



Lisbon School
of Economics
& Management
Universidade de Lisboa

MESTRADO

CIÊNCIAS EMPRESARIAIS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO

DISSERTAÇÃO

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO AHP-CRITIC-
TOPSIS: ORDENAÇÃO DE ETFs ESG PELA TAXA DE
SACRIFÍCIO E PELO ÍNDICE DE DESVIO DE DESEMPENHO**

**ANTÓNIO PEDRO VELOSA DA SILVA
ZAMBUJAL DE OLIVEIRA**

JUNHO 2026

MESTRADO EM CIÊNCIAS EMPRESARIAIS

TRABALHO FINAL DE MESTRADO DISSERTAÇÃO

**MODELO DE AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO AHP-
CRITIC-TOPSIS: ORDENAÇÃO DE ETFs ESG PELA
TAXA DE SACRIFÍCIO E PELO ÍNDICE DE DESVIO DE
DESEMPENHO**

**ANTÓNIO PEDRO VELOSA DA SILVA
ZAMBUJAL DE OLIVEIRA**

ORIENTAÇÃO:

PROFESSOR DOUTOR PEDRO RINO VIEIRA

JUNHO 2026

Glossário

AHP – Analytic Hierarchy Process

BCE – Banco Central Europeu

CRITIC – CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation

CSRD – Corporate Sustainability Reporting Directive

DAX – Deutscher Aktienindex

ESG – Environmental, Social and Governance

ETF – Exchange-Traded Fund

EUA – Estados Unidos da América

FTSE – Financial Times Stock Exchange

GEE – Gases com Efeito de Estufa

LSEG – London Stock Exchange Group

MCDM – Multiple Criteria Decision Making

MIB – Milano Indice di Borsa

MSCI – Morgan Stanley Capital International

SFDR – Sustainable Finance Disclosure Regulation

SRI – Socially Responsible Investment

TOPSIS – Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution

UE – União Europeia

Resumo

A integração de critérios ambientais, sociais e de governação (ESG) nos mercados financeiros suscita a questão de conhecer qual o custo financeiro associado à preferência por ativos sustentáveis. Nesse sentido, este trabalho analisa a taxa de sacrifício ESG em *Exchange Traded Funds* (ETFs) de ações, com o objetivo de quantificar o custo de oportunidade da preferência por sustentabilidade, avaliar a sua heterogeneidade geográfica e identificar os ETFs ESG mais robustos segundo um modelo de decisão multicritério.

A metodologia assenta num modelo AHP-CRITIC-TOPSIS aplicado a uma amostra de pares de ETFs comparáveis, convencionais e ESG, cobrindo três áreas geográficas: EUA, Global e Europa, no período de 2020 a 2026. O modelo integra oito critérios de avaliação distribuídos por um grupo financeiro e um grupo ESG, com três cenários de ponderação AHP, representativos de diferentes perfis de investidor. A taxa de sacrifício ESG é operacionalizada como a diferença no rácio de *Sharpe* entre o ETF convencional e o seu par ESG. Desenvolve-se ainda o índice de desvio de desempenho ESG, que permite avaliar se o perfil de sustentabilidade de cada ETF corresponde ao seu desempenho financeiro efetivo.

Os resultados revelam uma taxa de sacrifício não elevada e geograficamente heterogénea, positiva em 78% dos pares, com os pares dos EUA próximos de zero e os pares da área Global e da Europa a registar maior dispersão. A ordenação TOPSIS é robusta face a diferentes perfis de investidor e o índice de desvio de desempenho ESG revela que, na maioria dos pares, o nível de sustentabilidade dos ETFs ESG é superior ao que o seu desempenho financeiro efetivo justificaria.

O presente trabalho oferece três contribuições. Em primeiro lugar, desenvolve um modelo multicritério que permite comparar ETFs convencionais e ESG, integrando critérios financeiros e de sustentabilidade, com utilidade prática para investidores e gestores de ativos na seleção de ETFs ESG. Em segundo lugar, propõe o índice de desvio de desempenho ESG, que permite aos investidores avaliar se o prémio de sustentabilidade pago corresponde ao perfil ESG do ETF, com aplicação direta na deteção de produtos cujos *scores* ESG não se traduzem em desempenho financeiro proporcional. Em terceiro lugar, demonstra que o custo financeiro da integração ESG varia em função da área geográfica e da estrutura do índice, com implicações para decisões de investimento sustentável em diferentes mercados.

Palavras-chave: ETFs ESG; Taxa de Sacrifício ESG; AHP-CRITIC-TOPSIS; Decisão Multicritério; Investimento Sustentável; Heterogeneidade Geográfica

Abstract

The integration of Environmental, Social and Governance (ESG) criteria into financial markets raises the question of understanding the financial cost associated with the preference for sustainable assets. This study analyses the ESG sacrifice rate in equity Exchange Traded Funds (ETFs), with the aim of quantifying the opportunity cost of sustainability preference, assessing its geographic heterogeneity and identifying the most robust ESG ETFs according to a multicriteria decision model.

The methodology is based on an AHP-CRITIC-TOPSIS model applied to a sample of comparable ETF pairs, conventional and ESG, covering three geographic areas, USA, Global and Europe, over the period 2020 to 2026. The model integrates eight evaluation criteria distributed across a financial group and an ESG group, with three AHP weighting scenarios representative of different investor profiles. The ESG sacrifice rate is operationalized as the difference in Sharpe ratio between the conventional ETF and its ESG pair. A novel indicator is also proposed, the ESG performance deviation index, which measures whether the sustainability profile of each ETF corresponds to its effective financial performance.

The results reveal a low and geographically heterogeneous sacrifice rate, positive in 78% of the pairs, with USA pairs close to zero and Global and European pairs showing greater dispersion. The TOPSIS ranking is robust across different investor profiles, and the ESG performance deviation index reveals that, in most pairs, the sustainability level of ESG ETFs exceeds what their effective financial performance would justify.

This study offers three main contributions. First, it develops a multicriteria model that allows systematic comparison of conventional and ESG ETFs, integrating financial and sustainability criteria, with practical utility for investors and asset managers in ESG ETF selection. Second, it proposes the ESG performance deviation index, which allows investors to assess whether the sustainability premium paid corresponds to the ESG profile of the chosen ETF, with direct application in detecting products whose ESG scores do not translate into proportional financial performance. Third, it demonstrates that the financial cost of ESG integration varies according to geographic area and index structure, with implications for sustainable investment decisions across different markets.

Keywords: ESG ETFs; ESG Sacrifice Rate; AHP-CRITIC-TOPSIS; Multicriteria Decision Making; Sustainable Investing; Geographic Heterogeneity

Agradecimentos

Ao meu orientador, o Professor Doutor Pedro Rino Vieira, expresso o meu profundo agradecimento, pela disponibilidade, conhecimento e rigor dos comentários transmitidos durante a realização do trabalho.

Aos meus pais e família, um especial agradecimento por acreditarem em mim e pelo incentivo constante ao longo deste percurso. A motivação e o apoio incondicional foram determinantes para nunca desistir dos meus objetivos.

À minha namorada, pela paciência, compreensão e apoio. A sua presença foi determinante nos momentos mais exigentes, e as suas palavras foram uma força motivadora.

Aos meus amigos e colegas, agradeço o companheirismo. O apoio nos momentos mais difíceis, as trocas de ideias e os momentos de descontração foram essenciais para manter a determinação e o equilíbrio.

Índice

1	Introdução	1
2	Revisão de Literatura	3
2.1	ESG como Restrição ou Preferência de Investimento	3
2.2	Impacto do Perfil ESG na Rendibilidade	4
2.3	Custo de Oportunidade da Sustentabilidade	6
2.3.1	Magnitude do Custo Financeiro da Sustentabilidade.....	7
2.3.2	<i>Greenium</i> vs Custo de Oportunidade de Sustentabilidade.....	8
3	Metodologia.....	8
3.1	Enquadramento Metodológico	8
3.2	Processo de Seleção da Amostra.....	9
3.3	Fontes de Dados e Período de Análise.....	10
3.4	Emparelhamento de ETFs Compatíveis	11
3.5	CrITÉrios de Avaliação e Métricas de Desempenho.....	12
3.5.1	Taxa de Sacrifício ESG Observada.....	12
3.5.2	Métricas Financeiras.....	13
3.5.3	Métricas ESG	15
3.6	Modelo AHP-CRITIC-TOPSIS.....	18
3.6.1	Estrutura Hierárquica.....	19
3.6.2	Normalização e Cálculo dos Scores Compostos	21
3.6.3	Ordenação pelo TOPSIS	21
3.7	Análise de Sensibilidade	22
3.7.1	Sensibilidade da Taxa de Sacrifício por Par	23
3.7.2	Operacionalização da Taxa de Sacrifício TOPSIS	23

3.8	Diferencial entre Taxa de Sacrifício Esperada e Observada	24
3.8.1	Construção do Índice de Desvio de Desempenho ESG	24
3.8.2	Influência dos Pesos AHP no Desvio de Desempenho ESG	24
3.8.3	Análise de Estabilidade da Ordenação	25
4	Resultados	27
4.1	Cálculo dos Pesos CRITIC	27
4.2	Cálculo dos Pesos Globais AHP.....	28
4.3	Ordenação TOPSIS	29
4.4	Taxa de Sacrifício ESG.....	29
4.5	Índice de Desvio de Desempenho ESG.....	30
5	Robustez dos Resultados.....	31
5.1	Estabilidade da Ordenação	31
5.2	Inversões na Taxa de Sacrifício TOPSIS.....	32
6	Discussão.....	33
6.1	Análise da Taxa de Sacrifício ESG	33
6.1.1	Análise da Taxa de Sacrifício Observada por Área Geográfica.....	34
6.2	Robustez de Ordenação TOPSIS	36
7	Conclusões	36
7.1	Principais Conclusões	36
7.2	Contribuições e Implicações.....	37
7.3	Limitações e Sugestões para Investigação Futura	39
	Referências	40
	Anexos	44

Índice de Figuras

Figura 1: Crescimento dos Ativos sob Gestão de ETFs nos EUA	2
Figura 2: Taxa de Sacrifício ESG	30
Figura 3: Índice de Desvio de Desempenho ESG	31
Figura 4: Variação de Ordenação TOPSIS	32
Figura 5: Inversão de Sinal.....	33
Figura 6: Taxa de Sacrifício Observada por Área Geográfica	35

Índice de Tabelas

Tabela 1: Cenários de Preferência.....	22
Tabela 2: Interpretação do Coeficiente de Correlação de <i>Spearman</i>	26
Tabela 3: Pesos e Tipo de Critérios do Grupo Financeiro	28
Tabela 4: Pesos e Tipo de Critérios do Grupo ESG	28
Tabela 5: Pesos Financeiros e ESG por Cenário e Perfil de Investidor	28
Tabela 6: Correlação da Ordenação dos ETFs nos Três Cenários.....	31
Tabela A1:Lista de Pares de ETFs por Área Geográfica	44
Tabela A2: Lista dos ETFs Ordenados pelo Método TOPSIS	45
Tabela A3: Taxa de Sacrifício ESG por Par de ETFs	46
Tabela A4: Índice de Desvio de Desempenho ESG	47
Tabela A5:Variação Absoluta de Posição na Ordenação TOPSIS.....	48
Tabela A6: Comportamento da Taxa de Sacrifício entre Cenários	49

1 Introdução

Os mercados financeiros têm, nas últimas décadas, sofrido uma profunda alteração na forma como os investimentos são avaliados e selecionados. Se, historicamente, a teoria financeira clássica privilegiava a maximização da rentabilidade ajustada ao risco para os acionistas, a evolução do contexto global, marcada por alterações climáticas, desigualdades sociais e exigências crescentes de transparência na governação, conduziu à incorporação progressiva de critérios de sustentabilidade ESG (*environmental, social and governance*) nos processos de decisão de investimento (Friede et al., 2015).

Os ETFs tornaram-se o principal veículo de investimento passivo, com ativos sob gestão superiores a 14,6 biliões de dólares em 2024 (PwC, 2025) (Figura 1). No segmento sustentável, os ETFs ESG aplicam filtros de sustentabilidade definidos na construção do índice subjacente, sem margem para intervenção ativa do gestor na seleção de títulos, o que torna o custo financeiro da integração ESG diretamente mensurável e comparável entre pares de fundos com exposições equivalentes. Esta integração não resulta apenas de pressões regulatórias, como o SFDR, a Taxonomia da UE e a CSRD, mas também da perceção crescente de que fatores não financeiros podem influenciar a resiliência e o desempenho de longo prazo das carteiras de investimento (Broadstock et al., 2021).

O objetivo geral deste trabalho consiste em analisar de que forma a integração de critérios ESG afeta o desempenho financeiro de ETFs, avaliando o custo de oportunidade associado à preferência por ativos sustentáveis e identificando os ETFs mais robustos segundo um modelo de decisão multicritério.

Neste trabalho desenvolve-se e aplica-se um modelo multicritério AHP-CRITIC-TOPSIS, do qual derivam o núcleo conceptual constituído por dois indicadores. O primeiro é a taxa de sacrifício ESG, definida como a diferença no rácio de *Sharpe* entre o ETF convencional e o seu par ESG comparável. O segundo é o índice de desvio de desempenho ESG, que mede a coerência entre o perfil de sustentabilidade e o desempenho financeiro efetivo de cada ETF ESG.

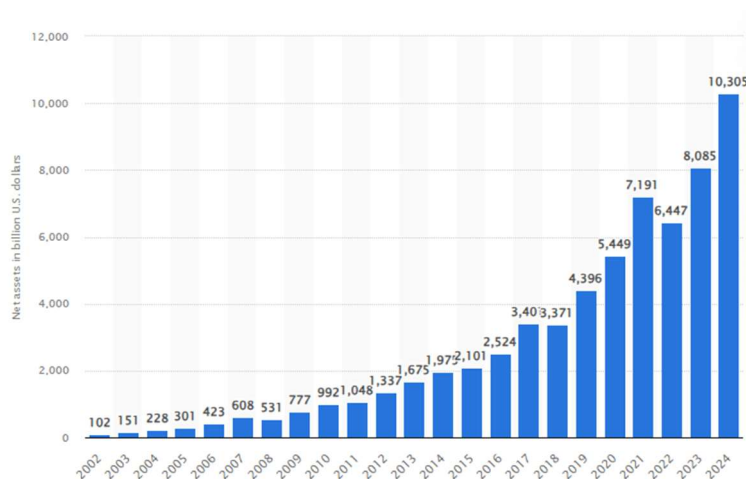


Figura 1: Crescimento dos Ativos sob Gestão de ETFs nos EUA

O trabalho desenvolve um modelo de análise multicritério que combina o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), para ponderar hierarquicamente os critérios de decisão entre o grupo financeiro e o grupo ESG, o método *CRiteria Importance Through Intercriteria Correlation* (CRITIC), para derivar objetivamente os pesos dentro de cada grupo a partir dos dados da amostra, e o *Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS), para ordenar as alternativas de investimento por proximidade à solução ideal.

De forma específica, pretende-se: (i) determinar os pesos dos critérios financeiros e ESG pelo método CRITIC; (ii) estruturar os cenários AHP e derivar os pesos globais; (iii) ordenar os ETFs pelo TOPSIS e avaliar a robustez da ordenação por análise de sensibilidade; (iv) calcular a taxa de sacrifício ESG por par e área geográfica; e (v) analisar o alinhamento entre perfil ESG e desempenho financeiro.

A análise empírica recorre a uma amostra de 36 ETFs, organizados em 18 pares comparáveis cobrindo três áreas geográficas, EUA, Global e Europa, para os quais são recolhidos dados históricos de rentabilidade e risco a partir de fornecedores de dados como o *LSEG Refinitiv*¹ e scores ESG por pilar a partir do *Bloomberg Terminal*². O horizonte temporal abrange maio de 2020 a maio de 2026, período que reflete a aceleração da adoção de estratégias ESG e a progressiva materialização dos riscos climáticos nos preços dos ativos financeiros.

¹ <https://www.lseg.com/en/data-analytics>

² <https://professional.bloomberg.com/products/bloomberg-terminal/>

A taxa de sacrifício calculada neste trabalho, a partir de dados históricos, reflete rendibilidades realizadas e não rendibilidades esperadas de equilíbrio. Como Pástor et al. (2022) demonstraram que parte do desempenho observado em períodos de expansão da procura por ativos ESG pode resultar de revalorização temporária, os resultados deste trabalho devem ser interpretados como evidência *ex-post* e não como estimativa do custo estrutural de longo prazo.

A investigação procura responder, em particular, a duas questões:

1. Qual o efeito da integração de critérios ESG no desempenho financeiro ajustado ao risco de ETFs passivos de ações no período de análise e de que forma esse impacto varia entre áreas geográficas?
2. Em que medida um modelo AHP-CRITIC-TOPSIS permite ordenar de forma robusta ETFs ESG face a diferentes preferências do investidor e pesos dos critérios ESG?

Esta dissertação está estruturada em sete capítulos. O Capítulo 1 apresenta a introdução, incluindo o enquadramento, os objetivos e as questões de investigação. O Capítulo 2 desenvolve a revisão da literatura sobre investimento sustentável, critérios ESG e métodos de decisão multicritério. O Capítulo 3 descreve a metodologia, incluindo a operacionalização do modelo AHP-CRITIC-TOPSIS, a definição da taxa de sacrifício ESG e do índice de desvio de desempenho ESG. O Capítulo 4 expõe os resultados empíricos. O Capítulo 5 verifica a robustez do modelo. O Capítulo 6 apresenta a discussão dos resultados. O Capítulo 7 apresenta as conclusões, as contribuições e implicações do estudo, as limitações e sugestões para investigação futura.

2 Revisão de Literatura

2.1 ESG como Restrição ou Preferência de Investimento

A integração de critérios ESG nas decisões de investimento em ETFs, pode ser conceptualizada de duas formas distintas, com implicações teóricas e empíricas substancialmente diferentes. A primeira perspetiva trata o ESG como uma restrição ao universo de investimento; a segunda trata-o como uma componente da função de utilidade do investidor. Esta distinção é fundamental para compreender o problema económico central desta dissertação: quantificar o custo financeiro de incorporar sustentabilidade em decisões de investimento.

Na perspetiva da restrição, os critérios ESG funcionam como filtros que reduzem o universo de ativos elegíveis. Markowitz (1952) demonstrou que qualquer limitação ao conjunto de ativos elegíveis implica um custo em termos de rendibilidade

esperada por unidade de risco assumido. Pedersen et al. (2021) aplicam este princípio ao contexto ESG, demonstrando que a integração de critérios de sustentabilidade impõe um custo em termos de eficiência de carteira, afastando-a da fronteira de média-variância não restrita.

Renneboog et al. (2008a) documentam empiricamente este custo de forma geograficamente heterogénea, verificando que, nos EUA e no Reino Unido, os fundos de investimento socialmente responsável (*Socially Responsible Investment*, SRI) apresentavam rendibilidades ajustadas ao risco semelhantes às dos fundos convencionais, enquanto na Europa Continental e nos mercados em desenvolvimento se verificava um desempenho inferior face aos índices de referência. Hong & Kacperczyk (2009) reforçam este argumento, demonstrando que a exclusão de sectores como tabaco, álcool e jogo implica um custo financeiro persistente.

Na prática, os ETFs com perfil dominante ESG incorporam simultaneamente as duas dimensões. Por um lado, aplicam filtros de exclusão que restringem o universo de investimento e podem gerar um custo estrutural de diversificação. Por outro, atraem investidores que valorizam intrinsecamente a sustentabilidade e estão dispostos a aceitar rendibilidades esperadas potencialmente inferiores em troca de um perfil ESG superior. Este dilema constitui um problema económico relevante, e a taxa de sacrifício ESG operacionaliza-a empiricamente, medindo a diferença de rendibilidade ajustada ao risco entre ETFs convencionais e os seus pares ESG comparáveis.

2.2 Impacto do Perfil ESG na Rendibilidade

Na perspetiva da preferência, os critérios ESG não são restrições externas, mas componentes da função de utilidade do investidor. Fama & French (2007) formalizam num modelo de equilíbrio que investidores com preferências por determinados ativos estão dispostos a aceitar rendibilidades esperadas inferiores em troca da utilidade não financeira que esses ativos proporcionam, resultado confirmado empiricamente em ETFs ESG por Giglio et al. (2025).

Pástor et al. (2021) desenvolvem um modelo de equilíbrio geral que demonstra que, quando uma proporção significativa dos investidores tem preferências por ativos com melhores perfis ESG, a procura adicional eleva os seus preços de equilíbrio e comprime as rendibilidades esperadas. O diferencial de rendibilidade entre ativos ESG e convencionais não representa uma ineficiência, mas o preço de equilíbrio das preferências de sustentabilidade.

O impacto do perfil ESG na rendibilidade dos ETFs, não apresenta conclusões uniformes, refletindo a complexidade da relação entre sustentabilidade e rendibilidade. Esta secção analisa as principais evidências, organizadas em três subsecções: impacto positivo, impacto negativo e evidência mista.

No que se refere às evidências no impacto positivo, Friede et al. (2015) após a revisão de mais de 2.200 estudos empíricos, concluem que a integração de critérios ESG tende a melhorar o desempenho financeiro de carteiras de investimento, especialmente em períodos de médio e longo prazo, com aproximadamente 90% da evidência a apontar para uma relação não negativa entre o perfil ESG e o desempenho financeiro. Estes autores atribuem este comportamento à menor exposição a riscos reputacionais, regulatórios e operacionais, bem como a uma gestão de qualidade superior em empresas com elevados *scores* ESG, em períodos de crise.

Todavia, Supatgiat et al. (2025) mostram que os ETFs com integração ESG apresentam rendibilidades ajustadas ao risco superiores, em fases de recuperação pós-crise, como observado durante e após o período pandémico. Assim, o pilar de governação pode contribuir para a estabilidade em períodos de incerteza económica (Kovacs et al., 2024).

Em sentido contrário, Folger-Laronde et al. (2022) documentam que, durante a quebra de mercado provocada pela pandemia de 2020, níveis mais elevados de desempenho de sustentabilidade dos ETFs não protegeram os investimentos de perdas financeiras, sugerindo que *scores* ESG elevados não garantem por si só um menor *drawdown*.

Além do comportamento durante crises, o desempenho relativo dos ETFs ESG depende também da composição sectorial das carteiras. Blitz & Swinkels (2023) demonstram que a exclusão de sectores de elevada rendibilidade, como o da energia fóssil, implica um custo financeiro. A crise energética de 2022 desencadeada pela guerra na Ucrânia é uma ilustração do contexto em que este tipo de custo se torna relevante (Ahad et al., 2024).

Desse modo, manter uma carteira ESG tem custos específicos que não existem nas carteiras convencionais, nomeadamente os custos de acesso a dados de classificação ESG e os custos de transação forçados pelas revisões periódicas dos *scores* ESG, independentemente das condições de mercado. Bertelli & Torricelli (2024) mostram que estes custos reduzem a rendibilidade líquida das estratégias ESG.

Esta questão é particularmente relevante para os ETFs passivos. Num ETF ativo, o gestor pode compensar o impacto dos filtros ESG selecionando outros títulos disponíveis dentro do universo restringido. Num ETF passivo essa margem não existe: o ETF replica mecanicamente o índice subjacente, sem que o gestor possa tomar decisões próprias sobre a composição da carteira (Dumitrescu et al., 2023).

A evidência empírica é, porém, inconclusiva e heterogénea, refletindo diferenças metodológicas, períodos de análise e categorias de ativos. Berg et al. (2022) mostram que parte desta heterogeneidade resulta da divergência entre a informação fornecida pelas agências de dados ESG.

Para além disso, Nofsinger & Varma (2014) documentam que o desempenho relativo dos fundos SRI face aos convencionais varia consoante o ciclo económico, com estes fundos a superarem os convencionais em períodos de crise financeira, enquanto em períodos de expansão económica apresentam, em geral, um desempenho inferior. Esta dependência temporal é relevante também para os ETFs ESG, cuja vantagem competitiva face aos convencionais pode variar consoante o ciclo de mercado e a composição sectorial dos índices subjacentes.

Em síntese, Gibson Brandon et al. (2021) demonstram que empresas com maior divergência entre os scores ESG atribuídos por diferentes fornecedores de dados oferecem, em média, rendibilidades mais elevadas aos investidores, como compensação pela incerteza que essa divergência cria. Para ETFs cujos índices subjacentes incluam um número significativo dessas empresas, pode intuir-se que esta incerteza se traduz também num custo financeiro mais elevado.

2.3 Custo de Oportunidade da Sustentabilidade

Quantificar o custo financeiro da integração ESG constitui um dos temas mais debatidos na literatura de finanças sustentáveis. O investidor que privilegia ativos com melhores padrões ESG pode incorrer num sacrifício de rendibilidade ajustada ao risco face ao investidor que não aplica qualquer restrição de sustentabilidade ao seu processo de seleção de ativos (Geczy et al., 2021).

O custo de oportunidade da sustentabilidade decorre de dois mecanismos distintos. O primeiro, de natureza estrutural e já abordado na secção 2.1, resulta da restrição do universo de seleção de investimento imposta pela aplicação de filtros ESG. Renneboog et al. (2008a) e Hong & Kacperczyk (2009) fornecem uma primeira quantificação deste custo financeiro. Esta filtragem traduz-se, em média, num alfa negativo ou neutro face a índices de referência convencionais, ou seja, a carteira ESG tende a ter um desempenho igual ou ligeiramente inferior ao do mercado. Isto

acontece porque os sectores excluídos pelo filtro ESG são evitados por muitos investidores com restrições éticas, o que reduz a procura por essas ações e, consequentemente, faz com que ofereçam rendibilidades mais altas a quem as detém.

O segundo mecanismo, de natureza comportamental, a propósito do modelo de equilíbrio geral de Pástor et al. (2021), resulta do impacto das preferências dos investidores sobre os preços dos ativos. Quando uma proporção significativa dos investidores valoriza ativos com melhores perfis ESG, a procura adicional eleva os seus preços e comprime as rendibilidades esperadas.

2.3.1 Magnitude do Custo Financeiro da Sustentabilidade

A evidência empírica sobre a magnitude e o sinal do custo financeiro da sustentabilidade parece ser heterogénea, estando dependente do período de análise, da geografia e da metodologia utilizada. Estudos sobre o desempenho de índices MSCI³ ESG face a índices convencionais na Europa concluem que os índices replicados com critérios ESG apresentam desempenho equivalente ou ligeiramente superior, sugerindo que o custo financeiro da sustentabilidade pode ser nulo ou negativo em determinados contextos de mercado (Kossentini et al., 2024).

Alguns estudos mostram que estratégias de seleção positiva de ativos com elevadas classificações ESG geram rendibilidades ajustadas ao risco superiores às de estratégias convencionais nos EUA (Kempf & Osthoff, 2007). Em sentido contrário, Blitz & Swinkels (2023) demonstram que a exclusão de empresas de sectores como tabaco, álcool, jogo e armamento implica um custo financeiro. Neste mesmo sentido, Gantchev et al. (2024) mostram que fundos que aumentaram as suas posições em ativos sustentáveis para melhorar as suas classificações *Morningstar*⁴ tiveram um desempenho inferior, mostrando que o custo financeiro da sustentabilidade pode surgir mesmo quando a estratégia é de seleção positiva e não de exclusão.

Apesar disso, pode argumentar-se que as rendibilidades superiores dos ETFs ESG face aos convencionais num período recente resultam mais de um aumento temporário das preferências dos investidores por sustentabilidade, do que de

³ Morgan Stanley Capital International

⁴ <https://global.morningstar.com/en-eu>

rendibilidades esperadas sistematicamente superiores. Deveras, Yang et al. (2025) demonstram que o prémio ESG é não-linear e varia consoante o período de análise e o tipo de *score* utilizado, evidenciando que as rendibilidades observadas refletem condições particulares de mercado e não uma vantagem estrutural dos ativos sustentáveis.

2.3.2 *Greenium* vs Custo de Oportunidade de Sustentabilidade

O conceito de *greenium* foi inicialmente desenvolvido no contexto das obrigações verdes, designando o diferencial de rendibilidade que os investidores aceitam sacrificar para terem obrigações com certificação ambiental face a obrigações convencionais de características equivalentes.

Embora Zerbib (2019) constate a existência de um *greenium* negativo e estatisticamente significativo (cerca de dois pontos base), no mercado global de obrigações verdes, Larcker e Watts (2020) não encontram evidência de um *greenium* significativo no mercado de obrigações municipais nos Estados Unidos, sugerindo um diferencial de rendibilidade praticamente nulo.

A transposição direta do conceito de *greenium* para ETFs apresenta limitações conceptuais relevantes, pelo qual não constitui um modelo de referência direto. Enquanto o *greenium* em obrigações é um diferencial de *yield* entre instrumentos com o mesmo emissor, a mesma maturidade e cupão, a taxa de sacrifício ESG mede algo diferente: a diferença entre rácios de *Sharpe* de dois ETFs compatíveis, embora possam ter sectores e áreas geográficas distintas. O enquadramento teórico mais adequado é a fronteira eficiente ESG de Pedersen et al. (2021), segundo a qual o custo de integrar critérios ESG corresponde ao afastamento da carteira relativamente à combinação ótima de rendibilidade e risco sem restrições de sustentabilidade.

3 Metodologia

3.1 Enquadramento Metodológico

A metodologia adota uma abordagem quantitativa, assente na recolha e análise de dados de mercado e de sustentabilidade disponíveis em fontes institucionais, complementada pela aplicação de métodos de decisão multicritério. Esta opção decorre diretamente dos objetivos de investigação definidos, que exigem o tratamento sistemático de dados comparáveis, sem recurso a dados primários obtidos através de inquéritos ou entrevistas.

A metodologia combina três componentes analíticas, que se articulam em sequência lógica:

1. Componente I – Análise comparativa: avaliação do desempenho financeiro e do perfil ESG de uma amostra de 36 ETFs.
2. Componente II – Modelo multicritério AHP-CRITIC-TOPSIS: estruturação hierárquica dos critérios de avaliação, derivação de pesos e ordenação dos ETFs segundo um índice de desempenho composto.
3. Componente III – Taxa de sacrifício ESG: cálculo e análise do custo financeiro ajustado ao risco associado à preferência por ETFs sustentáveis relativamente aos seus pares convencionais.

O tratamento e análise dos dados são realizados em Microsoft Excel e AHP-OS. O Excel é utilizado para a organização e validação dos dados, para o cálculo das métricas financeiras, para a aplicação do método CRITIC e para a implementação do modelo TOPSIS. O AHP-OS, desenvolvido por Goepel (2018), é utilizado para derivar os pesos AHP entre o grupo de critérios financeiros e o grupo de critérios ESG. Este cálculo é efetuado através de comparações par a par, assegurando que os julgamentos dos investidores satisfazem o limiar de consistência de 0,10 estabelecido por Saaty (1980). Os pesos dentro de cada grupo de critérios são derivados objetivamente pelo método CRITIC, desenvolvido por Diakoulaki et al. (1995), que determina os pesos com base na variabilidade e na correlação entre critérios, com aplicações recentes em gestão de carteiras de investimento (Goutte et al., 2025).

3.2 Processo de Seleção da Amostra

A amostra é constituída por 36 ETFs, 18 convencionais e 18 com filtro ESG, organizados em 18 pares comparáveis. A dimensão da amostra resulta da aplicação simultânea dos seguintes quatro critérios que visam assegurar a comparabilidade entre os dois grupos.

Critério 1 – Dimensão mínima: volume de ativos sob gestão superior a 500 milhões de dólares, assegurando liquidez e representatividade de mercado e reduzindo distorções associadas a produtos de nicho.

Critério 2 – Exposição geográfica: o ETF ESG e o seu par convencional devem replicar a mesma área geográfica, de forma que as diferenças de desempenho sejam atribuíveis ao filtro ESG e não a diferenças de exposição.

Critério 3 – Disponibilidade de *scores* ESG: *Bloomberg ESG Scores* com base em empresas, excluindo ETFs de replicação sintética.

Critério 4 - Período mínimo de dados: disponibilidade de dados de preços históricos diários desde maio de 2020, assegurando a comparabilidade temporal entre os dois ETFs de cada par.

A conjugação dos critérios 2 e 3 é particularmente restritiva. A exigência de correspondência geográfica entre o par e a disponibilidade de *scores* ESG por pilar na Bloomberg elimina a maioria dos ETFs disponíveis no mercado porque muitos ETFs ESG não têm um equivalente convencional com exposição geográfica igual ou não têm classificação ESG completa para todos os pilares.

3.3 Fontes de Dados e Período de Análise

A recolha de dados é realizada a partir de duas fontes primárias e uma complementar, cuja utilização conjunta visa assegurar a consistência dos dados utilizados na análise empírica.

1. *Bloomberg Terminal*: fonte primária para os dados ESG, nomeadamente, os *scores* por pilar ambiental, social e de governação. Utilizada igualmente para validação dos dados financeiros históricos.
2. *LSEG Refinitiv*: fonte primária para os dados de preços históricos diários, a partir dos quais foram calculadas as métricas financeiras, Rendibilidade, volatilidade, rácio de *Sharpe*, rácio de *Sortino* e máximo *drawdown*.
3. *Morningstar*: fonte complementar para classificações de sustentabilidade, incluindo o *ESG Risk Score* da *Sustainalytics* e o *Carbon Risk Score*, permitindo confirmar e enriquecer a informação de sustentabilidade recolhida na *Bloomberg*.

O período de análise abrange maio de 2020 a maio de 2026, e atravessa o período pós-pandémico marcado pela aceleração da adoção de estratégias ESG e pela materialização dos riscos climáticos nos preços dos ativos financeiros.

A análise neste período permite testar a hipótese de que o custo financeiro da sustentabilidade se tem vindo a reduzir à medida que a integração ESG se foi aprofundando. Importa, contudo, reconhecer que a taxa de sacrifício calculada a partir de dados observados pode não refletir as rendibilidades esperadas de equilíbrio.

3.4 Emparelhamento de ETFs Compatíveis

A validade interna do custo de oportunidade da sustentabilidade depende da consistência dos parâmetros de emparelhamento entre ETFs convencionais e ESG. Sem esta, o custo de oportunidade da sustentabilidade pode traduzir diferenças de exposição geográfica, sectorial ou de fatores entre pares de ETFs, em vez de refletir apenas o efeito isolado do filtro ESG. Sendo assim, podem ser identificadas três abordagens de emparelhamento.

O emparelhamento por índice de referência compara fundos que seguem os mesmos índices de mercado, minimizando as diferenças de composição geográfica, sectorial ou de outros fatores entre os pares. Este critério é considerado o mais robusto pela literatura de desempenho de fundos SRI (Renneboog et al., 2008a, 2008b; Bauer et al., 2005), sendo por isso adotado neste trabalho para a construção dos pares de ETFs comparáveis.

O emparelhamento por exposição de fatores tenta garantir que os dois ETFs de cada par têm características semelhantes em termos de dimensão das empresas, estilo de investimento (valor) e tendência recente de preços (*momentum*), fatores que Madhavan et al. (2021) mostram estarem associados aos scores ESG dos fundos. O emparelhamento por área geográfica e classe de ativos, sugerido por Dumitrescu et al. (2023), é menos exigente e adequado quando não existe versão ESG do mesmo índice.

Neste trabalho adota-se o critério de emparelhamento por índice de referência sempre que disponível. Este critério é complementado pelo critério da área geográfica e da classe de ativos, sempre que não existe versão ESG compatível do mesmo índice. Reconhece-se que mesmo com emparelhamento por índice de referência, podem subsistir diferenças residuais de exposição a fatores de risco.

Em particular, diferentes pesos sectoriais e processos de seleção podem influenciar os diferenciais de desempenho observados. Berg et al. (2022) assinalam que a divergência metodológica entre fornecedores de dados ESG é uma limitação estrutural dificilmente eliminável, o que se reflete também na comparabilidade entre ETFs com composições sectoriais distintas.

3.5 Critérios de Avaliação e Métricas de Desempenho

3.5.1 Taxa de Sacrifício ESG Observada

3.5.1.1 Operacionalização e Evolução da Taxa de Sacrifício

A taxa de sacrifício ESG observada emerge como medida do custo financeiro implícito nas preferências de sustentabilidade dos investidores. Jørgensen & Plovst (2023) abordam esta diferença entre fundos ESG e convencionais, quantificando o custo associado à integração de filtros ESG em termos de sacrifício da rentabilidade anual.

Importa sublinhar que a taxa de sacrifício calculada a partir de dados históricos reflete rentabilidades realizadas e não rentabilidades esperadas de equilíbrio. Com efeito, Hartzmark & Sussman (2019) documentam que a forte procura por ativos sustentáveis gera entradas significativas de capital. Isto traduz-se numa elevação dos preços e as rentabilidades realizadas dos fundos ESG, sem que tal reflita necessariamente um desempenho estrutural superior.

O fundamento teórico mais adequado para enquadrar este indicador é a fronteira eficiente ESG de Pedersen et al. (2021), que define o custo da integração ESG como o afastamento da carteira face à fronteira eficiente irrestrita de média-variância. O *greenium* aparece como antecedente histórico do conceito, mas não como modelo de referência direto.

3.5.1.2 Definição da Taxa de Sacrifício

A taxa de sacrifício ESG é calculada para cada um dos 18 pares de ETFs comparáveis. O custo do investimento sustentável traduz a perda de desempenho financeiro que o investidor aceita ao restringir o seu universo de escolha a ativos com bom perfil ESG.

Com base no quadro conceptual de Geczy et al. (2021), que medem o custo de investimento sustentável como a perda do rácio de *Sharpe* resultante da imposição de restrições de sustentabilidade, a taxa de sacrifício é operacionalizada neste trabalho como a diferença direta no rácio de *Sharpe* entre cada par de ETFs comparáveis:

$$\Omega = S_{Conv} - S_{ESG} \quad (1)$$

onde S_{Conv} representa o rácio de *Sharpe* do ETF convencional e S_{ESG} o rácio de *Sharpe* do ETF ESG equivalente.

A análise da taxa de sacrifício permite identificar três regimes económicos. Com base num limiar de $\Omega \approx \frac{\sigma_{amostra}}{3} \approx 0,05$, que corresponde a aproximadamente um terço do desvio-padrão da taxa de sacrifício na amostra, quando $\Omega > \frac{\sigma_{amostra}}{3}$, a integração de critérios ESG implica redução do desempenho ajustado ao risco e o investidor incorre num custo financeiro ao preferir o ETF ESG. Quando $|\Omega| \leq \frac{\sigma_{amostra}}{3}$, existe neutralidade entre sustentabilidade e desempenho financeiro. Quando $\Omega < -\frac{\sigma_{amostra}}{3}$, o ETF ESG supera o convencional em desempenho ajustado ao risco, designando-se por ganho líquido ESG.

3.5.2 Métricas Financeiras

As métricas financeiras utilizadas como critérios de avaliação no modelo AHP-CRITIC-TOPSIS são calculadas a partir de dados históricos de preços ajustados recolhidos nas três fontes de dados. A seleção das cinco métricas, *rendibilidade*, *rácio de Sharpe*, *rácio de Sortino*, *volatilidade* e *máximo drawdown*, justifica-se pela sua complementaridade e aplicação conjunta em modelos TOPSIS de avaliação financeira, conforme documentado por Zournatzidou et al. (2025).

3.5.2.1 Rendibilidade

A rendibilidade anual $R_{a,i}$ de cada ETF i corresponde à taxa de crescimento anual composta ao longo de cada subperíodo, incluindo dividendos reinvestidos:

$$R_{a,i} = \left(\prod_{t=1}^N (1 + R_{t,i}) \right)^{k/N} - 1 \quad (2)$$

onde $R_{t,i}$ representa a rendibilidade do período t , k o número de subperíodos e N o número total de períodos.

3.5.2.2 Rácio de Sharpe

O rácio de *Sharpe* mede o excesso de rendibilidade de um ETF face à taxa de juro sem risco por unidade de risco total, penalizando tanto as oscilações positivas como as negativas. A taxa de juro sem risco varia consoante a origem dos ETFs. Nos EUA utiliza-se tipicamente a taxa das Obrigações do Tesouro a três meses, na Europa a taxa de referência do BCE, e para ETFs de âmbito global a prática mais comum é adotar a taxa dos EUA (Sharpe, 1994).

$$S_i = \frac{R_{a,i} - R_f}{\sigma_{a,i}} \quad (3)$$

Onde $R_{a,i}$ representa a rendibilidade anual do ETF i , R_f a taxa de juro anual sem risco e $\sigma_{a,i}$ o desvio-padrão anual das rendibilidades do ETF i .

Para efeitos de comparação com índices de proximidade TOPSIS, define-se um rácio de *Sharpe* normalizado ($\hat{S}_i$) pelo método min-max aplicado a cada ETF i da amostra:

$$\hat{S}_i = \frac{S_i - S_{min}}{S_{max} - S_{min}} \quad (4)$$

Onde S_{min} e S_{max} representam o valor mínimo e o valor máximo do rácio de *Sharpe* na amostra.

3.5.2.3 Rácio de Sortino

O rácio de *Sortino* complementa a análise focando exclusivamente o risco de descida, distinguindo a volatilidade desfavorável ao investidor da volatilidade favorável. É calculado substituindo o desvio-padrão total pelo desvio negativo face a uma rendibilidade mínima aceitável:

$$T_i = \frac{R_{a,i} - R_f}{\sigma_{n,i} \sqrt{N}} \quad (5)$$

Onde T_i representa o rácio de *Sortino* do ETF i , $R_{a,i}$ a rendibilidade anualizada do ETF i , R_f a taxa de juro anual sem risco utilizada como rendibilidade mínima aceitável e N o número de dias de negociação por ano. O desvio-padrão anualizado dos desvios negativos diários do ETF i , $\sigma_{n,i}$, é dado por:

$$\sigma_{n,i} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N \min(0, R_{t,i} - \bar{R}_i)^2} \quad (6)$$

3.5.2.4 Volatilidade

A volatilidade anualizada, $\sigma_{a,i}$, de cada ETF i , é calculada como o desvio-padrão das rendibilidades diárias multiplicado pela raiz quadrada de:

$$\sigma_{a,i} = \sigma_{t,i} \sqrt{N} = \left(\sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{t=1}^N (R_{t,i} - \bar{R}_i)^2} \right) \sqrt{N} \quad (7)$$

Onde $R_{t,i}$ representa a rendibilidade diária do ETF i no dia t , calculada como a variação percentual do preço de fecho ajustado entre dois dias consecutivos de negociação. $\bar{R}_i$ representa a rendibilidade média diária do ETF i , ao longo do período de análise, calculada como a média aritmética das rendibilidades diárias observadas.

3.5.2.5 Máximo Drawdown

O máximo *drawdown* capta a magnitude máxima de perda acumulada ao longo do período de análise, refletindo o risco das perdas do ETF, em contexto de crise, serem concentradas num momento específico.

$$MDD_i = \min_{t \in [0, T]} \left[\frac{V_{t,i} - \max_{s \leq t} V_{s,i}}{\max_{s \leq t} V_{s,i}} \right] \quad (8)$$

onde $V_{t,i}$ representa o valor do ETF i no dia t e $\max_{s \leq t} V_{s,i}$ o valor máximo histórico acumulado do ETF i até ao dia t . O resultado corresponde à maior perda percentual registada entre um pico e o vale subsequente em qualquer ponto do período de análise.

Em conjunto, as cinco métricas asseguram uma avaliação multidimensional do desempenho que equilibra rendibilidade e risco numa perspetiva tanto simétrica (*Sharpe*) como assimétrica (*Sortino*), sendo adequadas para alimentar o modelo AHP-CRITIC-TOPSIS.

3.5.3 Métricas ESG

As métricas de sustentabilidade utilizadas como critérios de avaliação no modelo AHP-CRITIC-TOPSIS são recolhidas a partir da *Bloomberg Terminal*. A seleção de três métricas (score ambiental, score social e score de governação) reflete a estrutura tridimensional do risco de sustentabilidade.

É consistente com a abordagem de avaliação de desempenho ESG desagregado por pilar descrita por Broadstock et al. (2021). A opção pela *Bloomberg Terminal* justifica-se pela consistência interna das métricas recolhidas para todos os ETFs da amostra e pela disponibilidade de dados desagregados por pilar, condição necessária para a operacionalização do modelo AHP-CRITIC-TOPSIS.

3.5.3.1 Score Ambiental

O Score Ambiental de cada empresa, E_c , é calculado como uma média ponderada das variáveis ambientais, com pesos determinados pela prioridade de cada uma para o sector em análise (Bloomberg, 2025).

$$E_c = (\sum_k w_k (I_k + s)^p)^{1/p} - s \quad (9)$$

com $p = 0,5$ e $s = 1$, em que I_k representa a variável do tema k e w_k , o peso determinado pela prioridade desse tema para o sector. O uso de uma média ponderada penaliza o desempenho inconsistente entre os temas das variáveis ambientais, já que uma empresa com desempenho muito fraco num tema não consegue compensar através de bons resultados noutro (Bloomberg, 2025).

Os três temas ambientais escolhidos foram: *a gestão de emissões de GEE*⁵, *exposição climática* e *gestão energética*. De acordo com Bloomberg (2025), estes três temas figuram sistematicamente como maior prioridade nos modelos de *scoring* ambiental.

Cada variável do tema resulta, por sua vez, da combinação de uma variável de desempenho com um fator de divulgação. A variável de desempenho agrega variáveis de subtemas agrupadas através de uma média ponderada.

$$M_k = \left(\sum_j w_j (Q_j + s)^p \right)^{1/p} - s \quad (10)$$

O fator de divulgação mede a proporção das variáveis de temas e subtemas com valor efetivamente divulgados pela empresa:

$$DF_k = \frac{\sum \text{pontos divulgados}}{\sum \text{pontos totais}} \quad (11)$$

Ao nível do ETF, o score ambiental é calculado como uma média ponderada dos scores ambientais das empresas constituintes:

⁵ Gases com Efeito de Estufa

$$E_i = \sum_{z=1}^Z w_z E_z \quad (12)$$

em que E_i representa o *score* ambiental do fundo e E_z , o *score* ambiental da empresa z . Broadstock et al. (2021) evidenciaram que empresas com melhores perfis ESG apresentaram maior resiliência financeira em períodos de crise, sugerindo que o pilar ambiental contribui para mitigar riscos sistémicos.

3.5.3.2 Score Social

O *score* social de cada empresa, L_c , é calculado como uma média ponderada das variáveis de tema, com pesos determinados pela sua prioridade para o sector em análise (Bloomberg, 2025). É dado por:

$$L_c = (\sum_k \tilde{w}_k (I_k + s)^p)^{1/p} - s \quad (13)$$

Com p e s previamente definidos na Equação (8), em que I_k representa a variável de tema k e $\tilde{w}_k$, o peso dado por:

$$\tilde{w}_k = 1 + e^{0,5 \times (3-k)} \quad (14)$$

Os pesos não decrescem de forma linear, refletindo a importância das prioridades mais altas, em que temas de menor prioridade têm menor impacto no *score* social, mantendo ainda assim um papel de divulgação (Bloomberg, 2025).

Ao nível do ETF, o *score* social é calculado como média ponderada dos *scores* sociais das empresas constituintes, ponderados pelo peso de cada empresa na carteira:

$$L_i = \sum_{z=1}^Z w_z L_z \quad (15)$$

em que L_i representa o *score* social do fundo e L_z o *score* social da empresa z .

Neste caso, Broadstock et al. (2021) documentam que este pilar assumiu maior destaque durante o período pandémico, com investidores a atribuir maior relevância a práticas de gestão de capital humano e políticas de responsabilidade social.

3.5.3.3 Score de Governação

O *score* de governação de cada empresa, G_c , é calculado como uma média ponderada dos valores das variáveis de tema, com pesos determinados pela prioridade de cada tema para o sector em análise (Bloomberg, 2025):

$$G_c = (\sum_k \tilde{w}_k (N_k + s)^p)^{1/p} - s \quad (16)$$

com $p = 0,5$ e $s = 1$, conforme definido anteriormente, em que N_k representa a pontuação do tema k e $\tilde{w}_k$ o peso dado por:

$$\tilde{w}_k = 1 + e^{0,5 \times (3-k)} \quad (17)$$

em que $\tilde{w}_k$ representa o valor atribuído ao tema com ranking de prioridade k , em que $k = 1$ corresponde ao tema de maior prioridade. Após o cálculo dos pesos absolutos de cada tema, estes são divididos pelo total para obter pesos relativos, sendo estes utilizados no cálculo do score de governação (Bloomberg, 2025).

O score de governação avalia as práticas de governação das empresas constituintes em quatro temas: *Composição do conselho de administração*, *Remuneração dos executivos*, *Direitos dos acionistas* e *Auditoria*. O peso relativo destes temas é determinado pela Bloomberg Intelligence, sendo a *composição do conselho* o tema de maior peso (35%), seguido da *remuneração dos executivos* e dos *direitos dos acionistas* (aproximadamente 25% cada) e da *auditoria* (15%).

Ao contrário dos scores ambiental e social, cujos pesos variam por indústria, o score de governação, tem um ranking de prioridade uniforme em todas as indústrias, refletindo o maior peso de fatores específicos de mercado e país face a fatores sectoriais (Bloomberg, 2025).

Ao nível do ETF, o score é calculado como média ponderada dos scores das empresas constituintes:

$$G_i = \sum_{z=1}^Z w_z G_z \quad (18)$$

em que G_i representa o score de governação do fundo e G_z o score de governação da empresa z . Kovacs et al. (2024) documentam que o pilar de governação apresenta uma relação particularmente robusta com o desempenho financeiro em períodos de incerteza, com empresas de melhor governação a registar retornos anormais mais elevados durante choques de mercado.

3.6 Modelo AHP-CRITIC-TOPSIS

O modelo multicritério integra três métodos em sequência: AHP para derivar as ponderações entre grupos de critérios, CRITIC para derivar as ponderações dentro de cada grupo, e TOPSIS para a ordenação final dos ETFs. Esta combinação permite conjugar julgamentos de preferência explícitos sobre a importância relativa dos

dois grupos com ponderações objetivas baseadas nos dados, mantendo o rigor computacional da ordenação final dos ETFs.

3.6.1 Estrutura Hierárquica

O modelo organiza-se em três níveis. O primeiro nível corresponde ao objetivo: determinar a taxa de sacrifício ESG entre os ETFs. O segundo nível divide os critérios em dois grupos: financeiro e ESG. O terceiro nível corresponde às métricas financeiras para o grupo financeiro e as métricas ESG para o grupo ESG.

O grupo financeiro inclui cinco métricas: Rendibilidade, Rácio de *Sharpe*, Rácio de *Sortino*, Volatilidade e Máximo *drawdown*. O grupo ESG inclui três métricas: *Score* ambiental, *Score* social e *Score* de governação.

3.6.1.1 Derivação das Ponderações entre Grupos (AHP)

As ponderações entre o grupo financeiro e o grupo ESG são obtidas através do AHP, com base numa matriz de comparação par a par seguindo a escala de (Saaty, 1980). Para dois grupos, a matriz de comparação tem a seguinte forma:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & a_{12} \\ 1/a_{12} & 1 \end{pmatrix} \quad (19)$$

em que a_{12} representa a importância relativa do grupo financeiro face ao grupo ESG. O vetor de ponderações é obtido pela normalização da média geométrica das linhas da matriz.

O modelo base assume que os dois grupos têm igual predominância, tratando os dois de forma equitativa com 50% cada, correspondendo a $a_{12} = 1$. Para capturar a sensibilidade dos resultados à preferência do investidor, o modelo é aplicado em mais dois cenários com ponderações distintas entre grupos.

O cenário 1 atribui maior peso à dimensão financeira, com 75% para o grupo financeiro e 25% para o grupo ESG. O cenário 2 inverte a predominância, atribuindo 25% ao grupo financeiro e 75% ao grupo ESG.

Com dois critérios na matriz AHP, o rácio de consistência (RC) é zero por construção em todos os cenários, satisfazendo o requisito $RC < 0,10$ (Saaty, 1980).

3.6.1.2 Derivação dos Pesos dentro de Cada Grupo (CRITIC)

Os pesos do grupo financeiro e do grupo ESG são derivados pelo método CRITIC (Diakoulaki et al., 1995). O CRITIC determina os pesos com base em dois elementos: a variabilidade de cada critério entre os ETFs, medida pelo desvio-padrão, e a correlação entre critérios, que penaliza critérios redundantes.

Assim, os pesos CRITIC são calculados com base na dispersão dos 36 ETFs da amostra global, o que inclui variância entre áreas geográficas. O emparelhamento existe precisamente para controlar essas diferenças geográficas. Esta opção é justificável porque os pesos pretendem captar a importância relativa de cada critério no universo completo da amostra, e não apenas no interior de cada par.

O método parte da matriz de decisão normalizada:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{i1} & \cdots & x_{ij} \end{pmatrix} \quad (20)$$

e da matriz de correlação entre critérios:

$$R = \begin{pmatrix} 1 & \cdots & r_{1j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{i1} & \cdots & 1 \end{pmatrix} \quad (21)$$

O peso de cada critério j é calculado como:

$$w_j = \frac{y_j}{\sum_{m=1}^M y_m} \quad (22)$$

onde w_j representa o peso do critério j , obtido pelo rácio entre a métrica y_j associada a esse critério e a soma das M métricas da amostra, onde:

$$y_j = \sigma_j \times \sum_i (1 - r_{ij}) \quad (23)$$

sendo σ_j o desvio-padrão do critério j e r_{ij} o coeficiente de correlação entre os critérios i e j .

Esta abordagem tem duas vantagens práticas. Elimina a subjetividade inerente às comparações par a par quando aplicadas a subcritérios com escalas muito distintas. Assegura ainda que critérios altamente correlacionados, como o rácio de *Sharpe* e o rácio de *Sortino*, não sejam sobredimensionados no modelo final.

3.6.2 Normalização e Cálculo dos Scores Compostos

Antes da agregação final, os dados são normalizados distinguindo critérios de benefício, a maximizar, e critérios de custo, a minimizar. São critérios de benefício a *rendibilidade*, o *rácio de Sharpe*, o *rácio de Sortino*, o *score ambiental*, o *score social* e o *score de governação*, uma vez que valores mais elevados refletem melhor desempenho financeiro ou de sustentabilidade. São critérios de custo a *volatilidade* e o *máximo drawdown*, dado que valores mais elevados representam maior risco ou perda para o investidor.

O *score* financeiro, P_i^F , e o *score* ESG, P_i^{ESG} , de cada ETF são calculados como somas ponderadas dos critérios normalizados dentro de cada grupo:

$$P_i^F = \sum_{j \in F} w_j^F \cdot x_{ij} \quad (24)$$

$$P_i^{ESG} = \sum_{k \in E} w_k^{ESG} \cdot x_{ik} \quad (25)$$

em que P_i^F representa o *score* financeiro do ETF i , P_i^{ESG} o *score* ESG do ETF i , w_j^F o peso do critério financeiro j derivado pelo CRITIC, w_k^{ESG} o peso do critério ESG k derivado pelo CRITIC, x_{ij} o valor normalizado do critério financeiro j para o ETF i , x_{ik} o valor normalizado do critério ESG k para o ETF i , F o conjunto dos critérios financeiros e E o conjunto dos critérios ESG.

Estes *scores* permitem uma leitura direta do posicionamento de cada ETF nas duas dimensões antes da agregação final. O *score* global de cada ETF, Ψ_i , combina os dois *scores* através dos pesos derivados pelo AHP:

$$\Psi_i = w_F \cdot P_i^F + w_{ESG} \cdot P_i^{ESG} \quad (26)$$

com $w_F + w_{ESG} = 1$, em que w_F e w_{ESG} representam os pesos atribuídos pelo AHP ao grupo financeiro e ao grupo ESG, respetivamente, variando conforme o cenário de preferência do investidor considerado.

3.6.3 Ordenação pelo TOPSIS

Com os pesos obtidos do AHP e do CRITIC, o TOPSIS ordena os ETFs em cinco etapas, seguindo a abordagem de Bilbao-Terol et al. (2014) na avaliação multicritério de fundos com critérios financeiros e de sustentabilidade.

Primeiro, constrói-se a matriz de decisão $X = [x_{ij}]$, com $i = 1, \dots, x$ ETFs e $j = 1, \dots, 8$ critérios. Segundo, aplica-se a normalização vetorial:

$$\hat{x}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_i x_{ij}^2}} \quad (27)$$

Terceiro, obtém-se a matriz ponderada $\hat{x}_{ij}$:

$$v_{ij} = w_j \times \hat{x}_{ij} \quad (28)$$

Quarto, identificam-se as soluções ideais positiva e negativa, A^+ e A^- , correspondendo ao melhor e pior valor em cada critério. Quinto, calculam-se as distâncias euclidianas a cada solução ideal e o índice de proximidade:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad (29)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_j (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad (30)$$

$$\Phi_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}, 0 \leq \Phi_i \leq 1 \quad (31)$$

Quanto maior o valor de Φ_i , melhor o posicionamento do ETF, por estar mais próxima da solução ideal positiva. A ordenação final é aplicada separadamente para cada um dos três cenários AHP, produzindo três scores distintos que alimentam a análise da taxa de sacrifício ESG.

3.7 Análise de Sensibilidade

A análise de sensibilidade avalia a robustez da ordenação multicritério obtida pelo modelo AHP-CRITIC-TOPSIS perante diferentes regimes de preferência entre desempenho financeiro e sustentabilidade ESG. São definidos dois cenários de preferência, além do cenário base (Tabela 1):

Tabela 1: Cenários de Preferência

Cenário	Peso (F)	Peso (ESG)	Interpretação
Base	0,50	0,50	Neutralidade
C1	0,75	0,25	Predominância Financeira
C2	0,25	0,75	Predominância ESG

3.7.1 Sensibilidade da Taxa de Sacrifício por Par

Para cada par de ETFs comparáveis, a taxa de sacrifício Ω é recalculada nos três cenários AHP, obtendo Ω^{Base} , Ω^{C1} e Ω^{C2} . A variação de Ω entre cenários para cada par h é calculada, seguindo uma abordagem de análise de sensibilidade TOPSIS com semelhanças à descrita por Li et al. (2013) e Więckowski et al. (2023):

$$\Delta\Omega_h^{C1} = \Omega_h^{C1} - \Omega_h^{Base} \quad (32)$$

$$\Delta\Omega_h^{C2} = \Omega_h^{C2} - \Omega_h^{Base} \quad (33)$$

Um par é considerado robusto se o sinal de Ω se mantiver constante nos três cenários. Uma inversão de sinal, em que $\Omega > 0$ no cenário base passa a $\Omega < 0$ num cenário alternativo, ou vice-versa, indica que a conclusão sobre a existência de custo ou benefício ESG para esse par depende das preferências do investidor e não é estrutural. A magnitude média da sensibilidade é dada pela equação (Demir et al., 2024):

$$\overline{\Delta\Omega} = \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H |\Omega_h^{(c)}| \quad (34)$$

onde H é o número de pares e c o cenário considerado, permitindo identificar em que cenário a taxa de sacrifício é mais sensível à alteração dos pesos.

3.7.2 Operacionalização da Taxa de Sacrifício TOPSIS

A taxa de sacrifício TOPSIS ($\Omega_{h,c}$) estende a lógica da taxa de sacrifício observada ao modelo multicritério. Com base no score de proximidade à solução ideal definido por Hwang & Yoon (1981), a taxa de sacrifício TOPSIS para cada par h e cenário c é definida como:

$$\Omega_{h,c} = \Phi_{CV,h,c} - \Phi_{EG,h,c} \quad (35)$$

onde $\Phi_{CV,h,c}$ e $\Phi_{EG,h,c}$ representam os índices de proximidade TOPSIS do ETF convencional (CV) e do ETF ESG (EG) no par h para o cenário $c \in \{Base, C1, C2\}$.

Um valor $\Omega_{h,c} > 0$ indica que o ETF convencional obtém um score multicritério superior ao ESG no cenário considerado. Um valor $\Omega_{h,c} < 0$ indica o inverso. A comparação de taxa de sacrifício entre os três cenários AHP constitui o núcleo da análise de sensibilidade, permitindo avaliar em que medida as conclusões sobre o custo da escolha ESG são estáveis face a diferentes regimes de preferência do investidor.

3.8 Diferencial entre Taxa de Sacrifício Esperada e Observada

A análise da taxa de sacrifício permite identificar o custo financeiro da escolha ESG, mas não responde diretamente a uma questão complementar: em que medida o perfil ESG de um ETF se traduz no desempenho financeiro que seria expectável dado esse perfil? Para responder a esta questão, introduz-se o índice de desvio de desempenho ESG ($\Delta\psi_h$) que mede a discrepância entre o perfil ESG de um ETF e o desempenho financeiro que lhe está associado, ajustada pela taxa de sacrifício normalizada. Um valor positivo ($\Delta\psi > 0,05$) indica que o perfil ESG supera o desempenho financeiro observado, designado sobrestimação financeira, enquanto um valor negativo ($\Delta\psi < -0,05$) indica o inverso, designado subestimação financeira. Valores com $|\Delta\psi_h| \leq 0,05$ são classificados como neutros.

3.8.1 Construção do Índice de Desvio de Desempenho ESG

O score ESG parcial (Φ_{ESG}), produzido pelo TOPSIS com base exclusivamente nos critérios M7–M9, representa a aplicação do filtro ESG relativa de cada ETF dentro da amostra, e, implicitamente, a expectativa de que um ETF com score ESG elevado mereça um prémio de desempenho. O score financeiro parcial (Φ_{Fin}), calculado com base em M1–M5, captura a rentabilidade ajustada ao risco efetivamente realizada.

A diferença entre estes dois scores, ajustada pela taxa de sacrifício normalizada, define o $\Delta\psi_h$ para cada par h :

$$\Delta\psi_h = (\Phi_{ESG,EG,h} - \Phi_{Fin,EG,h}) - \hat{\Omega}_h \quad (36)$$

Onde $\Phi_{ESG,EG,h}$ corresponde ao score TOPSIS ESG parcial do ETF ESG no par h , $\Phi_{Fin,EG,h}$ representa o score TOPSIS financeiro parcial do ETF ESG no par h e $\hat{\Omega}_h = \hat{S}_{CV,h} - \hat{S}_{EG,h}$, mostra a taxa de sacrifício normalizada do par h .

O primeiro termo captura a diferença interna ao ETF ESG entre a sua qualidade de sustentabilidade e o seu desempenho financeiro dentro do modelo. O segundo termo compara esta diferença à taxa de sacrifício normalizada, que representa o custo real de seleccionar o ETF ESG face ao convencional.

3.8.2 Influência dos Pesos AHP no Desvio de Desempenho ESG

Os cenários AHP modulam a magnitude do $\Delta\psi_h$ de forma previsível. No cenário C2 (25/75, ESG dominante), o modelo amplifica o peso atribuído ao score ESG parcial, tornando o $\Delta\psi_h$ mais sensível a desvios entre a aplicação do filtro ESG e

desempenho financeiro. No cenário C1 (75/25, financeiro), o $\Delta\psi_h$ tende a comprimir-se, uma vez que o modelo penaliza ETFs com score ESG elevado, mas desempenho financeiro inferior. Esta propriedade permite usar o $\Delta\psi_h$ como instrumento de diagnóstico da robustez das conclusões face ao perfil do investidor, complementando a análise de sensibilidade baseada na correlação de *Spearman*.

3.8.3 Análise de Estabilidade da Ordenação

Esta subsecção avalia a robustez global da ordenação dos ETFs entre cenários, complementando a análise de sensibilidade da taxa de sacrifício por par. Enquanto a secção anterior examina a estabilidade de Ω ao nível de cada par, esta avalia se a ordenação global dos ETFs se mantém estável quando se altera o regime de preferência do investidor.

A estabilidade da ordenação entre dois cenários a e b é avaliada através do coeficiente de correlação de *Spearman*:

$$\rho_{ab} = 1 - \frac{6\sum d_i^2}{n(n^2-1)}, d_i = \lambda_i^{(a)} - \lambda_i^{(b)} \quad (37)$$

calculado para os três pares de cenários: (Base, C1), (Base, C2) e (C1, C2). A interpretação do coeficiente segue a Tabela 2.

O coeficiente de *Spearman* ρ_{ab} fornece uma medida global da estabilidade do ranking entre dois cenários. A variação de posição $\Delta\lambda_i^{C,B}$ desagrega essa análise ao nível de cada ETF, permitindo identificar quais os que mais alteram a sua posição no ranking quando se muda o regime de preferência do investidor:

$$\Delta\lambda_i^{C1,B} = \lambda_i^{C1} - \lambda_i^{Base} \quad (38)$$

$$\Delta\lambda_i^{C2,B} = \lambda_i^{C2} - \lambda_i^{Base} \quad (39)$$

A média das variações é calculada separadamente para ETFs ESG e convencionais:

$$\bar{\Delta\lambda}_g = \frac{1}{n_g} \sum_{i \in g} \Delta\lambda_i^{(c)} \quad (40)$$

em que $g \in \{EG, CV\}$ identifica o grupo de ETFs, n_g o número de ETFs do grupo e c o cenário considerado, permitindo identificar qual dos dois grupos beneficia sistematicamente da alteração do regime de preferência do investidor.

A relação com o modelo é direta: o AHP define os pesos w_F e w_{ESG} de cada cenário, que determinam o score global, Ψ_i , e consequentemente o ranking TOPSIS, Φ_i . O

coeficiente de *Spearman* compara a ordenação dos ETFs entre os vários cenários, assumindo valores entre -1 e 1.

Valores próximos de 1 indicam que a ordenação dos ETFs é estável independentemente dos pesos atribuídos às dimensões: financeira e ESG. Valores próximos de 0 indicam que a preferência pelo desempenho financeiro ou pela sustentabilidade não discrimina a ordenação dos ETFs. Valores negativos indicam que os ETFs com melhor desempenho financeiro ajustado ao risco tendem a ser os de pior desempenho ESG, e vice-versa, sinalizando um *trade-off* ESG-Financeiro (Shekhovtsov & Sałabun, 2020).

Os valores da correlação de *Spearman* permitem avaliar a estabilidade da ordenação dos ETFs entre cenários AHP. Os intervalos de interpretação adotados neste trabalho foram adaptados de Akoglu (2018) para o contexto de análise de sensibilidade multicritério, conforme apresentado na Tabela 2:

Tabela 2: Interpretação do Coeficiente de Correlação de *Spearman*

Intervalo	Interpretação
$\rho > 0,85$	A ordenação dos ETFs apresenta robustez elevada, altamente estável entre cenários
$0,60 < \rho \leq 0,85$	A ordenação dos ETFs apresenta robustez moderada entre cenários
$0 < \rho \leq 0,60$	A ordenação dos ETFs é sensível à preferência do investidor, indicando um <i>trade-off</i> ESG-financeiro relevante
$\rho \approx 0$	A preferência do investidor não discrimina a ordenação dos ETFs.
$\rho < 0$	Os ETFs com melhor desempenho financeiro tendem a ser os de pior desempenho ESG, sinalizando um <i>trade-off</i> ESG-financeiro pronunciado.

O coeficiente de *Spearman*, ρ_{ab} , fornece uma medida global da estabilidade do posicionamento dos ETFs entre dois cenários. A variação de posição Δ_i , desagrega essa análise ao nível de cada ETF, permite identificar quais os que mais alteram a sua posição quando se muda o regime de preferência do investidor. A variação de posição para cada ETF i é calculada como:

$$\Delta_i = \lambda_i^{(C2)} - \lambda_i^{(C1)} \quad (41)$$

A variação da ordenação Δ_i mede a diferença de posição de cada ETF i entre o cenário de predominância ESG (C2) e o cenário de predominância financeira (C1).

Um valor positivo indica que o ETF i sobe na ordenação quando se aumenta o peso ESG; um valor negativo indica que desce. A média das variações para cada grupo é:

$$\bar{\Delta}_g = \frac{1}{n_g} \sum_{i \in g} \Delta_i^{(c)} \quad (42)$$

em que $g \in \{EG, CV\}$ identifica o grupo de ETFs, n_g o número de ETFs do grupo e c o cenário considerado, permitindo identificar qual dos dois grupos beneficia sistematicamente da alteração do regime de preferência do investidor.

4 Resultados

Este capítulo apresenta os resultados do modelo AHP-CRITIC-TOPSIS, definido na metodologia, aplicado a pares de ETFs comparáveis (convencionais e ESG), cobrindo três áreas geográficas distintas (EUA, Global e Europa) (Tabela A1). A análise organiza-se em cinco eixos: (i) determinação dos pesos pelo método CRITIC para os grupos financeiro e ESG; (ii) definição dos cenários AHP e pesos globais; (iii) ordenação TOPSIS por cenário e *scores* parciais; (iv) taxa de sacrifício ESG; e (v) índice de desvio de desempenho ESG.

4.1 Cálculo dos Pesos CRITIC

Os pesos dentro dos grupos (Financeiro e ESG) foram determinados pelo método CRITIC (descrito na secção 3.6.1.2), que combina a dispersão de cada critério com a sua correlação com os restantes. Um critério com elevado desvio-padrão e baixa correlação com os demais recebe maior peso, por transportar informação mais independente e discriminante.

O grupo financeiro integra cinco critérios descritos na Tabela 3. Os resultados da aplicação do CRITIC revelam uma concentração expressiva nos critérios de risco. A volatilidade (M4) obtém o peso mais elevado, com 41,92%, seguida do máximo *drawdown* (M5) com 28,85%, totalizando conjuntamente 70,77% do peso total do grupo. Este resultado reflete a maior variância e independência informacional destes critérios face aos de rentabilidade ajustada ao risco. Os critérios M1, M2 e M3 apresentam pesos próximos entre si, entre 9,20% e 10,57%, o que é consistente com a sua elevada correlação mútua. Importa notar que o CRITIC opera sobre os valores invertidos na normalização para os critérios de custo M4 e M5.

Tabela 3: Pesos e Tipo de Critérios do Grupo Financeiro

Critério	Descrição	Tipo	Peso (%)
M1	Rendibilidade	Benefício	10,57%
M2	Rácio de <i>Sharpe</i>	Benefício	9,20%
M3	Rácio de <i>Sortino</i>	Benefício	9,46%
M4	Volatilidade	Custo	41,92%
M5	Máximo <i>Drawdown</i>	Custo	28,85%

No grupo ESG (M7–M9), os resultados apresentados na Tabela 4 apontam para uma concentração nos pilares social e de governação. O *score* social (M8) obtém o peso mais elevado, com 42,32%, seguido do *score* de governação (M9) com 40,95%, totalizando conjuntamente 83,27% do peso do grupo. O *score* ambiental (M7) recebe um peso substancialmente inferior, de 16,73%, o que reflete a sua menor variância relativa e maior correlação com os restantes pilares na amostra considerada.

Tabela 4: Pesos e Tipo de Critérios do Grupo ESG

Critério	Descrição	Tipo	Peso (%)
M7	<i>Score</i> Ambiental	Benefício	16,73%
M8	<i>Score</i> Social	Benefício	42,32%
M9	<i>Score</i> de Governação	Benefício	40,95%

4.2 Cálculo dos Pesos Globais AHP

No âmbito do modelo AHP, são determinados pesos relativos entre o grupo financeiro e o grupo ESG, correspondentes ao primeiro nível do modelo hierárquico. Três cenários foram definidos na Tabela 5 para avaliar a robustez dos resultados perante diferentes regimes de preferência do investidor.

Tabela 5: Pesos Financeiros e ESG por Cenário e Perfil de Investidor

Cenário	Peso Fin.	Peso ESG	Perfil do Investidor
Base (50/50)	50,0%	50,0%	Equilibrado: ponderação simétrica entre desempenho e sustentabilidade
C1 (75/25 Fin)	75,0%	25,0%	Financeiro: prioriza rendibilidade ajustada ao risco
C2 (25/75 ESG)	25,0%	75,0%	Sustentável: prioriza qualidade ESG dos constituintes

Os pesos globais resultam da combinação dos pesos dentro de cada grupo calculados pelo CRITIC com os pesos de cada grupo definidos em cada cenário AHP. O cenário Base atribui uma ponderação simétrica entre os dois grupos,

refletindo um perfil de investidor equilibrado. O cenário C1 privilegia o perfil financeiro, enquanto o cenário C2 prioriza o perfil sustentável, permitindo avaliar a robustez dos resultados perante diferentes regimes de preferência.

4.3 Ordenação TOPSIS

O TOPSIS ordena os ETFs pela proximidade relativa à solução ideal positiva, combinando scores parciais do grupo Financeiro e do grupo ESG com os pesos globais de cada cenário. A Tabela A2 apresenta os scores parciais e a ordenação global dos ETFs nos três cenários.

No cenário Base, SUSA (par 1, EUA ESG) lidera a ordenação global com $\Phi = 0,613$, seguido de XZW0 (par 10, Global ESG) com $\Phi = 0,601$. Os ETFs convencionais dominam os lugares intermédios em termos de score financeiro parcial, mas são sistematicamente superados pelos ESG no score ESG parcial. No cenário C1 (perfil financeiro), XZW0 sobe ao primeiro lugar, enquanto SAWD (par 9) sobe 4 posições para segundo. No cenário C2 (perfil ESG), ETFMIB (par 16, Europa convencional) lidera graças ao seu score ESG muito elevado, refletindo a composição sectorial da bolsa italiana.

4.4 Taxa de Sacrifício ESG

A taxa de sacrifício ESG (Ω) mede, para cada par, o custo financeiro da escolha do ETF ESG relativamente ao seu equivalente convencional. É calculada de acordo com a Equação (1), onde $\Omega > 0,05$ indica sacrifício financeiro, $\Omega < -0,05$ indica ganho líquido ESG e $|\Omega| \leq 0,05$ indica neutralidade.

Em termos de taxa de sacrifício observada (Ω), conforme apresentado na Tabela A3, 14 dos 18 pares registam $\Omega > 0$, o que indica que o ETF convencional apresenta um rácio de *Sharpe* superior ao do seu par ESG, embora apenas 11 se considerem na situação de sacrifício financeiro ($\Omega > 0,05$). Os pares 9 (IWRD/SAWD), 15 (VEUR/ESEU) e 16 (ETFMIB/FMI) constituem exceções, nestes casos o ETF ESG iguala ou supera o convencional por mais de 0,05 na métrica de *Sharpe*, configurando um ganho líquido ESG. No par 6 (ITOT/SUSL), mesmo que o ETF ESG apresente um rácio de *Sharpe* ligeiramente acima do convencional, a diferença fica dentro da banda neutra, não sendo suficiente para o classificar como ganho líquido ESG.

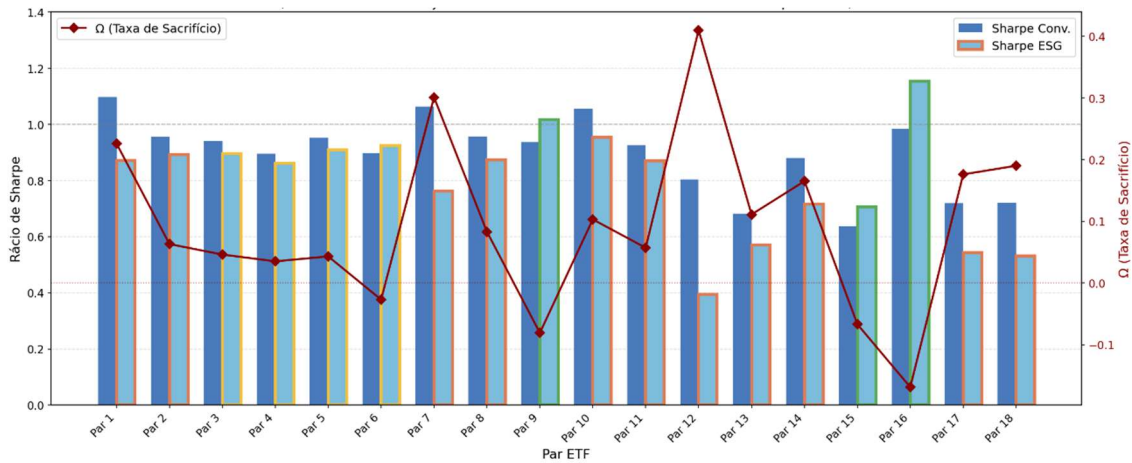


Figura 2: Taxa de Sacrifício ESG

O sacrifício médio é de 0,093 pontos de *Sharpe*, com o par 12 (Global: IS3N/XZEM) a registar o valor mais elevado ($\Omega = 0,410$), condicionado pelo *drawdown* extremo do XZEM (Figura 2).

4.5 Índice de Desvio de Desempenho ESG

Esta secção apresenta os resultados $\Delta\psi$ do índice de desvio de desempenho ESG ($\Delta\psi$), definido na secção 3.8.1, que mede a discrepância entre o índice de proximidade TOPSIS do perfil ESG de cada ETF ESG, captado pelo *score* parcial TOPSIS Φ_{ESG} , e o seu desempenho financeiro efetivo, captado pelo *score* parcial TOPSIS Φ_{Fin} , ajustada pela taxa de sacrifício normalizada ($\hat{\Omega}$).

A Tabela A4 apresenta os valores de $\Delta\psi$ para os 18 pares. Um valor $\Delta\psi > 0$ indica sobrestimação ESG, o perfil de sustentabilidade é superior ao desempenho financeiro. Um valor $\Delta\psi < 0$ indica subestimação ESG, o desempenho financeiro ultrapassa o perfil ESG. Quando $\Delta\psi \approx 0$, existe consistência entre as duas dimensões.

Os resultados revelam uma predominância da sobrestimação ESG: 12 dos 18 ETFs ESG apresentam $\Delta\psi > 0,05$, com destaque para os pares da Europa; EURSRI (par 13, $\Delta\psi_{13} = 0,278$), ESEU (par 15, $\Delta\psi_{15} = 0,392$) e FMI (par 16, $\Delta\psi_{16} = 0,542$). Nos pares dos EUA, os valores de $\Delta\psi$ são mais moderados, situando-se entre 0,076 (XVV, par 5) e 0,228 (SUSL, par 6), o que reflete uma maior proximidade entre o perfil ESG e o desempenho financeiro nos mercados norte-americanos. O $\Delta\psi$ médio da amostra é de 0,079, sugerindo que a integração ESG introduz um diferencial entre o perfil ESG e o desempenho financeiro, independentemente da área geográfica considerada (Figura 3).

Neste âmbito, o ETF ESG do par 16 (FMI) supera o ETF convencional na taxa de sacrifício observada ($\Omega = -0,169$), mas o modelo AHP-CRITIC-TOPSIS indica que essa vantagem financeira não é totalmente justificada pelo perfil ESG. A subestimação mais relevante ocorre em XZEM (par 12, Global), com $\Delta\psi = -0,724$, resultado do desempenho financeiro elevado face a um perfil ESG mais fraco nesta área geográfica, condicionado pela menor maturidade ESG dos mercados com maior exposição a economias em desenvolvimento.



Figura 3: Índice de Desvio de Desempenho ESG

Dois pares registam $\Delta\psi$ neutro: SUSA (par 1, $\Delta\psi_1 = -0,043$) e C4D (par 18, $\Delta\psi_{18} = -0,010$). O UIMM (par 7, $\Delta\psi_7 = -0,089$) e o XZW0 (par 10, $\Delta\psi_{10} = -0,054$) passam agora a regime de subestimação com a normalização do *Sharpe*, refletindo que o custo financeiro da escolha ESG, uma vez normalizado, excede ligeiramente a diferença de perfil ESG entre os dois ETFs do par.

5 Robustez dos Resultados

5.1 Estabilidade da Ordenação

A estabilidade da ordenação dos ETFs entre cenários foi avaliada pelo coeficiente de correlação de *Spearman* (ρ). Valores próximos de 1 indicam que a ordenação dos ETFs é robusta face a alterações nos pesos.

Tabela 6: Correlação da Ordenação dos ETFs nos Três Cenários

Par de Cenários	ρ	Interpretação
Base $\leftrightarrow$ C1 (Financeiro)	0,898	Robustez elevada: ordenações estáveis
Base $\leftrightarrow$ C2 (ESG)	0,830	Robustez moderada-alta: alguma reordenação nos extremos
C1 (Fin) $\leftrightarrow$ C2 (ESG)	0,574	Robustez moderada: divergência expectável entre perfis opostos

A correlação entre o cenário Base e C1 ($\rho = 0,898$) é elevada, sugerindo que a preferência financeira de 75% não altera substancialmente a hierarquia face ao cenário equilibrado. A correlação entre o cenário Base e C2 ($\rho = 0,830$), associada à preferência ESG, é moderada-alta, refletindo alguma reordenação nos extremos da lista. ETFs com *score* ESG elevado, mas desempenho financeiro fraco sobem no cenário ESG, mas não alterando a estrutura da ordenação. A correlação entre C1 e C2 ($\rho = 0,574$) reflete o *trade-off* entre perfis de investidor opostos, com ETFs de *score* ESG elevado e menor desempenho financeiro quando sobem no cenário ESG (Tabela 6).

5.2 Inversões na Taxa de Sacrifício TOPSIS

Através da Tabela A5, os ETFs com maior volatilidade de ordenação são aqueles em que a divergência entre desempenho financeiro e o perfil ESG é mais pronunciada. XZEM (par 12, Global ESG) sobe 27 posições entre C1 e C2 (de 8.º para 35.º), refletindo um *score* financeiro comparativamente elevado no cenário financeiro puro, apesar da taxa de sacrifício observada ser reduzida. SUSW e UIMM (pares 8 e 7, Global ESG) sobem 17 e 15 posições respetivamente entre C1 e C2, evidenciando a sua vantagem ESG relativa (Figura 4).

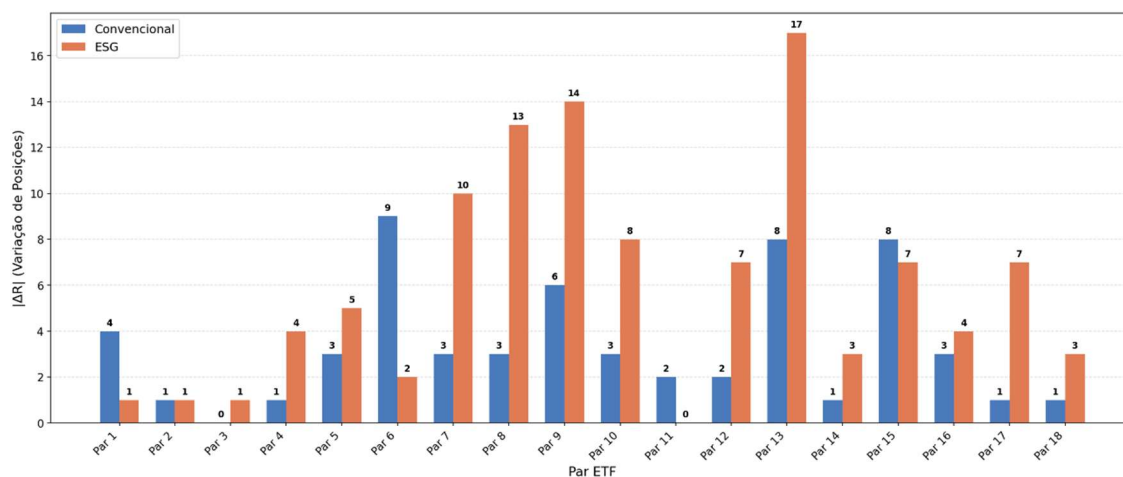


Figura 4: Variação de Ordenação TOPSIS

Pela Tabela A6, uma inversão de sinal ocorre quando a taxa de sacrifício TOPSIS muda de sinal entre os cenários AHP. Isto indica que a preferência sobre o ETF do par depende do perfil do investidor. Dos 18 pares, 7 registam pelo menos uma inversão de sinal, os pares 7 e 8 (Global) e os pares 13, 14, 16, 17 e 18 (Europa).

Os pares onde se verificam inversões são aqueles em que a diferença de perfil ESG entre os dois ETFs é reduzida e a ordenação TOPSIS é sensível ao peso (predominância) entre o perfil financeiro e o perfil ESG.

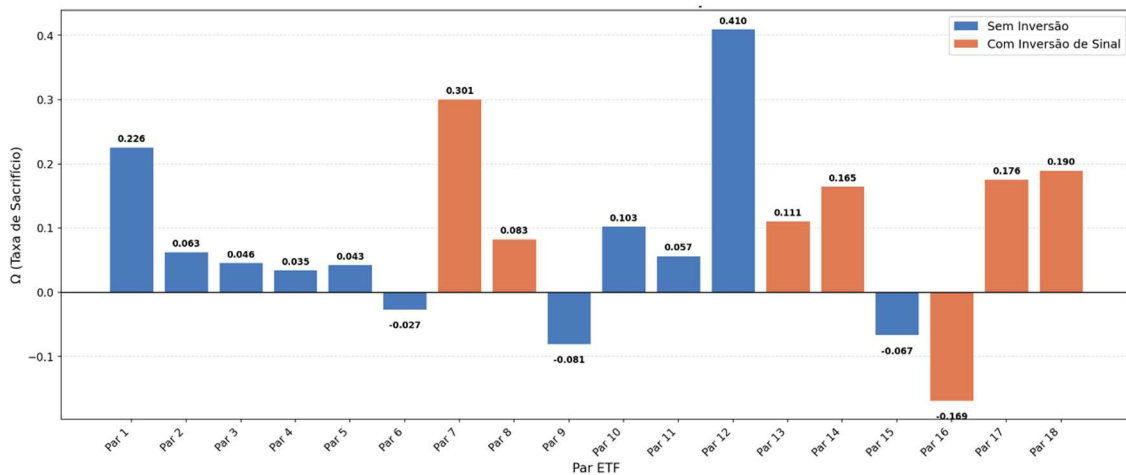


Figura 5: Inversão de Sinal

No par 7 (IWDA/UIMM), o ETF convencional IWDA supera o UIMM no cenário financeiro ($\Omega_{h,c} = +0,0132$), mas o UIMM recupera no cenário Base e ESG, devido ao *score* ESG mais elevado. Os pares de índices nacionais europeus (16–18) apresentam inversões frequentes porque a diferença ESG entre os dois ETFs é pequena e sensível ao peso escolhido (Figura 5).

6 Discussão

6.1 Análise da Taxa de Sacrifício ESG

A taxa de sacrifício média é de 0,093, acima de 0.05 em 11 dos 18 pares. Pedersen et al. (2021), estimam, num modelo teórico de fronteira eficiente, que duplicar o *score* ESG médio de uma carteira implica uma redução de 3% do rácio de *Sharpe*. Os dois valores não são comparáveis, pois o primeiro é uma diferença empírica entre ETFs do mercado e o segundo um desvio teórico da fronteira eficiente, mas ambos apontam para um custo financeiro da integração ESG baixo e positivo.

A exclusão sectorial constitui a causa mais evidente nos resultados. O filtro ESG exclui setores de elevada rendibilidade histórica, penalizando os ETFs ESG face aos convencionais. Blitz & Swinkels (2023) confirmam esta causa para ETFs passivos, e Hong & Kacperczyk (2009) para fundos SRI.

Os três regimes (sacrifício, neutro e ganho líquido ESG) foram previamente definidos na secção 3.5.1.2. Com base num limiar de $\Omega = 0,05$, que corresponde a aproximadamente um terço do desvio-padrão da taxa de sacrifício na amostra (0,140), de forma a assegurar que apenas desvios expressivos face à dispersão

observada sejam classificados como sacrifício ($\Omega > 0,05$) ou ganho líquido ESG ($\Omega < -0,05$), adotou-se a classificação de neutro, $|\Omega| \leq 0,05$.

O par 12 (IS3N/XZEM) é o caso extremo da amostra, com taxa de sacrifício de 0,410, enquanto os pares europeus e os pares EUA apresentam taxas de sacrifício inferiores a 0,10. A existência de três pares com ganho líquido ESG, em particular IWRD/SAWD (par 9, $\Omega = -0,081$), VEUR/ESEU (par 15, $\Omega = -0,067$) e ETFMIB/FMI (par 16, $\Omega = -0,169$), é consistente com a evidência de que o custo financeiro da integração ESG é heterogêneo e pode ser nulo ou negativo em determinados contextos de mercado (Kossentini et al., 2024).

No caso do par 16, o ganho líquido ESG observado pode ser explicado pela metodologia do próprio índice: o FTSE MIB ESG⁶ foi concebido para replicar os pesos sectoriais do índice convencional, aplicando ajustes moderados nos critérios de carbono e ESG, em vez de exclusões sectoriais amplas. Esta metodologia de gestão minimiza o desvio de composição face ao índice tradicional e explica a ausência de custo financeiro.

6.1.1 Análise da Taxa de Sacrifício Observada por Área Geográfica

Os resultados da Tabela A3 revelam uma distribuição não homogênea da taxa de sacrifício observada entre os 18 pares, com comportamentos distintos consoante a área geográfica (Figura 6).

Na área dos EUA, os seis pares apresentam resultados próximos, com a taxa de sacrifício (Ω) a variar entre $-0,027$ e $0,226$. O par 1 (CSPX/SUSA, $\Omega = 0,226$) regista a taxa de sacrifício mais elevada da área geográfica, e os pares 2 a 6 situam-se em zona neutra, com valores de Ω entre $-0,027$ e $0,063$. O valor mais elevado da área geográfica, SUSA (par 1), explica-se pela maior concentração sectorial em tecnologia do CSPX face ao SUSA, cuja aplicação do filtro ESG exclui parcialmente este setor.

A proximidade dos resultados entre os pares que replicam o S&P 500 sugere que, neste mercado, os filtros ESG excluem apenas uma fração reduzida da capitalização total do índice, o que limita o custo financeiro. Em economias em desenvolvimento, a aplicação desses filtros elimina uma proporção maior do

⁶<https://www.amundi-etf.lu/en/individual/products/equity/amundi-italy-mib-esg-ucits-etf-acc/lu1681037518>

universo elegível, a carteira da solução ótima e aumentando o sacrifício financeiro (Tenorio-Salgueiro et al., 2026).

Na área Global observa-se maior dispersão. O par 12 (IS3N/XZEM) regista o valor mais elevado da amostra ($\Omega = 0,410$), explicado pelo *drawdown* acentuado do XZEM (-37,16%) e pela menor maturidade ESG das economias em desenvolvimento. Esta realidade reflete-se no score ESG mais baixo da amostra (0,333). Esta penalização financeira associada à integração de critérios de sustentabilidade em economias em desenvolvimento é consistente com a evidência de Naqvi et al. (2021), que registam, nestas economias, desincentivos financeiros para investimentos sustentáveis.

Os pares 7 (IWDA/UIMM, $\Omega = 0,301$) e 8 (VEVE/SUSW, $\Omega = 0,083$) registam uma taxa de sacrifício positiva, que resulta do custo da aplicação filtro ESG a uma área geográfica que inclui empresas com menor cobertura ESG. O par 9 (IWRD/SAWD, $\Omega = -0,081$) é o único par Global com ganho líquido ESG, devido a uma grande proximidade sectorial entre o SAWD e o índice convencional.

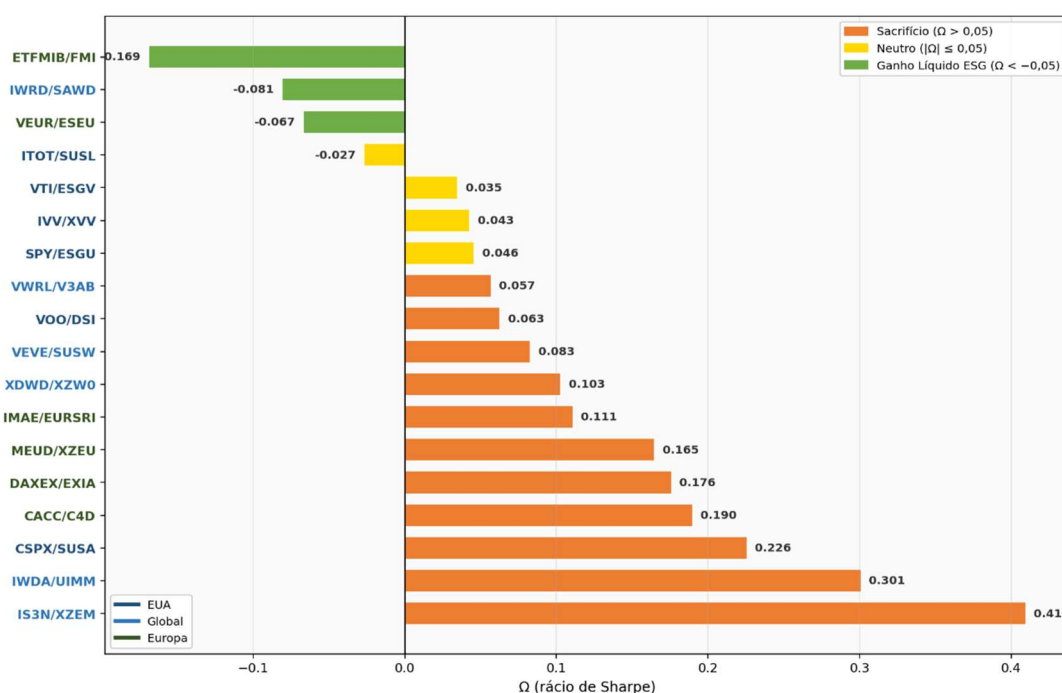


Figura 6: Taxa de Sacrifício Observada por Área Geográfica

Na Europa, a dispersão é mais acentuada, com a taxa de sacrifício (Ω) a variar entre -0,169 (par 16, ETFMB/FMI) e 0,190 (par 18, CACC/C4D). Isto mostra a heterogeneidade dos índices nacionais e a variação da integração ESG nesses mercados. A composição sectorial do FTSE MIB, dominada por setores com scores ESG elevados, permite ao FMI ultrapassar o ETFMB sem sacrifício financeiro. O par

15 (VEUR/ESEU, $\Omega = -0,067$) regista ganho líquido ESG, o que indica que a exclusão do Reino Unido no ESEU pode ter favorecido o desempenho relativo do ETF ESG.

6.2 Robustez de Ordenação TOPSIS

As correlações de *Spearman* entre os diversos cenários são altas, 0,898 para Base $\leftrightarrow$ C1 e 0,830 para Base $\leftrightarrow$ C2, o que indica uma forte convergência entre as ordenações nos diferentes cenários (Akoglu, 2018). Assim, confirma-se que a ordenação dos ETFs é estável para investidores com preferências moderadas.

A estabilidade da ordenação é condicionada pela qualidade das classificações ESG utilizadas. Berg et al. (2022) documentam uma correlação de apenas 0,54 entre as classificações dos diferentes fornecedores. Isto introduz ruído na diferenciação entre ETFs e pode explicar a proximidade dos *scores* TOPSIS nos pares com menor dispersão ESG.

A divergência entre C1 e C2 (0,574) era esperada, dado que representam perfis de investidor opostos. Concentra-se nos ETFs em que o perfil ESG e o desempenho financeiro mais se afastam, nomeadamente UIMM e SUSW, que sobem no cenário ESG, e ETFMIB. Este último mantém uma posição elevada em ambos os cenários devido ao *score* ESG elevado do índice de referência de Itália.

As inversões concentram-se nos pares em que a diferença de perfil ESG é baixa e a ordenação é mais sensível ao peso escolhido. Nos pares com valores baixos ($|\Omega_{h,c}| < 0,01$ no cenário Base), os pares 11 (VWRL/V3AB), 14 (MEUD/XZEU) e 17 (DAXEX/EXIA), os ETFs ESG obtêm um *score* TOPSIS quase idêntico aos convencionais, em todos os cenários. A diferenciação ESG nestes mercados é reduzida, o que se traduz numa menor dispersão dos *scores* ESG em índices com composição sectorial mais concentrada.

7 Conclusões

7.1 Principais Conclusões

Os resultados confirmam a existência de um custo financeiro associado à preferência por ETFs ESG, embora de magnitude modesta e heterogénea entre áreas geográficas. Na maioria dos pares analisados, o ETF convencional apresenta melhor desempenho ajustado ao risco do que o seu par ESG, com uma taxa de sacrifício média de 0,093.

Contudo, três pares de ETFs registam um ganho líquido ESG, demonstrando que a aplicação de critérios de sustentabilidade não implica necessariamente um custo financeiro, dependendo da área geográfica e da estrutura do índice subjacente. Enquanto os pares oriundos dos EUA apresentam taxas de sacrifício próximas de

zero, os pares europeus revelam maior dispersão, especialmente associada à heterogeneidade sectorial dos índices nacionais. Os pares globais registam os valores mais extremos, e os mercados com economias em desenvolvimento evidenciam as taxas de sacrifício mais elevadas da amostra de ETFs.

A aplicação do modelo multicritério AHP-CRITIC-TOPSIS produziu ordenações robustas e estáveis face a diferentes perfis de investidor. Independentemente da escolha do investidor privilegiar o desempenho financeiro ou o perfil ESG, as ordenações obtidas são semelhantes, o que valida a aplicabilidade prática do modelo. O índice de desvio de desempenho ESG revela que, na maioria dos pares, os *scores* ESG são superiores ao que o desempenho financeiro justificaria, indicando que parte desses *scores* reflete expectativas de longo prazo ainda não concretizadas em rendibilidade ajustada ao risco.

7.2 Contribuições e Implicações

No que diz respeito às contribuições, o trabalho contém as seguintes. Propõe um modelo multicritério que integra critérios financeiros e de sustentabilidade na avaliação comparativa de ETFs convencionais e ESG, com utilidade prática para investidores e gestores de ativos na seleção de ETFs ESG. Desenvolve ainda o índice de desvio de desempenho ESG, que permite avaliar se o prémio de sustentabilidade associado a um ETF corresponde ao seu perfil ESG efetivo, com aplicação direta na identificação de produtos cujos *scores* ESG não se refletem em desempenho financeiro proporcional. Documenta também que o custo financeiro da integração ESG varia em função da área geográfica e da estrutura do índice, com implicações para decisões de investimento sustentável em diferentes mercados.

A robustez da ordenação TOPSIS valida a estrutura multicritério como ferramenta de seleção estável de ETFs ESG. Um investidor equilibrado (50% Financeiro e 50% ESG) e um investidor financeiramente orientado (75% Financeiro e 25% ESG) chegam a conclusões semelhantes, o que sugere que a ordenação TOPSIS dos ETFs é generalizável a diferentes perfis de preferência. A estabilidade da ordenação TOPSIS entre cenários sugere que o custo financeiro da integração ESG não depende significativamente do perfil do investidor. Esta estabilidade pode ter mais do que uma explicação. Por um lado, pode apontar para uma componente estrutural, ligada a um fator de risco comum aos vários perfis. Por outro, pode refletir comportamentos que não são totalmente racionais. Um exemplo desta segunda hipótese seria a presença de investidores orientados para o impacto dos seus investimentos, que, ao aceitarem rendibilidades ajustadas ao risco mais baixas em troca de exposição a ativos sustentáveis, manteriam a procura por esses

ativos independentemente do perfil de preferência. Com os resultados disponíveis, não é possível distinguir entre estas duas explicações.

As diferenças observadas entre a Europa e os EUA sugerem que fatores institucionais e comportamentais condicionam a magnitude do custo de integração ESG. Na Europa, o SFDR, em vigor desde 2021, obriga os gestores a divulgar o perfil de sustentabilidade dos seus produtos, pressionando a conformidade dos ETFs ESG. Nos EUA, a sensibilidade ambiental é heterogénea, existindo simultaneamente orientação para o impacto e resistência cultural e política ao investimento ESG.

Nos pares de ETFs em que a diferença de perfil ESG é pequena, a decisão torna-se financeiramente indiferente, comportamento que é coerente com a fronteira eficiente ESG de Pedersen et al. (2021). O custo financeiro de escolher o ETF ESG em detrimento do convencional é mínimo, pelo que o investidor praticamente não sacrifica desempenho financeiro ao optar pela alternativa ESG.

Esta heterogeneidade tem uma implicação direta. A taxa de sacrifício ESG não é uma constante, varia em função da área geográfica, da composição sectorial e da maturidade do mercado ESG, o que determina que a escolha entre um ETF convencional e o seu equivalente ESG não acarreta necessariamente um custo financeiro, dependendo do mercado em que se investe.

O índice de desvio de desempenho ESG avalia se o perfil de sustentabilidade do ETF ESG corresponde ao seu desempenho financeiro efetivo, uma dimensão que a taxa de sacrifício observada não captura. Em 12 dos 18 pares, as classificações ESG são superiores ao que seria esperado pelo desempenho financeiro (índice médio de 0,079), o que indica que o investidor paga um prémio ESG que excede o custo financeiro direto. Este resultado pode ser em parte explicado pela inconsistência entre sistemas de avaliação ESG documentada por Berg et al. (2022).

O par 12 (IS3N/XZEM) constitui um caso à parte, com o XZEM a apresentar simultaneamente o rácio de *Sharpe* mais baixo da amostra e o único índice de proximidade ESG inferior ao financeiro. A explicação económica para este comportamento é que nos mercados com maior exposição a economias em desenvolvimento, a aplicação do filtro ESG exclui os setores com maior rendibilidade histórica, como energia e materiais, sem compensação em termos de perfil ESG, dado que a maturidade dos scores ESG nestes mercados é inferior.

Os dois pares com índice neutro, SUSA e C4D, representam as escolhas mais eficientes em termos de relação custo-benefício ESG, ao contrário de pares como EURSRI e ESEU, cujo prémio ESG pode refletir expectativas de longo prazo ainda não materializadas em desempenho financeiro.

Os resultados devem ser interpretados como evidência *ex-post* do período analisado, não como estimativa do custo estrutural de longo prazo. O prémio ESG observado no período pode refletir valorização transitória de preços associada à expansão acelerada da procura por ativos sustentáveis, e não vantagens estruturais de desempenho. O par 12 (XZEM, Global) ilustra o sentido inverso desta lógica: em mercados com cobertura ESG mais baixa, o desempenho financeiro pode superar o que o perfil de sustentabilidade sugeria, produzindo subestimação ao invés de sobrestimação.

7.3 Limitações e Sugestões para Investigação Futura

Os resultados devem ser interpretados considerando algumas limitações. O período analisado coincide com uma fase de forte crescimento da procura por ativos sustentáveis, pelo que parte do desempenho favorável aos ETFs ESG pode refletir uma valorização transitória de preços e não uma vantagem estrutural. Acresce que os scores ESG utilizados representam um valor fixo no tempo, não captando a evolução do perfil ESG ao longo do período. A amostra de 18 pares, embora geograficamente diversificada, não permite generalizar as conclusões para outras classes de ativos ou mercados de menor dimensão. Note-se ainda que alguns ETFs de cada par não replicam exatamente o mesmo índice base, o que pode influenciar a taxa de sacrifício.

Com base nas limitações identificadas, propõem-se três linhas de investigação futura. Em primeiro lugar, alargar o período de análise a anos anteriores a 2020, permitindo avaliar o comportamento da taxa de sacrifício ESG em diferentes fases do ciclo económico. Em segundo lugar, aplicar o modelo a outras classes de ativos, como obrigações ou imobiliário, para testar a generalização das conclusões. Em terceiro lugar, incorporar scores ESG atualizados periodicamente, tornando o modelo mais sensível à evolução temporal do perfil de sustentabilidade dos ETFs.

Referências

- Akoglu, H. (2018). User's guide to correlation coefficients. *Turkish journal of emergency medicine*, 18(3), 91–93.
- Bauer, R., Koedijk, K., & Otten, R. (2005). International evidence on ethical mutual fund performance and investment style. *Journal of banking & finance*, 29(7), 1751–1767.
- Berg, F., Kölbel, J. F., & Rigobon, R. (2022). Aggregate confusion: The divergence of ESG ratings. *Review of finance*, 26(6), 1315–1344.
- Bertelli, B., & Torricelli, C. (2024). The trade-off between ESG screening and portfolio diversification in the short and in the long run. *Journal of Economics and Finance*, 48(2), 298–322.
- Bilbao-Terol, A., Arenas-Parra, M., Cañal-Fernández, V., & Antomil-Ibias, J. (2014). Using TOPSIS for assessing the sustainability of government bond funds. *Omega*, 49, 1–17.
- Blitz, D., & Swinkels, L. (2023). Does excluding sin stocks cost performance? *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 13(4), 1693–1710.
- Bloomberg. (2025). *Bloomberg ESG Scores Methodology*. Bloomberg Finance. <https://professional.bloomberg.com/globalassets/professional/solutions/sustainable-finance/scores/bloomberg-esg-scores-methodology.pdf>
- Broadstock, D. C., Chan, K., Cheng, L. T., & Wang, X. (2021). The role of ESG performance during times of financial crisis: Evidence from COVID-19 in China. *Finance research letters*, 38, 101716.
- Demir, G., Chatterjee, P., & Pamucar, D. (2024). Sensitivity analysis in multi-criteria decision making: A state-of-the-art research perspective using bibliometric analysis. *Expert Systems with Applications*, 237, 121660.
- Diakoulaki, D., Mavrotas, G., & Papayannakis, L. (1995). Determining objective weights in multiple criteria problems: The critic method. *Computers & operations research*, 22(7), 763–770.
- Dumitrescu, A., Järvinen, J., & Zakriya, M. (2023). Hidden Gem or Fool's Gold: Can passive ESG ETFs outperform the benchmarks? *International review of financial analysis*, 86, 102540.
- Fama, E. F., & French, K. R. (2007). Disagreement, tastes, and asset prices. *Journal of financial economics*, 83(3), 667–689.

- Folger-Laronde, Z., Pashang, S., Feor, L., & ElAlfy, A. (2022). ESG ratings and financial performance of exchange-traded funds during the COVID-19 pandemic. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 12(2), 490–496.
- Friede, G., Busch, T., & Bassen, A. (2015). ESG and financial performance: Aggregated evidence from more than 2000 empirical studies. *Journal of sustainable finance & investment*, 5(4), 210–233.
- Gantchev, N., Giannetti, M., & Li, R. (2024). Sustainability or performance? Ratings and fund managers' incentives. *Journal of Financial Economics*, 155, 103831.
- Geczy, C. C., Stambaugh, R. F., & Levin, D. (2021). Investing in socially responsible mutual funds. *The Review of Asset Pricing Studies*, 11(2), 309–351.
- Gibson Brandon, R., Krueger, P., & Schmidt, P. S. (2021). ESG rating disagreement and stock returns. *Financial analysts journal*, 77(4), 104–127.
- Giglio, S., Maggiori, M., Stroebel, J., Tan, Z., Utkus, S., & Xu, X. (2025). Four facts about ESG beliefs and investor portfolios. *Journal of financial economics*, 164, 103984.
- Goepel, K. D. (2018). Implementation of an online software tool for the analytic hierarchy process (AHP-OS). *International journal of the analytic hierarchy process*, 10(3).
- Goutte, S., Le, H.-V., Liu, F., & von Mettenheim, H.-J. (2025). Mcda strategies for portfolio optimization: A case study on Vietnamese stock market dynamics. *Annals of Operations Research*, 353(1), 321–351.
- Hartzmark, S. M., & Sussman, A. B. (2019). Do investors value sustainability? A natural experiment examining ranking and fund flows. *The Journal of Finance*, 74(6), 2789–2837.
- Hong, H., & Kacperczyk, M. (2009). The price of sin: The effects of social norms on markets. *Journal of financial economics*, 93(1), 15–36.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications A State-of-the-Art Survey*. Springer Berlin Heidelberg. <https://books.google.pt/books?id=4Z67QgAACAAJ>
- Jørgensen, P. L., & Plovst, M. D. (2023). The cost of insuring against underperformance of ESG screened index funds. *Journal of Sustainable Finance & Investment*, 13(4), 1534–1553.

- Kempf, A., & Osthoff, P. (2007). The effect of socially responsible investing on portfolio performance. *European financial management*, 13(5), 908–922.
- Kossentini, H., Belhassine, O., & Zenaidi, A. (2024). ESG index performance: European evidence. *Journal of Asset Management*, 25(7), 653–665.
- Kovacs, B. B., Neszveda, G., Baranyai, E., & Zaremba, A. (2024). ESG unpacked: Environmental, social, and governance pillars and the stock price reaction to the invasion of Ukraine. *Eurasian Business Review*, 14(3), 755–777.
- Larcker, D. F., & Watts, E. M. (2020). Where's the greenium? *Journal of Accounting and Economics*, 69(2–3), 101312.
- Li, P., Qian, H., Wu, J., & Chen, J. (2013). Sensitivity analysis of TOPSIS method in water quality assessment: I. Sensitivity to the parameter weights. *Environmental monitoring and assessment*, 185(3), 2453–2461.
- Madhavan, A., Sobczyk, A., & Ang, A. (2021). Toward ESG alpha: Analyzing ESG exposures through a factor lens. *Financial Analysts Journal*, 77(1), 69–88.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio Selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. [https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x](https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1952.tb01525.x)
- Naqvi, B., Mirza, N., Rizvi, S. K. A., Porada-Rochoń, M., & Itani, R. (2021). Is there a green fund premium? Evidence from twenty seven emerging markets. *Global Finance Journal*, 50, 100656.
- Nofsinger, J., & Varma, A. (2014). Socially responsible funds and market crises. *Journal of Banking & Finance*, 48, 180–193. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2013.12.016>
- Pástor, L., Stambaugh, R. F., & Taylor, L. A. (2021). Sustainable investing in equilibrium. *Journal of financial economics*, 142(2), 550–571.
- Pástor, L., Stambaugh, R. F., & Taylor, L. A. (2022). Dissecting green returns. *Journal of financial economics*, 146(2), 403–424.
- Pedersen, L. H., Fitzgibbons, S., & Pomorski, L. (2021). Responsible investing: The ESG-efficient frontier. *Journal of financial economics*, 142(2), 572–597.
- PwC. (2025). *Confidence is soaring as Global Exchange-Traded Funds are on a path to reach US\$30 trillion by 2029*. PricewaterhouseCoopers. <https://www.pwc.lu/en/press/press-releases-2025/etf-survey-2029.html>

- Renneboog, L., Ter Horst, J., & Zhang, C. (2008a). Socially responsible investments: Institutional aspects, performance, and investor behavior. *Journal of banking & finance*, 32(9), 1723–1742.
- Renneboog, L., Ter Horst, J., & Zhang, C. (2008b). The price of ethics and stakeholder governance: The performance of socially responsible mutual funds. *Journal of corporate finance*, 14(3), 302–322.
- Saaty, T. L. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. McGraw-Hill International Book Company.
- Sharpe, W. F. (1994). The Sharpe Ratio. *The Journal of Portfolio Management*, 21(1). <https://doi.org/10.3905/jpm.1994.409501>
- Shekhovtsov, A., & Sałabun, W. (2020). A comparative case study of the VIKOR and TOPSIS rankings similarity. *Procedia Computer Science*, 176, 3730–3740.
- Supatgiat, C., Phiromswad, P., Sahin, O. F., & Sarajoti, P. (2025). Investigating the impact of ESG ratings on ETF performance during market disruptions: Evidence from the COVID-19 pandemic and Russian (full-scale) invasion of Ukraine. *Research in International Business and Finance*, 77, 102904.
- Tenorio-Salgueiro, S., Martínez-Salgueiro, A., Lado-Sestayo, R., & Vivel-Búa, M. (2026). Does ESG investing pay off? Comparing the performance of ESG and traditional ETFs across European and US markets. *Business Strategy and the Environment*, 35(3), 3561–3606.
- Więckowski, J., Wątróbski, J., Kizielewicz, B., & Sałabun, W. (2023). Complex sensitivity analysis in Multi-Criteria Decision Analysis: An application to the selection of an electric car. *Journal of Cleaner Production*, 390, 136051.
- Yang, R., Jimenez-Martin, J.-A., & Caporin, M. (2025). The non-linear ESG premium. *Quantitative Finance*, 25(5), 817–840.
- Zerbib, O. D. (2019). The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence from green bonds. *Journal of Banking & Finance*, 98, 39–60. <https://doi.org/10.1016/j.jbankfin.2018.10.012>
- Zournatzidou, G., Staikouras, C., Ragazou, K., Zopounidis, C., & Sariannidis, N. (2025). Unlocking the threshold effects of ESG performance towards policy energy efficiency of the European energy sector: A hybrid multi-criteria decision-making approach based on weight-entropy TOPSIS. *Energy Economics*, 108915.

Anexos

Tabela A1: Lista de Pares de ETFs por Área Geográfica

Par	Área	ETF Convencional	ETF ESG
1	EUA	CSPX: iShares Core S&P 500 UCITS	SUSA: iShares MSCI USA ESG Select
2	EUA	VOO: Vanguard S&P 500	DSI: iShares MSCI KLD 400 Social
3	EUA	SPY: SPDR S&P 500	ESGU: iShares ESG Aware MSCI USA
4	EUA	VTI: Vanguard Total Stock Market	ESGV: Vanguard ESG US Stock
5	EUA	IVV: iShares Core S&P 500	XVV: iShares ESG Screened S&P 500
6	EUA	ITOT: iShares Core S&P Total US	SUSL: iShares ESG MSCI USA Leaders
7	Global	IWDA: iShares Core MSCI World	UIMM: UBS MSCI World SRI
8	Global	VEVE: Vanguard FTSE Developed World	SUSW: iShares MSCI World SRI
9	Global	IWRD: iShares MSCI World	SAWD: iShares MSCI World ESG Screened
10	Global	XDWD: Xtrackers MSCI World	XZW0: Xtrackers MSCI World ESG
11	Global	VWRL: Vanguard FTSE All-World	V3AB: Vanguard ESG Global All Cap
12	Global	IS3N: iShares Core MSCI EM IMI	XZEM: Xtrackers MSCI EM ESG
13	Europa	IMAE: iShares MSCI Europe	EURSRI: Amundi MSCI Europe SRI
14	Europa	MEUD: Amundi Core STOXX Europe 600	XZEU: Xtrackers MSCI Europe ESG
15	Europa	VEUR: Vanguard FTSE Dev. Europe	ESEU: iShares MSCI Europe ex-UK ESG
16	Europa	ETFMIB: Amundi FTSE MIB UCITS ETF	FMI: Amundi Italy MIB ESG
17	Europa	DAXEX: iShares Core DAX UCITS ETF	EXIA: iShares DAX ESG UCITS ETF
18	Europa	CACC: Amundi CAC 40 UCITS ETF	C4D: Amundi CAC 40 ESG UCITS ETF

Legenda: Verde-claro = ETF ESG; Verde-escuro = ETF convencional; Pares por área geográfica: EUA (1–6), Global (7–12), Europa (13–18).

Tabela A2: Lista dos ETFs Ordenados pelo Método TOPSIS

Par	Ticker	Tipo	Φ_{Fin}	Φ_{ESG}	Φ_{BASE}	$R (BASE)$	$\Phi_{C1,Fin}$	$R (C1)$	$\Phi_{C2,ESG}$	$R (C2)$
1	CSPX	Conv	0,4968	0,6598	0,5608	8	0,5081	7	0,6349	12
1	SUSA	ESG	0,5158	0,7703	0,6133	1	0,5336	3	0,7268	2
2	VOO	Conv	0,4614	0,6671	0,5458	12	0,4770	14	0,6368	11
2	DSI	ESG	0,5077	0,7201	0,5898	3	0,5224	4	0,6857	4
3	SPY	Conv	0,4485	0,6603	0,5369	13	0,4650	16	0,6298	13
3	ESGU	ESG	0,4683	0,6895	0,5596	9	0,4853	12	0,6568	8
4	VTI	Conv	0,4462	0,6327	0,5252	17	0,4609	17	0,6069	18
4	ESGV	ESG	0,4961	0,6522	0,5568	10	0,5067	9	0,6281	14
5	IVV	Conv	0,4562	0,6331	0,5326	14	0,4706	15	0,6094	17
5	XVV	ESG	0,4999	0,6320	0,5556	11	0,5101	6	0,6141	16
6	ITOT	Conv	0,4470	0,6014	0,5158	18	0,4601	18	0,5819	27
6	SUSL	ESG	0,4964	0,6884	0,5740	5	0,5105	5	0,6596	7
7	IWDA	Conv	0,4395	0,6363	0,4991	20	0,4489	19	0,5938	23
7	UIMM	ESG	0,4136	0,7204	0,5312	15	0,4357	20	0,6665	5
8	VEVE	Conv	0,4218	0,6368	0,4872	21	0,4322	21	0,5900	24
8	SUSW	ESG	0,4008	0,7258	0,5149	19	0,4214	23	0,6607	6
9	IWRD	Conv	0,4195	0,6125	0,4839	22	0,4301	22	0,5754	28
9	SAWD	ESG	0,5367	0,6114	0,5673	6	0,5421	2	0,6010	20
10	XDWD	Conv	0,4672	0,6360	0,5262	16	0,4770	13	0,6057	19
10	XZWO	ESG	0,5680	0,6500	0,6008	2	0,5737	1	0,6381	10
11	VWRL	Conv	0,4128	0,5750	0,4594	27	0,4199	24	0,5385	29
11	V3AB	ESG	0,4055	0,5644	0,4548	30	0,4133	26	0,5317	30
12	IS3N	Conv	0,3776	0,2929	0,3410	34	0,3709	32	0,3039	36
12	XZEM	ESG	0,5175	0,3334	0,4586	28	0,5080	8	0,3706	35
13	IMAE	Conv	0,3773	0,6844	0,4813	23	0,3955	29	0,6213	15
13	EURSRI	ESG	0,3401	0,7640	0,4711	26	0,3638	33	0,6557	9
14	MEUD	Conv	0,3949	0,6343	0,4746	25	0,4083	27	0,5867	26
14	XZEU	ESG	0,3773	0,6513	0,4756	24	0,3947	30	0,6004	21
15	VEUR	Conv	0,3294	0,6633	0,4376	33	0,3483	34	0,5895	25
15	ESEU	ESG	0,3566	0,6606	0,4581	29	0,3742	31	0,5974	22
16	ETFMIB	Conv	0,4747	0,8349	0,5785	4	0,4922	11	0,7383	1
16	FMI	ESG	0,4835	0,8030	0,5663	7	0,4966	10	0,7122	3
17	DAXEX	Conv	0,3934	0,5407	0,4465	32	0,4023	28	0,5156	31
17	EXIA	ESG	0,4085	0,5304	0,4506	31	0,4154	25	0,5087	32
18	CACC	Conv	0,2742	0,4228	0,3304	35	0,2840	35	0,3989	34
18	C4D	ESG	0,2088	0,4485	0,3083	36	0,2282	36	0,4124	33

Legenda: Φ = índice de proximidade TOPSIS; R = ordenação global; Verde = ETF ESG; Vermelho = top 5 por cenário; Φ_{Fin} e Φ_{ESG} = scores parciais.

Tabela A3: Taxa de Sacrifício ESG por Par de ETFs

Par	Área	Conv.	ESG	Sharpe Conv.	Sharpe ESG	Ω	Regime
1	EUA	CSPX	SUSA	1,097	0,871	0,2260	Sacrifício
2	EUA	VOO	DSI	0,956	0,893	0,0630	Sacrifício
3	EUA	SPY	ESGU	0,941	0,895	0,0460	Neutro
4	EUA	VTI	ESGV	0,896	0,861	0,0350	Neutro
5	EUA	IVV	XVV	0,952	0,909	0,0430	Neutro
6	EUA	ITOT	SUSL	0,898	0,925	-0,0270	Neutro
7	Global	IWDA	UIMM	1,063	0,762	0,3010	Sacrifício
8	Global	VEVE	SUSW	0,957	0,874	0,0830	Sacrifício
9	Global	IWRD	SAWD	0,937	1,018	-0,0810	Ganho Líquido ESG
10	Global	XDWD	XZW0	1,057	0,954	0,1030	Sacrifício
11	Global	VWRL	V3AB	0,927	0,870	0,0570	Sacrifício
12	Global	IS3N	XZEM	0,804	0,394	0,4100	Sacrifício
13	Europa	IMAE	EURSRI	0,682	0,571	0,1110	Sacrifício
14	Europa	MEUD	XZEU	0,881	0,716	0,1650	Sacrifício
15	Europa	VEUR	ESEU	0,638	0,705	-0,0670	Ganho Líquido ESG
16	Europa	ETFMIB	FMI	0,985	1,154	-0,1690	Ganho Líquido ESG
17	Europa	DAXEX	EXIA	0,719	0,543	0,1760	Sacrifício
18	Europa	CACC	C4D	0,722	0,532	0,1900	Sacrifício

Legenda: Ω = Taxa de Sacrifício; Laranja = sacrifício ($\Omega > 0,05$); Verde = ganho líquido ESG ($\Omega < -0,05$); Amarelo = neutro ($|\Omega| \leq 0,05$).

Tabela A4: Índice de Desvio de Desempenho ESG

P	Área	ETF Conv.	ETF ESG	Φ_{Fin}	Φ_{ESG}	$\Phi_{ESG} - \Phi_{Fin}$	Ω	$\hat{\Omega}_h$	$\Delta\psi$	Regime
1	EUA	CSPX	SUSA	0,5158	0,7703	0,2545	0,2260	0,2974	-0,0429	Neutro
2	EUA	VOO	DSI	0,5077	0,7201	0,2124	0,0630	0,0829	0,1295	Sobrestimação
3	EUA	SPY	ESGU	0,4683	0,6895	0,2212	0,0460	0,0605	0,1607	Sobrestimação
4	EUA	VTI	ESGV	0,4961	0,6522	0,1561	0,0350	0,0461	0,1100	Sobrestimação
5	EUA	IVV	XVV	0,4999	0,6320	0,1321	0,0430	0,0566	0,0755	Sobrestimação
6	EUA	ITOT	SUSL	0,4964	0,6884	0,1920	-0,0270	-0,0355	0,2275	Sobrestimação
7	Global	IWDA	UIMM	0,4136	0,7204	0,3068	0,3010	0,3961	-0,0893	Subestimação
8	Global	VEVE	SUSW	0,4008	0,7258	0,3250	0,0830	0,1092	0,2158	Sobrestimação
9	Global	IWRD	SAWD	0,5367	0,6114	0,0747	-0,0810	-0,1066	0,1813	Sobrestimação
10	Global	XDWD	XZW0	0,5680	0,6500	0,0820	0,1030	0,1355	-0,0535	Subestimação
11	Global	VWRL	V3AB	0,4055	0,5644	0,1589	0,0570	0,0750	0,0839	Sobrestimação
12	Global	IS3N	XZEM	0,5175	0,3334	-0,1841	0,4100	0,5395	-0,7236	Subestimação
13	Europa	IMAE	EURSRI	0,3401	0,7640	0,4239	0,1110	0,1461	0,2778	Sobrestimação
14	Europa	MEUD	XZEU	0,3773	0,6513	0,2740	0,1650	0,2171	0,0569	Sobrestimação
15	Europa	VEUR	ESEU	0,3566	0,6606	0,3040	-0,0670	-0,0882	0,3922	Sobrestimação
16	Europa	ETFMIB	FMI	0,4835	0,8030	0,3195	-0,1690	-0,2224	0,5419	Sobrestimação
17	Europa	DAXEX	EXIA	0,4085	0,5304	0,1219	0,1760	0,2316	-0,1097	Subestimação
18	Europa	CACC	C4D	0,2088	0,4485	0,2397	0,1900	0,2500	-0,0103	Neutro

Legenda: $\Delta\psi_h$ = Índice de Desvio de Desempenho ESG; Laranja = sobrestimação ESG ($\Delta\psi_h > 0,05$); Verde = subestimação ESG ($\Delta\psi_h < -0,05$); Amarelo = consistente ($|\Delta\psi_h| \leq 0,05$). Φ_{Fin} e Φ_{ESG} = scores parciais TOPSIS do ETF ESG.

Tabela A5:Variação Absoluta de Posição na Ordenação TOPSIS

Par	Ticker	Tipo	Φ Fin.	Φ ESG	Φ Base	R Base	Φ C1	R C1	Φ C2	R C2	ΔR B-C2
1	CSPX	Conv	0,4968	0,6598	0,5608	8	0,5081	7	0,6349	12	4
1	SUSA	ESG	0,5158	0,7703	0,6133	1	0,5336	3	0,7268	2	1
2	VOO	Conv	0,4614	0,6671	0,5458	12	0,4770	14	0,6368	11	1
2	DSI	ESG	0,5077	0,7201	0,5898	3	0,5224	4	0,6857	4	1
3	SPY	Conv	0,4485	0,6603	0,5369	13	0,4650	16	0,6298	13	0
3	ESGU	ESG	0,4683	0,6895	0,5596	9	0,4853	12	0,6568	8	1
4	VTI	Conv	0,4462	0,6327	0,5252	17	0,4609	17	0,6069	18	1
4	ESGV	ESG	0,4961	0,6522	0,5568	10	0,5067	9	0,6281	14	4
5	IVV	Conv	0,4562	0,6331	0,5326	14	0,4706	15	0,6094	17	3
5	XVV	ESG	0,4999	0,6320	0,5556	11	0,5101	6	0,6141	16	5
6	ITOT	Conv	0,4470	0,6014	0,5158	18	0,4601	18	0,5819	27	9
6	SUSL	ESG	0,4964	0,6884	0,5740	5	0,5105	5	0,6596	7	2
7	IWDA	Conv	0,4395	0,6363	0,4991	20	0,4489	19	0,5938	23	3
7	UIMM	ESG	0,4136	0,7204	0,5312	15	0,4357	20	0,6665	5	10
8	VEVE	Conv	0,4218	0,6368	0,4872	21	0,4322	21	0,5900	24	3
8	SUSW	ESG	0,4008	0,7258	0,5149	19	0,4214	23	0,6607	6	13
9	IWRD	Conv	0,4195	0,6125	0,4839	22	0,4301	22	0,5754	28	6
9	SAWD	ESG	0,5367	0,6114	0,5673	6	0,5421	2	0,6010	20	14
10	XDWD	Conv	0,4672	0,6360	0,5262	16	0,4770	13	0,6057	19	3
10	XZWO	ESG	0,5680	0,6500	0,6008	2	0,5737	1	0,6381	10	8
11	VWRL	Conv	0,4128	0,5750	0,4594	27	0,4199	24	0,5385	29	2
11	V3AB	ESG	0,4055	0,5644	0,4548	30	0,4133	26	0,5317	30	0
12	IS3N	Conv	0,3776	0,2929	0,3410	34	0,3709	32	0,3039	36	2
12	XZEM	ESG	0,5175	0,3334	0,4586	28	0,5080	8	0,3706	35	7
13	IMAE	Conv	0,3773	0,6844	0,4813	23	0,3955	29	0,6213	15	8
13	EURSRI	ESG	0,3401	0,7640	0,4711	26	0,3638	33	0,6557	9	17
14	MEUD	Conv	0,3949	0,6343	0,4746	25	0,4083	27	0,5867	26	1
14	XZEU	ESG	0,3773	0,6513	0,4756	24	0,3947	30	0,6004	21	3
15	VEUR	Conv	0,3294	0,6633	0,4376	33	0,3483	34	0,5895	25	8
15	ESEU	ESG	0,3566	0,6606	0,4581	29	0,3742	31	0,5974	22	7
16	ETFMIB	Conv	0,4747	0,8349	0,5785	4	0,4922	11	0,7383	1	3
16	FMI	ESG	0,4835	0,8030	0,5663	7	0,4966	10	0,7122	3	4
17	DAXEX	Conv	0,3934	0,5407	0,4465	32	0,4023	28	0,5156	31	1
17	EXIA	ESG	0,4085	0,5304	0,4506	31	0,4154	25	0,5087	32	7
18	CACC	Conv	0,2742	0,4228	0,3304	35	0,2840	35	0,3989	34	1
18	C4D	ESG	0,2088	0,4485	0,3083	36	0,2282	36	0,4124	33	3

Legenda: Φ = índice de proximidade TOPSIS, R = posição na ordenação global (n = 36). Verde = ETF ESG. Dourado = top 5 por cenário. ΔR B-C2 = variação absoluta de posição entre o cenário Base e o cenário C2 (perfil ESG). Laranja = $\Delta R \geq 10$ (alta sensibilidade à ponderação). Amarelo = $\Delta R \geq 5$ (sensibilidade moderada). Pares organizados por área geográfica: EUA (pares 1–6), Global (pares 7–12), Europa (pares 13–18).

Tabela A6: Comportamento da Taxa de Sacrifício entre Cenários

Par	Área	Conv. / ESG	$\Omega_{h,base}$	$\Omega_{h,c1}$	$\Omega_{h,c2}$	Inversão	Ω
1	EUA	CSPX / SUSA	-0,0525	-0,0255	-0,0919	Não	0,226
2	EUA	VOO / DSI	-0,0440	-0,0454	-0,0489	Não	0,063
3	EUA	SPY / ESGU	-0,0227	-0,0203	-0,0270	Não	0,046
4	EUA	VTI / ESGV	-0,0316	-0,0458	-0,0212	Não	0,035
5	EUA	IVV / XVV	-0,0230	-0,0395	-0,0047	Não	0,043
6	EUA	ITOT / SUSL	-0,0582	-0,0504	-0,0777	Não	-0,027
7	Global	IWDA / UIMM	-0,0321	0,0132	-0,0727	Sim	0,301
8	Global	VEVE / SUSW	-0,0277	0,0108	-0,0707	Sim	0,083
9	Global	IWRD / SAWD	-0,0834	-0,1120	-0,0256	Não	-0,081
10	Global	XDWD / XZW0	-0,0746	-0,0967	-0,0324	Não	0,103
11	Global	VWRL / V3AB	0,0046	0,0066	0,0068	Não	0,057
12	Global	IS3N / XZEM	-0,1176	-0,1371	-0,0667	Não	0,410
13	Europa	IMAE / ERSRI	0,0102	0,0317	-0,0344	Sim	0,111
14	Europa	MEUD / XZEU	-0,0010	0,0136	-0,0137	Sim	0,165
15	Europa	VEUR / ESEU	-0,0205	-0,0259	-0,0079	Não	-0,067
16	Europa	ETFMIB / FMI	0,0122	-0,0044	0,0261	Sim	-0,169
17	Europa	DAXEX / EXIA	-0,0041	-0,0131	0,0069	Sim	0,176
18	Europa	CACC / C4D	0,0221	0,0558	-0,0135	Sim	0,190

Legenda: $\Omega_{h,c}$ = taxa de sacrifício TOPSIS do par h no cenário $c \in \{Base, C1, C2\}$; Ω = taxa de sacrifício observada; Laranja = sacrifício ($> 0,05$); Verde = ganho líquido ($< -0,05$); Amarelo = neutro ($\leq 0,05$ em valor absoluto); Vermelho = inversão de sinal da taxa de sacrifício TOPSIS entre cenários.

Declaração de Conformidade com o Regulamento

O presente trabalho foi elaborado em conformidade com o Regulamento dos Mestrados do ISEG, Universidade de Lisboa. O texto compreendido entre o início da Introdução e o final das Conclusões contém 64.980 caracteres. Os elementos complementares, incluindo anexos e referências bibliográficas, contém 24.460 caracteres.

Declaração de Utilização de Ferramentas de Inteligência Artificial

No âmbito da elaboração deste trabalho, foram utilizadas ferramentas de inteligência artificial generativa, como apoio à redação, revisão linguística e formatação de texto. Todo o conteúdo académico, incluindo a recolha e tratamento de dados, a aplicação do modelo AHP-CRITIC-TOPSIS e a análise dos resultados, foi realizado pelo autor. A responsabilidade pelo conteúdo desta dissertação é inteiramente do autor.