



**UnB**

Universidade de Brasília (UnB)

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas  
(FACE)

Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (CCA)

Curso de Graduação em Ciências Contábeis

Kelton Holanda Fontenele

**Análise dos tipos de projetos financiados por Green Bonds emitidos por companhias do  
setor elétrico na Europa**

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ludmila de Melo Souza

28 de Janeiro de 2023

**Análise dos tipos de projetos financiados por Green Bonds emitidos por companhias do setor elétrico na Europa**

Kelton Holanda Fontenele

Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Gestão de Políticas Públicas (FACE), Departamento de Ciências Contábeis e Atuariais (CCA), Universidade de Brasília (UnB)

Curso de Graduação em Ciências Contábeis

Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Ludmila de Melo Souza

28 de Janeiro de 2023

Ficha catalográfica elaborada automaticamente,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

FF683a Fontenele, Kelton  
Análise dos tipos de projetos financiados por Green  
Bonds emitidos por companhias do setor elétrico na Europa /  
Kelton Fontenele; orientador Ludmila Souza. -- Brasília,  
2023.  
26 p.

Monografia (Graduação - Ciências Contábeis) --  
Universidade de Brasília, 2023.

1. ESG. 2. Green Bonds. 3. Setor elétrico. 4. Mudança de  
matriz energética. 5. Energias renováveis. I. Souza,  
Ludmila, orient. II. Título.

## **Agradecimentos**

Tive o prazer de passar todo esse período de aprendizado ao lado de pessoas muito especiais, que sempre me deram o apoio necessário para tornar tudo possível. Olhando para trás nesta reta final da faculdade, tenho a certeza de que eu levo comigo aprendizados que vão muito além do profissional.

Meus agradecimentos vão primeiramente aos meus pais, Marconi e Elizabete, que me deram todo o apoio necessário durante os estudos para o vestibular, o que me possibilitou estar aqui hoje. Obrigado pai e mãe por sempre acreditarem em mim e me incentivarem a seguir o caminho do bem.

Obrigado a minha namorada, Nayane, por ter me apoiado e me incentivado durante todo esse intenso período de faculdade.

Agradeço aos meus queridos companheiros de jornada, Mariana e Otávio, por todas as reflexões contábeis e não contábeis que tivemos ao longo dessa jornada. Vocês transformaram a faculdade em uma experiência mais leve e descontraída.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Ludmila Souza, por ter me orientado e me dado todo o apoio para o desenvolvimento desse trabalho.

## Resumo

A discussão da mudança climática e da necessidade de fontes de financiamento que possam contribuir para a mitigação e adaptação aos impactos do aquecimento global tem ganhado cada vez mais relevância no mercado de capitais. Dentro desse contexto, destaca-se a importância dos títulos verdes, conhecidos como Green Bonds, como uma alternativa de investimento para aqueles que buscam contribuir para a luta contra as mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que obtêm retorno financeiro. Os Green Bonds são títulos emitidos por empresas e governos, cujos recursos são destinados exclusivamente a projetos relacionados à sustentabilidade ambiental, como fontes de energia renováveis, eficiência energética, transporte limpo e conservação de florestas e recursos hídricos. O mercado global de títulos verdes emitiu US\$ 517,4 bilhões em 2021 (CBI, 2022), um aumento de 60% em relação ao ano anterior, mostrando que existe uma demanda crescente por investimentos ambientalmente responsáveis. Apesar disso, ainda há escassez de pesquisas sobre o mercado de Green Bonds no setor elétrico no Brasil, um país com grande potencial para se desenvolver neste campo devido à sua rica biodiversidade e grande necessidade de infraestrutura verde. O objetivo deste trabalho é entender como se comporta um mercado mais maduro de Green Bonds, especificamente, os tipos de projetos que são financiados pelos Green Bonds das companhias do setor elétrico na Europa.

Palavras-chave: Green Bonds; Setor elétrico; Projetos sustentáveis; ESG; Mercado de capitais.

## Sumário

<b>1. Introdução .....</b>	<b>7</b>
<b>2. Fundamentos da pesquisa .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1. Green Bonds .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2. Principais Fontes de Energia Renovável.....</b>	<b>10</b>
2.2.1. Energia Hidrelétrica .....	10
2.2.2. Energia eólica.....	12
2.2.3. Biomassa .....	14
2.2.4. Energia fotovoltaica .....	15
2.2.5. Energia geotérmica.....	17
2.2.6. Energia a partir do hidrogênio verde.....	18
<b>3. Procedimentos de Pesquisa.....</b>	<b>19</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>22</b>
<b>5. Considerações finais .....</b>	<b>24</b>
<b>6. Referências .....</b>	<b>26</b>

## 1. Introdução

As mudanças climáticas e a perda de biodiversidade são vistas como os desafios mais preocupantes ao longo da década (UNESCO, 2021). A necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa e aumentar a capacidade de adaptação às condições climáticas adversas tem sido um tema cada vez mais relevante na agenda global. Isso tem levado a um crescente interesse em fontes de financiamento que possam contribuir para a mitigação e adaptação aos impactos do aquecimento global.

Os títulos verdes, conhecidos como Green Bonds, têm se destacado como uma alternativa de investimento para aqueles que buscam contribuir para a luta contra as mudanças climáticas, ao mesmo tempo em que obtêm retorno financeiro. Trata-se de títulos emitidos por empresas e governos, cujos recursos são destinados exclusivamente a projetos relacionados à sustentabilidade ambiental, como fontes de energia renováveis, eficiência energética, transporte limpo e conservação de florestas e recursos hídricos.

Os Green Bonds são emitidos com as mesmas características de outros títulos de renda fixa, como prazo de vencimento, taxa de juros e garantias. A principal diferença é que os recursos obtidos com a emissão dos títulos são exclusivamente destinados a projetos ambientalmente sustentáveis, o que os diferencia de outros tipos de títulos, como os de infraestrutura ou imobiliários.

Os Green Bonds são classificados de acordo com as suas características e objetivos específicos. Por exemplo, existem os chamados "use of proceeds" Green Bonds, que são emitidos com o objetivo específico de financiar projetos relacionados à sustentabilidade ambiental, como fontes de energia renováveis e eficiência energética. Já os "asset-linked" Green Bonds, são emitidos com o objetivo de financiar ativos relacionados à sustentabilidade ambiental, como edifícios com certificação verde ou florestas protegidas.

O mercado de Green Bonds tem crescido rapidamente em todo o mundo nos últimos anos. O mercado global de títulos verdes emitiu US\$ 517,4 bilhões em 2021, um aumento de 60% em relação ao ano anterior (CBI, 2022). Isso mostra que existe uma demanda crescente por investimentos ambientalmente responsáveis. Além disso, o setor público também tem se posicionado como um grande emissor de Green Bonds, com governos em todo o mundo emitindo títulos para financiar projetos relacionados à sustentabilidade ambiental.

Apesar do crescente interesse pelo tema, ainda há escassez de pesquisas no Brasil que relacionam o mercado de Green Bonds com o setor elétrico. Isso é preocupante, pois o país tem uma grande potencial para se desenvolver neste campo, com sua rica biodiversidade e sua grande necessidade de infraestrutura verde. Além disso, o Brasil tem uma grande capacidade de produzir energia renovável, como a hidroeletricidade e a energia eólica, o que é uma oportunidade para o desenvolvimento de projetos e iniciativas de mitigação e adaptação às mudanças climáticas (Domingues, 2022).

É fato que a mudança da matriz energética mundial é um dos pivôs para a redução da emissão de gases de efeito estufa. O objetivo deste trabalho é entender os tipos de projetos que são financiados pelos Green Bonds das companhias do setor elétrico na Europa.

## 2. Fundamentos da pesquisa

### 2.1. Green Bonds

Há diversas pesquisas acadêmicas que estudam a relação entre as ações ESG e desempenho corporativo, maior acesso a fontes de financiamento e geração e valor. Nesta seção, será elencado, com caráter não exaustivo, algumas das principais pesquisas acadêmicas desenvolvidas sobre o tema.

Cheng, Ioannou & Serafeim (2014) defendem que adotar e implantar ações de responsabilidade social corporativa (CSR) resulta em uma menor restrição de acesso à crédito em virtude de dois mecanismos complementares: o primeiro, bom desempenho em ações CSR aumenta o comprometimento das empresas e nesse sentido, mantém os *stakeholders* engajados. Segundo ponto é que empresas com maior desempenho nas ações CSR são mais propensas a publicizar suas estratégias nos relatórios de sustentabilidade, que são assegurados por entidades independentes, e por isso, garantem a credibilidade dos seus relatórios corporativos.

A partir da definição de restrição de capital, qual seja, *fricções de mercado que podem impedir as empresas de financiarem todos os investimentos desejados* (tradução livre), os autores desenvolveram as seguintes hipóteses de pesquisa: (a) redução dos custos de agência, por aumentar o engajamento dos *stakeholders* e (b) redução da assimetria informacional, em virtude do aumento da transparência. Por meio da técnica de dados em painel com pareamento baseado em *rating*, variáveis instrumentais e equação simultâneas, os autores obtiveram evidências de que o melhor engajamento com *stakeholders* e transparência relacionada às ações de responsabilidade social corporativa são significantes para reduzir os custos de capital.

Baker et. Al (2018) realizaram uma pesquisa sobre *green bonds*. Após realizarem uma análise geral sobre os *green bonds* emitidos por empresas e pelo setor público nos Estados Unidos da América - EUA, os autores elaboraram um modelo que relacionou preço e estrutura de propriedade e ativos não financeiros. Os resultados demonstraram que os títulos verdes emitidos pelo setor público são emitidos com prêmio quando comparados os títulos tradicionais. Adicionalmente, verificou-se que títulos verdes, particularmente os pequenos ou essencialmente sem risco são mantidos mais restritos do que os títulos comuns. Ainda, os resultados corroboraram que preço e propriedade estão associados a presença de certificação externa.

Hachenberg & Schiereck (2018) realizou um estudo que teve como objetivo comparar a precificação dos títulos verdes e os títulos convencionais. Segundo os autores há na literatura um *gap*: analisar se os “títulos verdes” oferecem uma relação risco-retorno melhor do que os títulos tradicionais negociados no mercado. Para diminuir esse *gap*, os autores realizaram um *match* entre os *spreads* dos títulos verdes e os de outros títulos “não verdes” de classe similar. Os autores verificaram que os títulos de *rating* AA – BBB verdes são negociados de forma mais restrita quando comparados com títulos “não verdes” dos mesmos emissores. Adicionalmente, os autores verificaram que os títulos verdes do setor privado são negociados de maneira mais restrita dos que os títulos não verdes ou títulos emitidos pelo governo. De uma maneira geral, os autores verificaram que o prazo e a moeda de emissão não influenciavam o preço de negociação, mas sim o setor do emitente e seu *rating* ESG.

Gianfrate & Peri (2019) estudou se é conveniente a emissão de *green bonds* por parte de emissores europeus. Os resultados mostraram que é vantajoso para as empresas emitirem *green bonds* quando comparado com a emissão de títulos tradicionais similares (a diferença no retorno dos dois tipos de título gira, em média, em 0,2%). Adicionalmente, os autores verificaram que quando são considerados os custos com asseguradores e certificadores

externos, os títulos verdes ainda assim possuem um desempenho superior que os títulos tradicionais.

Tang, D. Y., & Zhang, Y. (2020) analisaram a relação entre os retornos da ação e os efeitos da missão dos títulos verdes por empresas localizadas em 28 países entre 2007-2017. Os autores verificaram que o preço das ações reage positivamente à emissão dos títulos. Mesmo assim, não foram encontradas evidências de que haja um prêmio significativo pela emissão desses títulos temáticos, o que sugere que os retornos positivos das ações não estejam totalmente vinculados pelo menor custo da dívida. Uma outra evidência importante encontrada pelos autores é que o número de acionistas institucionais aumenta depois que a empresa emite títulos verdes. Adicionalmente, verificou-se que uma correlação positiva entre liquidez da ação e emissão de *green bonds*. Portanto, de uma maneira geral, a emissão de *green bonds* é positiva para as empresas emitentes.

Flammer (2021) estudou os títulos verdes emitidos pelo setor privado e vinculados a projetos de mudança climática. Com a pesquisa, o autor encontrou evidências de que os investidores respondem positivamente ao anúncio de emissão, mais especificamente para as primeiras emissões e para aqueles títulos certificados por terceiros. Adicionalmente, ao estudar os emissores, o autor verificou que os emissores melhoram seu desempenho ambiental após a emissão (com menores emissões de CO<sub>2</sub>, por exemplo) e aumentam o número de investidores ambientalmente engajados no seu quadro de acionistas de longo-prazo. Segundo o autor, ao emitir títulos verdes as empresas sinalizam credibilidade e compromisso com o meio ambiente.

## 2.2. Principais Fontes de Energia Renovável

As fontes de energia pertencentes ao grupo de energias renováveis são consideradas inesgotáveis. Estão disponíveis na natureza e se regeneram constantemente, sem nenhuma intervenção humana. Considerando que temos recursos limitados, as energias renováveis são o presente e o futuro da sociedade como a conhecemos hoje.

A figura 1 evidencia a participação de energias renováveis entre o período de 2000 a 2022:

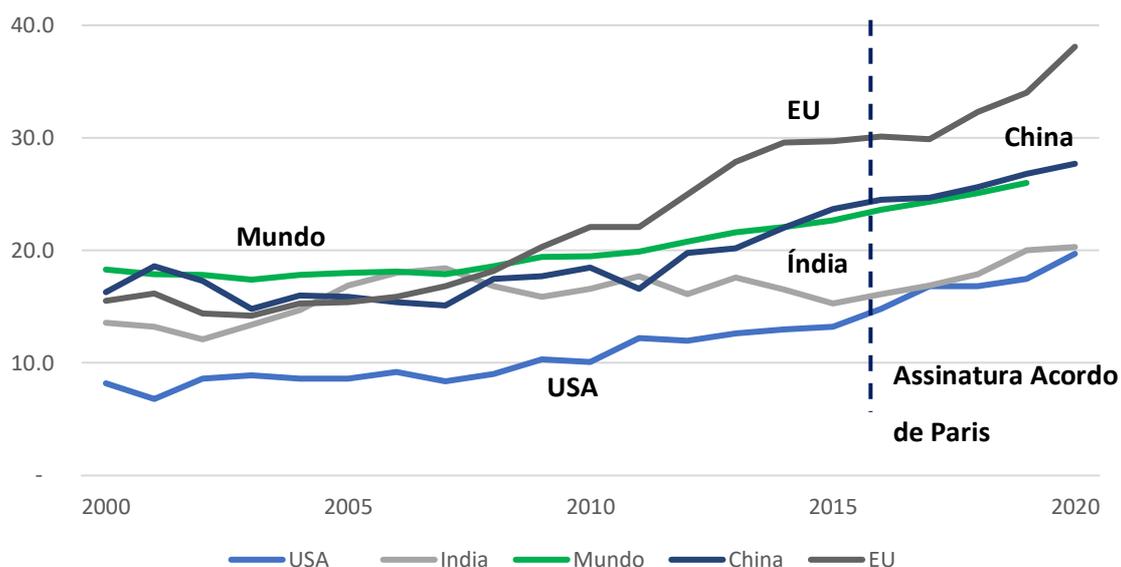


Figura 1 - Participação de energias renováveis na geração de eletricidade em países e regiões selecionadas, 2000-2020 (%)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Os dados da figura 1 mostram uma tendência natural de mudança da matriz energética, mesmo antes da assinatura do Acordo de Paris, que ocorreu no final do ano de 2015 e início de 2016. Nota-se que após 2015, com a assinatura do Acordo de Paris, intensificaram-se os esforços para a mudança da matriz energética mundial.

As projeções de crescimento da capacidade de geração de energia elétrica através de fontes renováveis evidenciam uma ampla e crescente necessidade de recursos para financiar a mudança de matriz energética mundial. Nesse sentido, a emissão de *green bonds* pode ampliar o público investidor e, conseqüentemente, angariar mais recursos para o financiamento da mudança de matriz energética.

A seguir, serão apresentados algumas das principais fontes de energia renovável que são alvo de financiamento de projetos cujo financiamento tem sido feito por meio da emissão dos *green bonds*.

### 2.2.1. Energia Hidrelétrica

A energia oriunda de hidrelétrica é um tipo de fonte renovável a qual utiliza a água represada para gerar energia elétrica e hoje é a matriz energética dominante no Brasil.

Na energia hidrelétrica, as águas movem turbinas que transformam a energia potencial da água em energia mecânica, que por sua vez, transforma-se em energia elétrica.

Trata-se de uma fonte de energia bastante dependente das chuvas, as quais contribuem para encher as barragens e aumentar o volume de água represada. Alguns projetos de hidrelétrica contam com reservatórios de acumulação, que servem para armazenar a água no período chuvoso e utilizá-la na seca.

A figura 2 evidencia o crescimento da capacidade de energia mundial até 2022 e a projeção até 2027.

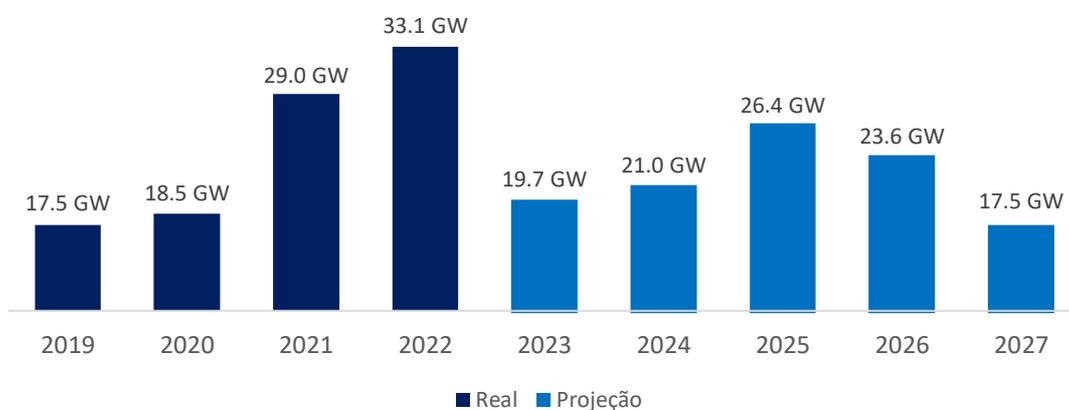


Figura 2 - Crescimento da capacidade hidrelétrica mundial (GW)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Conforme pode ser observado na figura 2, os dados da Agência Internacional de Energia projetam um crescimento relevante da capacidade hidrelétrica mundial. É importante lembrar que os dados elencados acima retratam um cenário base de projeção, considerando todas as variáveis em linha com o esperado. Existem perspectivas de um crescimento ainda mais acelerado da capacidade hidrelétrica.

A figura 3 evidencia uma expectativa de crescimento da geração de energia hidrelétrica mundial por meio da exploração da capacidade hidrelétrica disponível no globo.

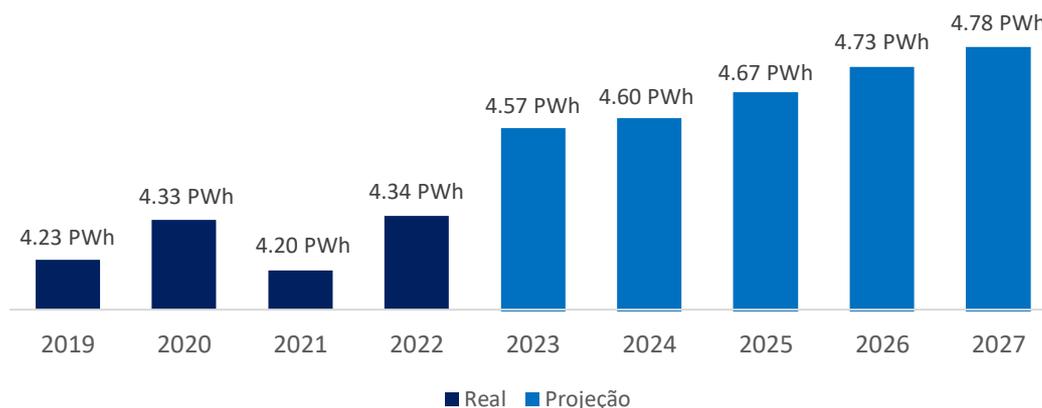


Figura 3 - Geração de energia hidrelétrica mundial (PWh)

*Nota:* De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Portanto, de acordo com a figura 3, é estimado a geração de 4,78 Petawatt-hora até 2027, valor que equivale um volume 10% maior do que foi gerado em 2022.

### 2.2.2. Energia eólica

A energia eólica é obtida a partir da força do vento. Para transformar a energia dos ventos em energia elétrica são usados os aerogeradores, que possuem hélices que se movimentam conforme a quantidade de vento no local.

Entre os impactos ambientais de um parque eólico destaca-se o risco oferecido às aves presentes no local, pois elas podem chocar-se com as hélices dos aerogeradores.

Um parque eólico onshore é construído sob a superfície terrestre. Neste tipo de parque eólico, têm-se uma fundação de concreto armado para garantir a estabilidade e funcionalidade da torre eólica. Já o parque eólico offshore é instalado em alto mar, normalmente em locais com profundidade de até 60 metros. Estes últimos são parques eólicos eficientes pois conseguem aproveitar melhor o espaço, gerando mais energia elétrica com uma quantidade menor de torres.

A figura 4 evidencia a capacidade de energia eólica real e projetada entre 2019 e 2027.

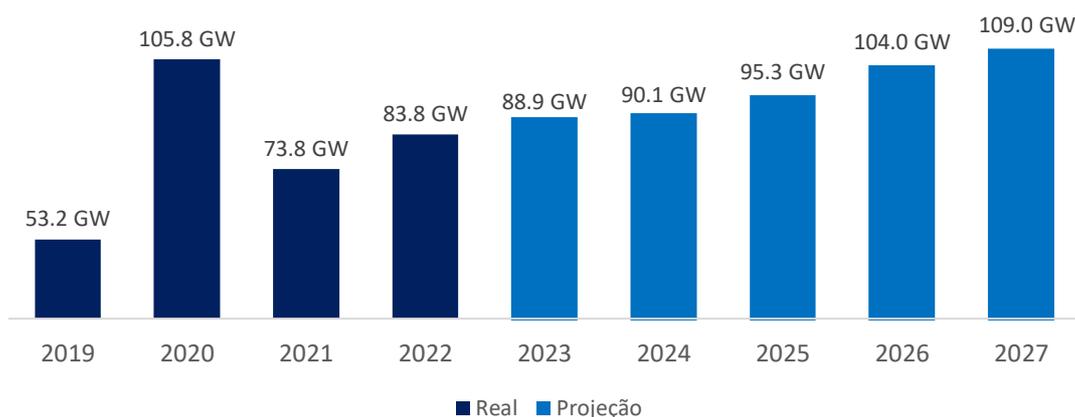


Figura 4 - Crescimento da capacidade eólica mundial (GW)

*Nota:* De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Existem projeções ambiciosas para o crescimento da capacidade eólica mundial. Em 2022 entrou em operação o maior parque eólico offshore do mundo, o Hornsea 2, com capacidade de 1,3GW e composto por 165 turbinas eólicas (Turbiani, 2022). O projeto está situado na costa marítima do Reino Unido e contribui para a meta da nação britânica de ter uma capacidade de 50 GW de energia eólica offshore até o ano de 2030.

A Orsted, empresa dona do Hornsea 2 assinou um acordo para vender 50% do projeto para um consórcio composto pela AXA IM e o Crédit Agricole Assurances no ano de 2022. O consórcio comprador pagou cerca de US\$ 3,6 bilhões pela metade do projeto, que será financiada por uma combinação de emissão de ações com um financiamento multi-tranche fornecido por 30 bancos, com uma parcela garantida pela EKF, a Agência de Crédito à Exportação da Dinamarca (David, 2022).

A figura 5 demonstra o crescimento da geração de energia eólica, real e projetada, entre 2019 e 2027.

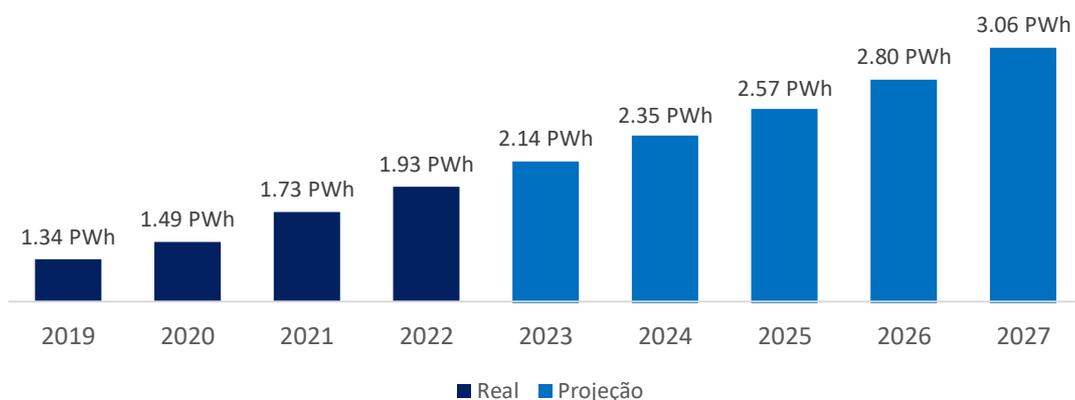


Figura 5 - Geração eólica mundial (PWh)

*Nota:* De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

A projeção de aumento da geração eólica mundial está relacionada tanto com o aumento de capacidade quanto pela tecnologia e inovação vivida pelo setor (International Energy Agency, 2022).

Conforme demonstra o relatório da Agência Internacional de Energia publicado em 2022, a eólica é uma fonte renovável que recebe uma quantia significativa de recursos para pesquisa e desenvolvimento e tem se mostrado como um dos principais pivôs de crescimento da geração de energia verde no globo terrestre.

### 2.2.3. Biomassa

A biomassa é um recurso renovável e seu processo de conversão em energia é muito menos nocivo ao meio ambiente quando comparado ao oriundo do petróleo, por exemplo, podendo resultar inclusive em captura de carbono.

A geração elétrica a partir da biomassa se dá majoritariamente por meio da termoeletricidade. A energia térmica advinda da combustão da biomassa é convertida em energia mecânica e em sequência, convertida em energia elétrica

Em geral, qualquer material orgânico capaz de produzir calor a partir de sua queima, especialmente os sólidos, pode ser chamado de biomassa. Além da bioeletricidade, também podemos gerar biocombustíveis, como o biometano e o E2G.

As figuras 6 e 7 evidenciam a capacidade e a geração de energia por meio da utilização da biomassa no mundo.

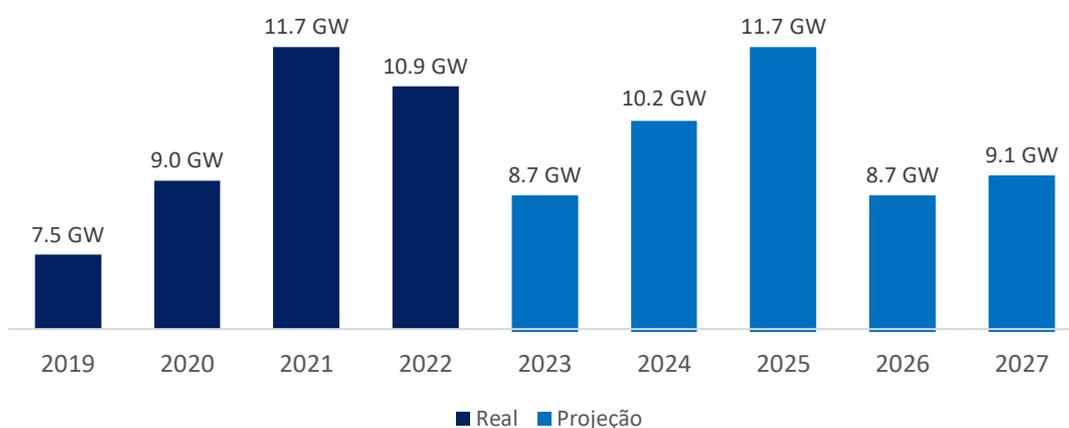


Figura 6 - Crescimento da capacidade de energia através da biomassa no mundo (GW)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Anssi Ahtikoski (2008) estudou a viabilidade econômica da bioenergia e seus resultados mostram que apesar das evidentes vantagens ambientais, a biomassa não tem despertado grande interesse do público em geral, muito menos das empresas privadas. Até certo ponto, isso pode ser atribuído aos altos custos envolvidos na produção de bioenergia.

Existe também uma grande discussão com relação a estocagem dos materiais utilizados neste tipo de usina. Estes são apenas alguns exemplos de dilemas ainda enfrentados pela energia

gerada através da biomassa. Ainda assim, projeta-se certo crescimento da capacidade elétrica partindo da biomassa para os próximos anos, conforme indicado pela figura 6.

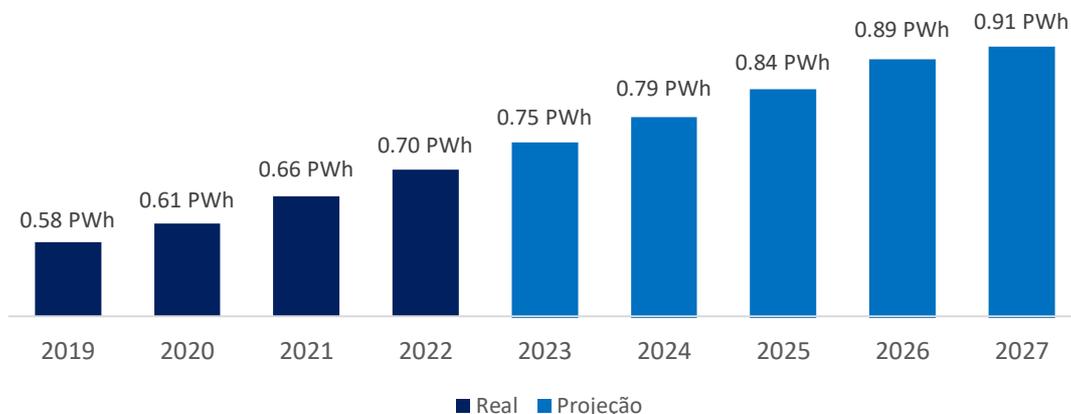


Figura 7 - Geração de energia a partir da biomassa, a nível mundial (PWh)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

A figura 7 revela que a projeção de geração de energia por meio da biomassa, quando comparada com outras fontes renováveis, encontra-se em patamares bem inferiores.

#### 2.2.4. Energia fotovoltaica

A energia fotovoltaica é aquela obtida através da conversão da luz solar em eletricidade utilizando uma tecnologia baseada no efeito fotovoltaico, que ocorre de forma natural em alguns tipos de materiais, conhecidos como semicondutores.

A figura 8 mostra o potencial de energia fotovoltaica presente no globo, destacando algumas regiões como as mais eficientes para a geração deste tipo de energia: África, Cordilheira dos Andes, Oriente Médio, Austrália e o oeste dos EUA são regiões com ótimo aproveitamento.

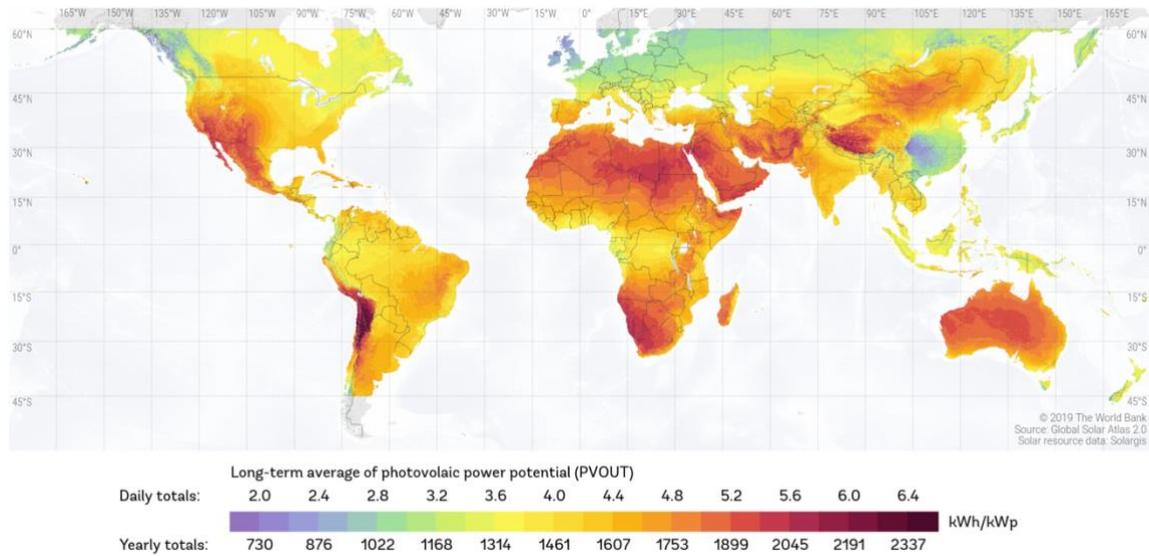


Figura 8 - Potencial de energia fotovoltaica por região do globo terrestre (PVOU)

Nota: De “Global Solar Atlas” de Energy Data Info, 2022. (<https://globalsolaratlas.info/download/world>)

Para atingir maior eficiência na geração de energia fotovoltaica, é importante que o local onde serão instalados os painéis tenha uma boa incidência de raios solares.

A figura 9 evidencia o crescimento da capacidade de energia fotovoltaica real e projetada entre 2019 e 2027.

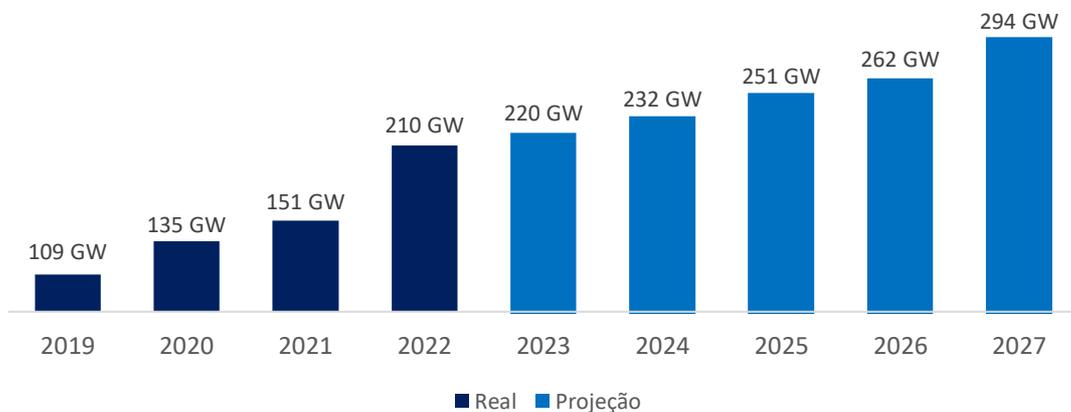


Figura 9 - Crescimento da capacidade de energia fotovoltaica no mundo (GW)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

A energia fotovoltaica é uma tendência mundial e proporciona uma transformação na maneira como o consumidor final enxerga a geração de energia elétrica uma vez que, em diversos países do mundo, os consumidores finais instalam painéis de energia fotovoltaica no telhado de suas próprias casas.

A figura 10 mostra uma projeção de crescimento acelerado na geração fotovoltaica no mundo.

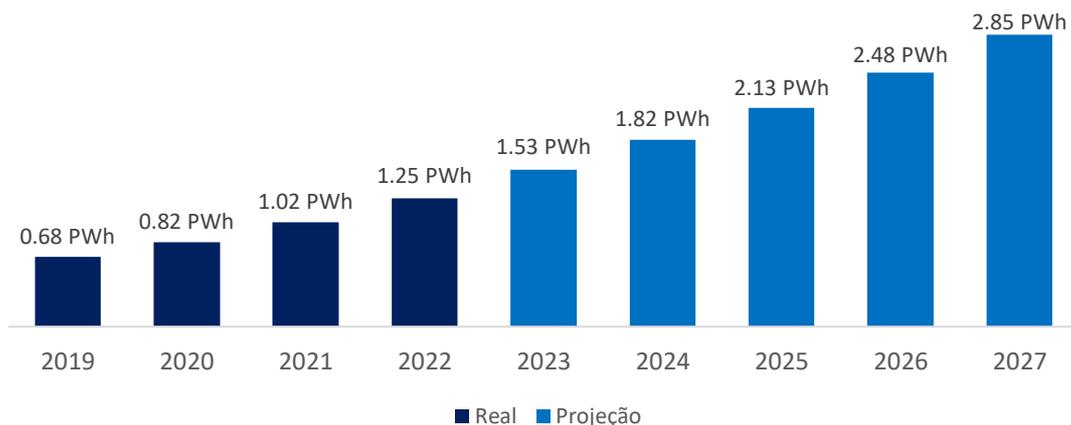


Figura 10 - Crescimento da capacidade de energia fotovoltaica no mundo (GW)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Estima-se mais do que duplicar o volume de energia gerada por painéis solares até o ano de 2027, conforme dados da IEA. A energia fotovoltaica tem recebido muito investimento público e privado nos últimos anos. Exemplo disso é o projeto da maior usina solar do mundo, que foi concluída em 2020.

A usina Bhadla Solar Park é hoje a maior instalação de energia solar no mundo e está localizada no distrito de Jodhpur, na Índia (All you need to know about Bhadla Solar Power Plant, 2022). O projeto em questão utiliza 10 milhões de módulos fotovoltaicos, totalizando uma potência de 2,24 GW e ocupando uma área de mais de 5 mil hectares. O projeto foi financiado de forma conjunta pelo Governo da Índia, o Asian Development Bank e o Clean Technology Fund. O custo total estimado do projeto foi de US\$ 1,4 bilhões.

### 2.2.5. Energia geotérmica

A energia geotérmica é a energia obtida a partir do calor proveniente do interior da Terra e funciona graças à capacidade natural da Terra e da sua água subterrânea reter calor. A área de terreno necessária para usinas geotérmicas é menor por megawatt do que para quase cada outro tipo de usina.

Para que uma usina geotérmica seja economicamente viável, é importante que ela seja construída nas pequenas zonas do planeta onde o calor do interior da Terra vem à superfície através de gêiseres e vulcões. Portanto, essa é considerada uma fonte de energia com um custo inicial bastante elevado, mas com barata manutenção.

As figuras 11 e 12 evidenciam a capacidade de energia eólica e a geração de energia real e projetada entre 2019 e 2027.

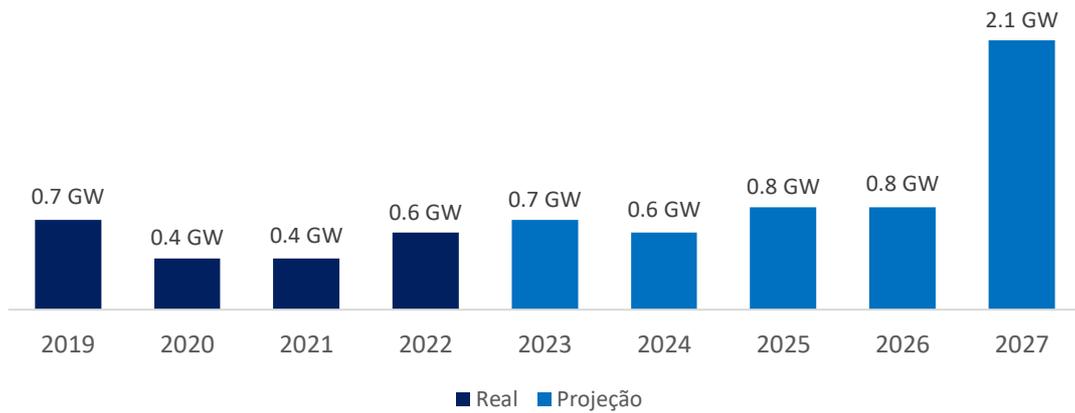


Figura 11 - Crescimento da capacidade de energia geotérmica no mundo (GW)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

Conforme apresenta a figura 11, existe uma projeção de crescimento muito lenta da capacidade de energia geotérmica no mundo até o ano de 2026.



Figura 12 - Geração de energia geotérmica no mundo (PWh)

Nota: De “Renewables Data Explorer” de IEA, 2022 (<https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tools/renewables-data-explorer>)

A energia geotérmica apresenta hoje uma geração irrisória se comparada com as outras fontes de energias renováveis. Trata-se de uma fonte de energia de altíssimo custo e complexidade, demandando estudos prévios bastante complexos do solo e das camadas interiores do globo terrestre.

### 2.2.6. Energia a partir do hidrogênio verde

O hidrogênio verde é considerado o combustível mais promissor por ser uma fonte de energia renovável, inesgotável e não poluente. O hidrogênio verde, quando unido ao oxigênio da atmosfera por meio de uma célula de hidrogênio, gera energia elétrica e água.

Para a obtenção do hidrogênio verde é necessário realizar a eletrólise da água, isto é, separar o Hidrogênio do Oxigênio da molécula de água (H<sub>2</sub>O). Após a separação, armazena-se

o gás hidrogênio. Para que a eletrólise aconteça, é necessário alimentar o sistema com energia elétrica que venha de outra fonte, seja ela renovável ou não.

Para que o hidrogênio verde seja considerado uma fonte de energia renovável, é necessário que o sistema de eletrólise seja alimentado por uma fonte de energia renovável, como por exemplo, a energia solar ou eólica.

Observando o hidrogênio verde desde sua origem, nota-se que se trata de uma forma de armazenar energia e não necessariamente de geração de energia. A vantagem do hidrogênio verde como combustível é que ele armazena muito mais energia do que a gasolina, por exemplo. Estima-se que 1kg de hidrogênio verde equivale a 2,8kg de gasolina (Abdin, 2020).

Considerando o exposto, nota-se uma tendência natural de crescimento da exploração do hidrogênio verde. Pois é um sistema eficiente para armazenamento de energia e é renovável de ponta a ponta.

### 3. Procedimentos de Pesquisa

O objetivo da pesquisa é identificar o objetivo dos projetos financiados pelos green bonds emitidos por companhias do setor elétrico na Europa. É importante salientar que para realização do trabalho, foi necessário o entendimento sobre as fontes de energias renováveis e sobre eficiência energética, o que foi discorrido de forma não exaustiva na seção 2.2 deste artigo.

Por meio de dados disponibilizados pela *International Capital Market Association* – ICMA, foram selecionados os títulos verdes emitidos no mundo por setor e jurisdição. A coleta de dados foi realizada entre 26 de novembro e 11 de dezembro de 2022.

Inicialmente foram mapeados 774 green bonds emitidos e dentre estes foram selecionados aqueles cujos emissores pertenciam ao setor elétrico. Portanto, foram aplicados filtros para selecionar apenas as empresas do setor elétrico, que nesta base são denominados como “Corporate-Energy”.

Em seguida, em virtude da quantidade de emissões em comparação com outros continentes, foram selecionados os green bonds do setor Corporate-Energy emitidos na Europa.

Cada *green bond* possui uma série de documentações, tais como prospectos e certificados de revisão externa nos quais são apresentados os projetos que serão financiados com os recursos, o nível de aderência aos princípios de green bonds emanados pelo framework *Green Bond Principles* GBP<sup>1</sup> bem como a análise da aderência do projeto ao GBP por especialistas externos independentes.

Assim, para a atual pesquisa foram selecionados 57 green bonds. A amostragem foi feita dando preferência aos bonds que tinham maior abundância de informações em seus relatórios de revisão externa.

---

<sup>1</sup> Ver em [https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2022-updates/Green-Bond-Principles\\_June-2022-280622.pdf](https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2022-updates/Green-Bond-Principles_June-2022-280622.pdf)

A figura 13 mostra o passo-a-passo para o estabelecimento da amostra final.

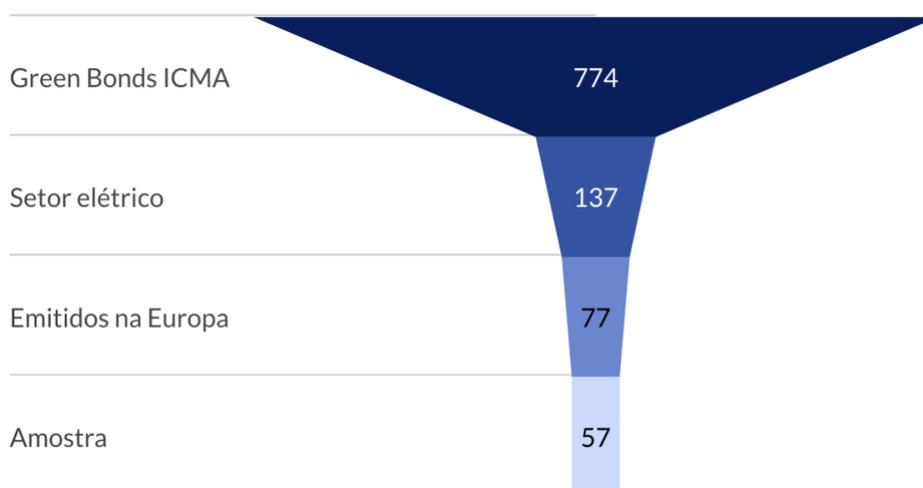


Figura 13 - Demonstração visual das etapas para construção da base de dados

*Nota:* Elaboração do autor

Após a construção do banco de dados, foram analisados um a um dos relatórios de revisão externa de cada um dos 57 green bonds da amostra com o objetivo de identificar quais projetos seriam financiados.

Ao longo da análise, observou-se que um único green bond pode estar habilitado pelo certificador para financiar variados tipos de projetos. Dessa forma, foram mapeados os macro temas dos projetos financiados por cada um dos valores mobiliários analisados.

A tabela 1 demonstra os macro temas identificados durante a análise de conteúdo realizada:

Tabela 1 - Macro temas identificados

Energias renováveis	Transporte limpo
Eficiência energética	Gestão de resíduos e prevenção a poluição
Conservação da Biodiversidade	Redução da dependência fóssil
Economia eficiente e circular	Infraestrutura de água e saneamento

*Nota:* Elaboração do autor

Dentre os macro temas identificados, em virtude da frequência, dois foram foco da presente pesquisa: projetos vinculados a financiar fontes de energias renováveis e projetos relacionados ao financiamento de melhoria na eficiência energética.

Verificou-se que as agências certificadoras de green bonds seguem um padrão nos seus relatórios para informar os projetos os quais serão financiados. A abrangência e o nível de

detalhamento evidenciado depende da agência e principalmente da data de emissão dos prospectos e relatórios de revisão externa.

#### 4. Resultados

Por meio da análise de conteúdo, foi possível identificar que a maior parte dos green bonds emitidos no setor de energia na Europa têm o objetivo de financiar projetos de geração de energia renovável.

A figura 15 ilustra o percentual de títulos verdes por tipo de projeto. Como um único título pode financiar mais de um tipo de projeto, o percentual apresentado no gráfico 14 ultrapassa 100%.

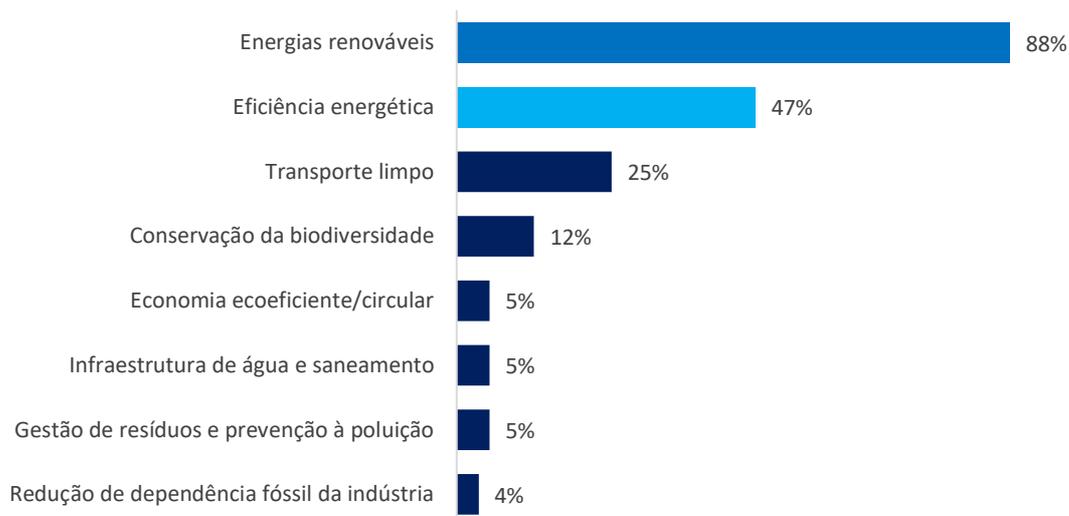


Figura 15 - Proporção de Green Bonds por tipo de projeto ESG

*Nota:* Elaboração do autor

88% dos Green Bonds financiam algum tipo de geração de energia renovável. Em segundo lugar, são financiados os projetos de eficiência energética, sendo objeto de financiamento de 47% dos green bonds estudados.

25% dos títulos verdes estudados estão vinculados ao transporte limpo, os quais envolvem principalmente a transição do combustível fóssil para a alimentação elétrica de veículos. Cabe destacar que os projetos de transporte limpo no setor elétrico podem acabar financiando uma infraestrutura que dá suporte aos veículos elétricos, como por exemplo, estações de recarga para estes veículos.

A figura 16 mostra a divisão dos títulos verdes por fonte renovável:

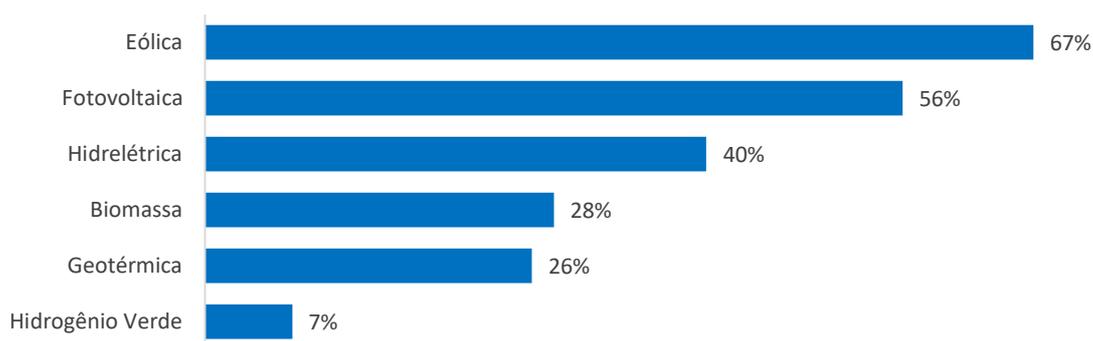


Figura 16 - Proporção de Green Bonds por fonte renovável

*Nota:* Elaboração do autor

Durante a análise da documentação, verificou-se que os projetos relacionados as fontes de energia renovável dos projetos analisados corroboram com os resultados e previsões realizadas pela Agência Internacional de Energia (IEA) apresentada na seção 2 deste artigo.

Como evidencia o gráfico 15, grande parte dos títulos verdes financiam projetos de energia eólica, cerca de 67% deles. Em segundo lugar, tem-se os projetos de energia fotovoltaica, com cerca de 56% dos green bonds da amostra. Ainda, verificou-se que os projetos de hidrelétricas foram objeto de 40% dos títulos verdes emitidos na Europa e objeto da amostra. Por fim, os projetos de geotérmicas e de geração de energia a partir da biomassa estão previstos em 26% e 28% dos títulos analisados, respectivamente.

Os projetos de hidrogênio verde foram objeto de financiamento por 7% dos green bonds da amostra. Neste artigo, optou-se por analisar o Hidrogênio Verde nesta seção por dois motivos: (i) os próprios certificadores dos Green Bonds classificam desta maneira e (ii) apesar de ser visto como uma maneira de armazenar energia, pode também ser entendido como uma fonte de energia, se analisado isoladamente na sua etapa final.

A figura 17 mostra a divisão dos títulos verdes por projetos de eficiência energética:

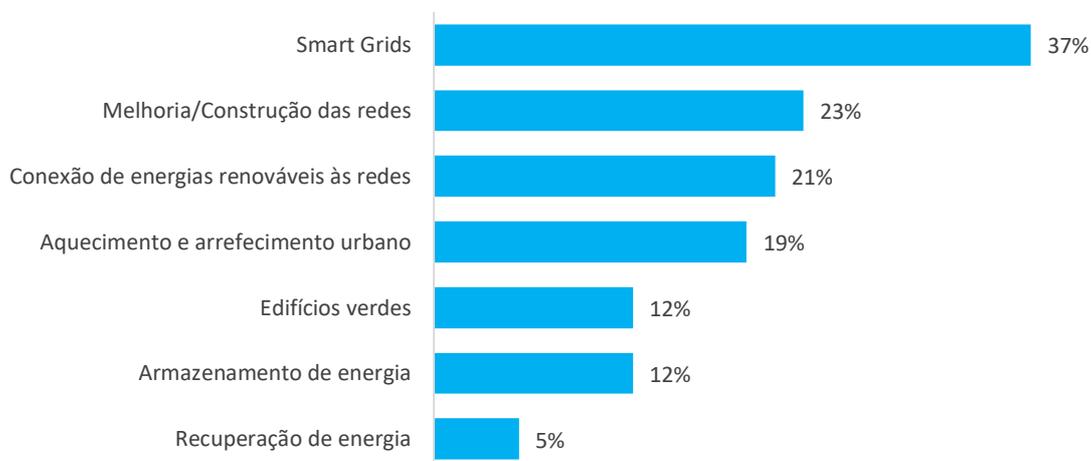


Figura 17 - Proporção de Green Bonds por tipo de projeto de eficiência energética

*Nota:* Elaboração do autor

Dentre os projetos vinculados a melhoria da eficiência energética, os projetos de Smart Grids foram objeto de financiamento de 37% dos Green Bonds. Conforme verificado nos relatórios, projetos dessa natureza contribuem com melhorias na rede de distribuição elétrica de forma a reduzir perdas e tornar a rede mais inteligente e automatizada.

Os projetos relacionados a melhoria e construção das redes de transmissão e distribuição de energia elétrica foram objeto de financiamento de 23% dos Green Bonds analisados. Conforme descrito nos documentos analisados, o intuito desses projetos é construir e melhorar o sistema integrado de energia elétrica de forma a reduzir cada vez mais as perdas com transmissão de alta, média e baixa tensão.

Em terceiro lugar, financiados por 21% dos títulos verdes da amostra, tem-se os projetos de conexão da geração de energias renováveis às redes de transmissão. Toda a energia gerada precisa ser conectada a uma rede de transmissão, portanto, esses projetos de eficiência energética buscam construir as redes que interligam a geração de energias renováveis ao sistema de transmissão de energia elétrica.

Os projetos de aquecimento e arrefecimento urbano são financiados por 19% dos Green Bonds estudados. Estes projetos, bastante comuns na Europa, buscam construir uma rede de distribuição de aquecimento e arrefecimento integrada. Com a integração destes sistemas têm-se uma menor perda de energia e a energia não utilizada por um membro do sistema pode ser utilizada por outro e vice-versa.

Os projetos vinculados à construção de edifícios verdes e os de armazenamento de energia foram financiados por 12% dos bonds analisados. O objetivo dos projetos analisados é alocar recurso na melhoria da performance de edifícios referente a eficiência energética. Dentro desta categoria, podemos encontrar projetos de construção e até mesmo aquisição de edifícios com alta eficiência energética comprovada por certificações específicas.

Já os projetos vinculados ao armazenamento de energia elétrica estão majoritariamente relacionados a projetos de armazenamento de eletricidade, com foco na estabilização da rede elétrica e/ou gerenciamento de pico de geração de energias renováveis.

## **5. Considerações finais**

Este estudo teve como objetivo analisar os tipos de projetos que são financiados por Green Bonds emitidos por companhias do setor elétrico na Europa, pelo fato desta região possuir um mercado de capitais mais sofisticado e, conseqüentemente, tendo mais dados para contribuir com esta análise. Para isto, foram analisados 57 Green Bonds emitidos por estas companhias utilizando técnicas de coleta e análise de dados.

Esta análise buscou entender também a proporção de Green Bonds destinada a financiar cada tipo de projeto no setor de energia elétrica. Notou-se que, claramente, a grande maioria dos Green Bonds financiam projetos de energia renovável ou de eficiência energética. Por este motivo, entramos em maiores detalhes nestes dois temas durante a análise destes títulos verdes.

As principais constatações foram que fontes de energia como a eólica e a fotovoltaica tendem a aumentar consideravelmente sua participação na geração de energia renovável no médio e longo prazo. Assim como, no âmbito da eficiência energética, podemos esperar por redes de distribuição de energia elétrica mais tecnológicas e autossuficientes, resultando em menores perdas.

Dessa forma, é possível concluir que os Green Bonds têm sido uma alternativa importante de financiamento para projetos sustentáveis no setor elétrico europeu. Além disso, a emissão de Green Bonds tem crescido de maneira significativa nos últimos anos, o que sugere um aumento da procura por alternativas de financiamento mais responsáveis.

No entanto, é importante destacar que ainda existem desafios a serem superados para tornar a emissão de Green Bonds mais acessível e atraente para outras companhias do setor elétrico. Isso inclui questões como a definição de critérios de qualidade mais claros e a padronização dos processos de emissão.

## 6. Referências

- Abdin, Z. (2020). *Hydrogen as an energy vector*. [Hidrogênio como um vetor de energia]. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109620>
- Ahtikoski, A. (2008). *Economic viability of utilizing biomass energy from young stands—The case of Finland* [Viabilidade econômica da utilização de energia de biomassa de povoamentos jovens—O caso da Finlândia]. *Biomass and Bioenergy*. 32(11), 988-986. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.01.022>
- All you need to know about Bhadla Solar Power Plant*. [Tudo o que você precisa saber sobre a usina fotovoltaica de Bhadla]. (2022, 20 de agosto). <https://www.solarsquare.in/blog/bhadla-solar-power-plant/>
- David, F. (2022, 28 de março). *Orsted sells 50% of Hornsea 2 offshore windfarm to AXA IM Alts and Crédit Agricole Assurances* [Orsted vende 50% da usina eólica offshore, Hornsea 2, para a AXA IM e o Crédit Agricole Assurances]. (\$500bn Green Issuance 2021: social and sustainable acceleration: Annual green \$1tn in sight: Market expansion forecasts for 2022 and 2025, 2022)
- Climate Bonds Initiative (CBI) (2022). \$500bn Green Issuance 2021: social and sustainable acceleration: Annual green \$1tn in sight: Market expansion forecasts for 2022 and 2025* [Emissão verde de US\$ 500 bilhões em 2021: aceleração social e sustentável: US\$ 1 trilhão verde anual à vista: previsões de expansão do mercado para 2022 e 2025]. <https://www.climatebonds.net/2022/01/500bn-green-issuance-2021-social-and-sustainable-acceleration-annual-green-1tn-sight-market>
- Turbiani, R. (2022, 7 de setembro). *Maior parque eólico offshore do mundo entra em operação no Reino Unido. Um só planeta*. <https://umsoplaneta.globo.com/energia/noticia/2022/09/07/maior-parque-eolico-offshore-do-mundo-entra-em-operacao-no-reino-unido.ghtml>
- UNESCO (2021). *The World in 2030: public survey report* [O Mundo em 2030: relatório de pesquisa pública] <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000375950.locale=en>
- Domingues, P. (2022). Entrevista com o Secretário de Planejamento e Desenvolvimento Energético do MME: Brasil é referência no campo da energia limpa e renovável. <https://www.gov.br/pt-br/noticias/energia-minerais-e-combustiveis/2021/10/brasil-e-referencia-no-campo-da-energia-limpa-e-renovavel>
- Cheng, Ioannou & Serafeim (2014). *Corporate Social Responsibility and Access to Finance* [Responsabilidade Social Corporativa e Acesso ao Financiamento]. <https://dash.harvard.edu/bitstream/handle/1/9887635/cheng,ioannou,serafeim-Corporate%20Social%20Responsibility%20and%20Access%20to%20Finance.pdf?sequence=1>
- Baker et. Al (2018). *Financing the Response to Climate Change: The Pricing and Ownership of U.S. Green Bonds* [Financiando a resposta às mudanças climáticas: o preço e a propriedade dos títulos verdes dos EUA]. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3275327](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3275327)
- Hachenberg & Schiereck (2018). *Are green bonds priced differently from conventional bonds? [Os títulos verdes têm preços diferentes dos títulos convencionais?]*. *J Asset Manag* 19, 371–383 (2018). <https://doi.org/10.1057/s41260-018-0088-5>

- Gianfrate & Peri (2019). The Green Advantage: Exploring the Convenience of Issuing Green Bonds [A Vantagem Verde: Explorando a Conveniência de Emitir Títulos Verdes]. *Journal of Cleaner Production*, Forthcoming. <https://ssrn.com/abstract=3329823>
- Tang, D. Y., & Zhang, Y. (2020). Do shareholders benefit from green bonds? [Os acionistas se beneficiam dos títulos verdes?]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929119918301664?via%3Dihub>
- Flammer (2021). Corporate green bonds [Green Bonds corporativos]. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304405X21000337>