454	3 511	3 328	4 106	4 222	4 291	4 364	4 481	4 581	4 523	4 457	4 362	4 401	-
Fluxo Caixa Livre	(479)	(390)	(276)	(6 565)	(11 932)	(3 884)	3 354	3 529	3 559	3 335	4 137	4 264	4 326	4 402	4 525	4 623	4 541	4 475	4 376	4 437	(2 359)

Anexo IV – Análise de Cenários

Cenário Otimista	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
(Operação - Load Factor 100%)																					
Bio-LNG (Preço +10%)	-	-	-	-	-	12 496	13 682	14 277	14 608	14 560	14 800	15 134	15 352	15 580	15 881	16 156	16 184	16 202	16 178	16 371	-
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	174	178	182	187	192	196	201	206	211	217	222	228	233	239	245	-
Digerido	-	-	-	-	-	280	287	294	301	309	317	324	333	341	349	358	367	376	386	395	-
Receitas	-	-	-	-	-	12 950	14 147	14 753	15 096	15 060	15 313	15 659	15 891	16 133	16 447	16 736	16 779	16 812	16 803	17 011	-
Custos operacionais (-5%)	-	-	-	-	(380)	(5 572)	(5 749)	(5 904)	(6 050)	(6 184)	(6 333)	(6 490)	(6 645)	(6 805)	(6 971)	(7 140)	(7 302)	(7 468)	(7 636)	(7 818)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 439	1 475	1 512	1 550	1 588	1 628	1 669	1 710	1 753	1 797	1 842	1 888	1 935	1 983	2 033	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(380)	6 997	8 054	8 542	8 776	8 645	9 193	9 423	9 541	9 666	9 858	10 023	9 950	9 864	9 735	9 811	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(380)	6 579	7 582	7 926	8 045	7 856	8 275	8 453	8 563	8 681	8 854	9 006	8 955	8 896	8 799	8 876	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(380)	4 760	5 763	6 107	6 225	6 036	6 860	7 038	7 148	7 266	7 439	7 591	7 540	7 480	7 384	7 461	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 321)	(651)	5 898	6 182	6 274	6 043	6 891	7 080	7 183	7 303	7 483	7 633	7 559	7 499	7 398	7 497	(2 359)

Cenário Pessimista	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
(Operação - Load Factor 80%)																					
Bio-LNG (Preço -10%)	-	-	-	-	-	8 179	8 956	9 345	9 562	9 530	9 687	9 906	10 048	10 198	10 395	10 575	10 593	10 605	10 589	10 715	-
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	139	142	146	150	153	157	161	165	169	173	178	182	187	191	196	-
Digerido (Desconsiderado)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Receitas	-	-	-	-	-	8 318	9 098	9 491	9 711	9 683	9 844	10 067	10 213	10 367	10 568	10 753	10 775	10 792	10 781	10 912	-
Custos operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 014)	(5 172)	(5 310)	(5 442)	(5 563)	(5 697)	(5 839)	(5 979)	(6 122)	(6 272)	(6 425)	(6 572)	(6 722)	(6 874)	(7 038)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 151	1 180	1 209	1 240	1 271	1 302	1 335	1 368	1 402	1 438	1 473	1 510	1 548	1 587	1 626	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	2 636	3 287	3 571	3 690	3 572	4 034	4 148	4 188	4 232	4 318	4 386	4 299	4 203	4 078	4 084	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	2 218	2 816	2 955	2 958	2 782	3 116	3 178	3 211	3 247	3 314	3 369	3 305	3 234	3 142	3 149	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	399	996	1 136	1 139	963	1 701	1 763	1 796	1 832	1 899	1 954	1 890	1 819	1 727	1 734	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 341)	(5 012)	1 132	1 211	1 187	970	1 732	1 805	1 831	1 869	1 943	1 996	1 908	1 837	1 741	1 770	(2 359)

Anexo V – Análise do Ponto Crítico

Ponto Crítico	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042
Investimento em Ativos Fixos	(520)	(260)	(238)	(6 118)	(10 604)	(6 027)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Δ NWC	120	(91)	(2)	471	662	616	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Investimento	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(9 941)	(5 411)	135	75	48	7	31	42	35	37	44	43	19	18	14	36	(2 359)
Bio-LNG (36 762 MWh/Ano)	-	-	-	-	-	9 236	10 113	10 552	10 797	10 761	10 938	11 185	11 346	11 515	11 737	11 941	11 961	11 975	11 957	12 099	-
Bio-LCO2	-	-	-	-	-	156	160	164	168	172	177	181	186	190	195	200	205	210	215	221	-
Digerido	-	-	-	-	-	252	258	265	271	278	285	292	299	307	314	322	330	339	347	356	-
Receitas	-	-	-	-	-	9 644	10 531	10 980	11 236	11 211	11 400	11 658	11 831	12 012	12 247	12 463	12 497	12 524	12 519	12 676	-
Custos operacionais	-	-	-	-	(400)	(5 440)	(5 612)	(5 762)	(5 905)	(6 036)	(6 182)	(6 335)	(6 487)	(6 643)	(6 805)	(6 970)	(7 129)	(7 291)	(7 456)	(7 634)	-
Poupança - Eletricidade Própria	-	-	-	-	-	1 295	1 327	1 361	1 395	1 429	1 465	1 502	1 539	1 578	1 617	1 658	1 699	1 742	1 785	1 830	-
Depreciações	-	-	-	-	-	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 819)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	(1 415)	-
EBIT	-	-	-	-	(400)	3 680	4 427	4 759	4 906	4 785	5 268	5 410	5 469	5 533	5 644	5 735	5 652	5 559	5 433	5 457	-
Impostos	-	-	-	-	-	(418)	(472)	(616)	(732)	(790)	(918)	(970)	(977)	(986)	(1 004)	(1 018)	(994)	(969)	(936)	(935)	-
EBIT After Taxes	-	-	-	-	(400)	3 262	3 956	4 144	4 174	3 996	4 350	4 440	4 491	4 547	4 640	4 718	4 658	4 590	4 497	4 522	-
EBIT After Taxes + Depreciações	-	-	-	-	(400)	1 443	2 136	2 325	2 355	2 177	2 935	3 025	3 076	3 132	3 225	3 303	3 243	3 175	3 082	3 106	-
Fluxo Caixa Livre	(401)	(351)	(240)	(5 647)	(10 341)	(3 968)	2 272	2 400	2 403	2 183	2 966	3 067	3 111	3 169	3 269	3 345	3 261	3 193	3 096	3 142	(2 359)