



**Beatriz de Miranda Ferrari**

## **Precificação de títulos verdes no mercado brasileiro**

### **Dissertação de Mestrado**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação de Administração de Empresas do Departamento de Administração da PUC-Rio.

Orientador: Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto

Rio de Janeiro

Abril de 2022



**Beatriz de Miranda Ferrari**

## **Precificação de títulos verdes no mercado brasileiro**

Dissertação de Mestrado apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-Graduação de Administração de Empresas do Departamento de Administração da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo:

**Prof. Antonio Carlos Figueiredo Pinto**

Orientador

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Prof. Marcelo Cabus Klotzle**

Departamento de Administração – PUC-Rio

**Profa. Annelise Vendramini**

EAESP/FGV

Rio de Janeiro, 22 de abril de 2022



Todos os direitos reservados. A reprodução, total ou parcial do trabalho, é proibida sem a autorização da universidade, da autora e do orientador.

### Beatriz de Miranda Ferrari

Graduou-se em Ciências Econômicas na UFRJ (Universidade Federal do Rio de Janeiro) em 2016. Possui mais de seis anos de experiência em consultoria de finanças sustentáveis para instituições financeiras, principalmente bancos de desenvolvimento, bancos comerciais e gestoras de ativos, e organizações da sociedade civil.

#### Ficha catalográfica

Ferrari, Beatriz de Miranda

Precificação de títulos verdes no mercado brasileiro / Beatriz de Miranda Ferrari; orientador: Antonio Carlos Figueiredo Pinto. – 2022.

79 f.; 30 cm

Dissertação (mestrado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Administração, 2022.

Inclui bibliografia

1. Administração – Teses. 2. Finanças sustentáveis. 3. Finanças climáticas. 4. Títulos verdes. 5. Sustentabilidade. I. Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Administração. III. Título.

CDD: 658

## Agradecimentos

Ao meu orientador Professor Antonio Carlos Figueiredo pela leitura atenta e pelo apoio na realização deste trabalho.

Sou grata também aos professores Annelise Vendramini e Marcelo Klotzle pela disponibilidade de participação na banca de defesa desta dissertação e pelas contribuições para seu aperfeiçoamento.

Agradeço também à SITAWI/NINT, pelo apoio que possibilitou a realização do mestrado. Em especial ao Gustavo Pimentel e Tatiana Assali, pelo conhecimento compartilhado e as oportunidades, e à equipe de Programas, particularmente à Isadora Fraga, Carina Santana, Anderson Neto e Rafaela Carneiro pelo suporte que facilitou a finalização deste trabalho.

A todos os professores do IAG pelos ensinamentos e meus colegas de turma pelo companheirismo durante a jornada do mestrado, mesmo diante das circunstâncias adversas do COVID-19.

À minha família, em especial ao meu pai André, minha mãe Ana Paula e meu irmão Victor, pelo amor inesgotável e incentivos à evolução constante.

Ao Victor Pougy, pelo amor e apoio incondicional de sempre. Sem seu apoio não teria sido possível.

À Leticia Lobo, pela companhia e estímulo na reta final.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

## Resumo

Ferrari, Beatriz de Miranda; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo. Precificação de títulos verdes no mercado brasileiro. Rio de Janeiro, 2022. 79 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Títulos verdes são instrumentos para financiamento de ativos e projetos com benefícios ambientais, cuja emissão vem se tornando comum no mercado brasileiro. Preferências não-pecuniárias de investidores pela compra desses títulos associados a impacto ambiental positivo podem se refletir em uma diferença em sua precificação em comparação com títulos convencionais, fenômeno denominado de prêmio verde (*greenium*). A bibliografia internacional que explora a existência de um prêmio verde e de seus determinantes ainda é variada, porém não contempla o mercado brasileiro. Este trabalho busca contribuir para a literatura ao explorar a dinâmica de precificação de títulos verdes no Brasil. Para possibilitar a comparação entre títulos verdes e títulos convencionais de características similares e isolar os efeitos do rótulo verde na precificação desses ativos, foram empregados dois métodos de pareamento, *Propensity Score Matching* e *Coarsened Exact Matching*. Considerando uma amostra de 110 títulos verdes e 227 títulos convencionais emitidos entre 2016 e 2022 pelos mesmos emissores, o resultado indica a existência de um prêmio verde de 1,92% no mercado brasileiro, porém com resultados mistos uma vez que apenas um dos métodos obteve resultado significativo.

## Palavras-chave

Finanças sustentáveis; finanças climáticas; títulos verdes; sustentabilidade.

## **Abstract**

Ferrari, Beatriz de Miranda; Pinto, Antonio Carlos Figueiredo (Advisor). Green bonds pricing in the Brazilian market. Rio de Janeiro, 2022. 79 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Administração, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Green bonds are an important tool for financing assets and projects with positive environmental impacts and its issuance is becoming more commonplace in the Brazilian market. Non-pecuniary preferences by investors for these bonds may be reflected in a difference in its pricing when compared to conventional bonds in what has become known as “greenium”. The international literature exploring the existence of a greenium and its determinants has achieved mixed results, but it does not consider the Brazilian market. This dissertation aims to contribute to the literature by exploring the pricing dynamics of green bonds in Brazil. To enable the comparison between green and conventional bonds of similar characteristics and to isolate the effects of the green label in their pricing, two matching methods were employed, Propensity Score Matching and Coarsened Exact Matching. With a sample of 110 green bonds and 227 conventional bonds issued between 2016 and 2022 by the same issuers, the result indicates the existence of a greenium of 1.92% in the Brazilian market, but with mixed results since only one of the methods is significant.

## **Palavras-chave**

Sustainable finance; climate finance; green bonds; sustainability.

## Sumário

1. Introdução .....	8
2. Títulos verdes.....	13
2.1 Definições de Títulos Verdes/Temáticos.....	13
2.2 Evolução do mercado de Títulos Verdes no Brasil.....	17
3. Prêmio verde .....	20
3.1 Precificação de ativos .....	20
3.2 Histórico internacional.....	21
3.3 Histórico brasileiro.....	30
4. Metodologia.....	32
4.1 Construção da base de dados .....	32
4.2 Características da amostra .....	35
5. Resultados da análise .....	38
5.1 Propensity score matching (PSM).....	38
5.2 Coarsened exact matching (CEM) .....	42
5.3 Prêmio verde no mercado primário brasileiro.....	43
6. Conclusão .....	49
7. Referências .....	52
8. Anexo .....	61

## Lista de tabelas

Tabela 1 - Estatísticas descritivas da amostra de títulos de dívida .....	36
Tabela 2 – Perfil setores dos emissores de títulos de dívida .....	36
Tabela 3 - Rating de crédito dos emissores de títulos de dívida .....	37
Tabela 4 - Resultado Logit .....	39
Tabela 5 - Características da amostra após PSM .....	40
Tabela 6 - Características da amostra pareada através do PSM .....	41
Tabela 7 - Característica da amostra pareada através do CEM.....	42
Tabela 8 - Características da amostra após CEM.....	43
Tabela 9 - Determinantes do rendimento dos títulos de dívida .....	47

## Lista de gráficos

Gráfico 1 - Panorama de Títulos Temáticos rotulados no Brasil .....	9
Gráfico 2 – Proporção de operações de Títulos Verdes por setor.....	10
Gráfico 3 - Análise da região de apoio comum da amostra original .....	54
Gráfico 4 - Histograma do pareamento via PSM (r=1) .....	62
Gráfico 5 - Distribuição dos propensity scores para PSM (r=1).....	62
Gráfico 6 - Resultado por variável do pareamento PSM (r=1).....	63
Gráfico 7 – Histograma do pareamento via PSM (r=2).....	67
Gráfico 8 - Distribuição dos propensity scores para PSM (r=2).....	68
Gráfico 9 - Resultado do pareamento via PSM (r=2) por variável .....	69
Gráfico 10 - Resultado do pareamento via CEM por variável .....	73
Gráfico 11 – Resultado do pareamento via CEM k2k por variável .....	75

## Lista de quadros

Quadro 1 - Revisão bibliográfica internacional sobre prêmio verde .....	23
Quadro 2 - Critérios para seleção de amostra de Zerbib (2019) .....	29
Quadro 3 - Descrição das variáveis independentes da regressão .....	44

## 1. Introdução

O rótulo de Título Verde (*Green Bond*) pode ser atribuído a qualquer instrumento de título de renda fixa, desde que os recursos captados através de sua emissão sejam direcionados exclusivamente para financiar ou refinanciar de forma parcial ou integral projetos novos e/ou existentes que possuam benefícios ambientais claros (ICMA, 2021).

Em 2021, foram emitidos US\$ 517,4 bilhões em Títulos Verdes, totalizando USD 5,1 trilhões de recursos captados através desse instrumento desde o surgimento desse mercado (CBI, 2022). Esse volume representa um aumento de 74% em comparação ao volume emitido em 2020 (US\$ 297 bilhões) (CBI, 2022) e 94% em 2019 (US\$ 266,8 bilhões) (CBI, 2021). Nos últimos cinco anos, o mercado global de Títulos Verdes vem registrando um aumento médio anual de 50%. A Climate Bonds Initiative (CBI), que monitora o mercado de títulos temáticos desde 2015 (CBI, 2015), divulgou que sua expectativa é que o mercado internacional alcance o volume anual de emissão de US\$ 5 trilhões em títulos temáticos até 2025 (CBI, 2022).

O mercado financeiro brasileiro ainda possui um tamanho limitado quando comparado a outros mercados de países desenvolvidos ou de países emergentes asiáticos. O mercado de dívida brasileiro (considerando emissões públicas e privadas) foi de US\$ 27 bilhões em 2020 (CEPAL, 2021a) e US\$ 29,3 bilhões nos primeiros nove meses de 2021 (CEPAL, 2021b). No mesmo período, as emissões privadas representaram entre 10 e 20% do volume. Em comparação, o tamanho total do mercado de dívida mundial era de US\$ 128,3 trilhões em agosto de 2020, dos quais cerca de 30% foram emissões privadas<sup>1</sup>. Ou seja, o Brasil representa apenas aproximadamente 0,02% do mercado de dívida convencional.

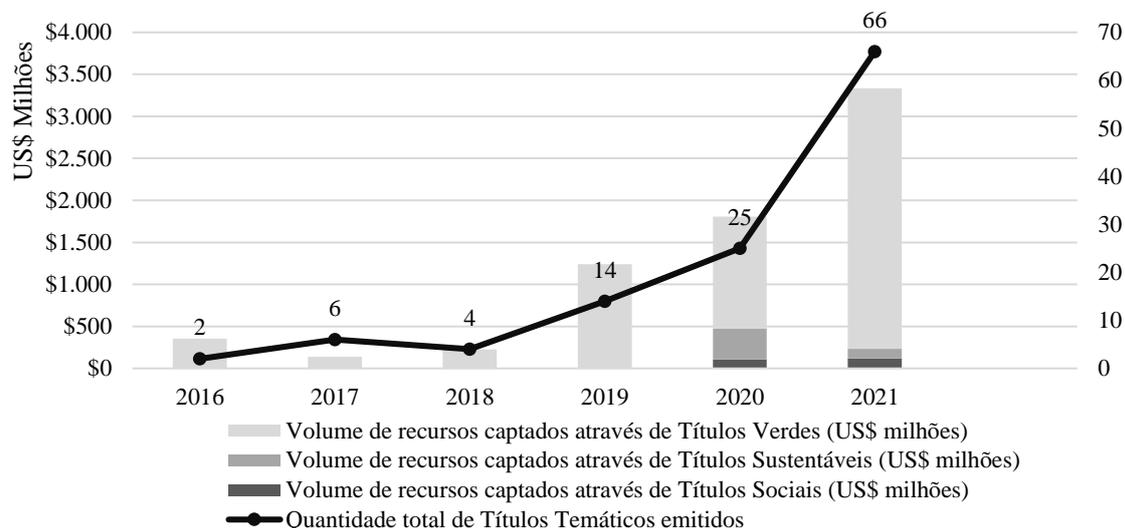
Desde a primeira operação em 2016, o mercado de Títulos Verdes no Brasil vêm crescendo. Entre 2016 e 2021, esse mercado acumulou R\$ 30 bilhões (cerca de US\$ 6,3 bilhões) através de 103 Títulos Verdes. Considerando também os Títulos Sociais e Sustentáveis, esses valores são um pouco maiores. Foram captados R\$ 1.194 milhões (cerca de US\$ 228 milhões) através de oito Títulos

---

<sup>1</sup> <https://www.icmagroup.org/market-practice-and-regulatory-policy/secondary-markets/bond-market-size/>

Sociais entre 2018 e 2021 e R\$ 2.626 milhões (aproximadamente US\$ 480 milhões) via seis Títulos Sustentáveis entre 2020 e 2021. O Gráfico 1 apresenta o panorama da quantidade de operações e volume mobilizado anualmente no período, deixando claro que o rótulo de Título Verde ainda é o mais expressivo.

Gráfico 1 - Panorama de Títulos Temáticos rotulados no Brasil



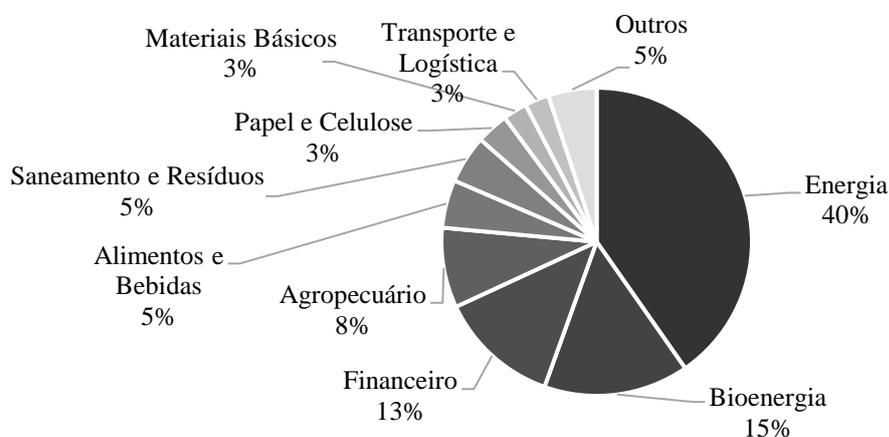
No total, o mercado já conta com 81 emissores, dos quais cerca de 20% são recorrentes, ou seja, emitiram dois ou mais títulos temáticos. Dos emissores, 85% são empresas não financeiras, 14% empresas financeiras e apenas 1% são empresas públicas.

Desta forma, o mercado brasileiro de títulos verdes representa pouco mais de 1% do mercado global. Quando se considera títulos emitidos cujos recursos são associados a benefícios ambientais e climáticos, porém que não estão associados a um rótulo verde, o Brasil representa cerca de 2% do mercado internacional (HARRISON *et al.*, 2022), indicando a existência de um potencial de rotulação a ser mais explorado no país.

A destinação dos recursos captados através dos Títulos Verdes é direcionada em diversos setores, conforme apresentado no Gráfico 2. Há ainda uma forte concentração nos setores de Energia e Bioenergia, cujo impacto ambiental positivo associado à energia renovável e/ou limpa é mais explícito, seguido dos setores financeiro e agropecuário. Na categoria ‘outros’, estão contemplados os setores de Construção Civil (2%); TI e Telecom (2%); Indústria (1%); e Varejo (1%). Essa composição é diferente da divisão setorial de emissões globais, na qual Energia

Renovável, Prédios verdes, Transporte limpo representando em ordem decrescente os três usos de recursos mais relevantes (ENVIRONMENTAL FINANCE, 2022).

Gráfico 2 – Proporção de operações de Títulos Verdes por setor



O prêmio de preço dos Títulos Verdes, chamado também de *greenium* ou prêmio verde, representa a diferença na taxa de juros (*yield*) cobrada em um título de renda fixa convencional e um título verde com características pecuniárias similares (AGLIARDI E AGLIARDI, 2019). A existência de um *greenium* negativo significaria que um título verde foi negociado a um rendimento menor (ou um preço maior) em comparação com o título convencional análogo, o que indicaria que os compradores aceitaram essa diferença no rendimento por motivos não-pecuniários, como a preocupação com o impacto ambiental do investimento (MACASKILL *et al.*, 2021).

Não existe uma diferença nos direitos dos detentores de dívidas rotuladas como verdes em comparação com dívidas convencionais que justifique esse prêmio, além de que todos os títulos de dívida de mesmas características estão todos sujeitos às mesmas condições de mercado (SLIMANE *et al.*, 2020). A atratividade dos títulos verdes para investidores estaria ligadas à expectativa de maiores retornos financeiros ou menor exposição ao risco, e/ou por motivos não pecuniários, como o alinhamento com teses de investimento voltadas à promoção de impacto socioambiental positivo (ZERBIB, 2019).

A existência de um prêmio verde indicaria que os investidores teriam apetite para comprar títulos verdes, seja pelo impacto positivo potencial ou pela percepção de que estão associados a uma exposição menor a riscos. Esse prêmio verde tem o

potencial de atrair mais recursos para projetos e ativos que viabilizem e impulsionem impacto ambiental. (NANAYAKKARA E COLOMBAGE, 2019)

Este trabalho busca examinar se houve diferencial de preços de emissões de títulos verdes no mercado brasileiro em comparação a títulos convencionais, ou seja, busca evidências de *greenium* no mercado brasileiro. Adicionalmente, este trabalho explora quais as características dessas emissões influenciam de forma significativa o seu potencial de *greenium*. Desta forma, este estudo busca responder à pergunta: a rotulação verde afeta a dinâmica de precificação de títulos de dívida emitidos no mercado brasileiro?

Conforme é apresentado na revisão bibliográfica no capítulo 3, uma proporção significativa de estudos que avaliam o premium de preço de um título verde é focada no mercado de títulos dos Estados Unidos ou na Europa (Zerbib (2019), Partridge e Medda (2020), Slimane *et al.* (2020)). Há alguns trabalhos que incluem dados de outros mercados, porém dentre a bibliografia existente, nenhum explicitam a inclusão de dados de emissões verdes por empresas brasileiras no mercado internacional ou emissões locais em reais (OSTLUND, 2015; ZERBIB, 2019; FATICA *et al.*, 2021; BOUR, 2019; NANAYAKKARA E COLOMBAGE, 2019; HYUN *et al.*, 2020). Adicionalmente, as fontes de dados internacionais usadas nas amostras desses artigos incluem uma parcela bem limitada da quantidade de emissões brasileiras, de modo que a dinâmica deste mercado não está bem refletida na bibliografia já existente. Portanto, esta dissertação busca contribuir para a literatura ao fazer uma análise focada no mercado brasileiro.

Também contribui para a literatura sobre precificação de ativos de renda fixa ao buscar evidências de que preços futuros desses títulos devem considerar fatores não econômicos, como o impacto socioambiental do uso dos recursos captados (MACASKILL *et al.*, 2020).

Adicionalmente, esta dissertação possui relevância social, uma vez que a investigação sobre a existência de *greenium* no mercado brasileiro tem o potencial de, promovendo novas emissões que possuem o potencial de direcionamento de recursos adicionais a ativos e projetos de benefício ambiental e/ou social explícito.

No capítulo 2 são trazidas as definições de títulos temáticos, em especial os verdes, e apresentadas as principais referências existentes e utilizadas no mercado para definição de usos de recursos elegíveis para esse tipo de captação. Também é feito um panorama do mercado de títulos verdes no Brasil e no mundo, destacando

particularmente a evolução no Brasil e quais as principais iniciativas desenvolvidas para o seu desenvolvimento.

O capítulo 3 tem como foco o prêmio verde especificamente. Para isso, apresenta sua definição, a sua contribuição para a teoria de precificação de ativos, além de trazer uma revisão da bibliografia internacional sobre prêmio verde e apresentar evidências incipientes de prêmio verde no mercado brasileiro.

A metodologia desenvolvida para esta pesquisa é abordada no capítulo 4, enquanto os resultados das análises realizadas neste estudo são apresentados no capítulo 5. Por fim, a conclusão resume as principais contribuições e limitações deste trabalho no capítulo 1.

## 2. Títulos Verdes

A primeira emissão de um título verde no mercado internacional foi feita em 2007 pela instituição financeira multilateral European Investment Bank (EIB) no valor de US\$ 807,2 milhões, que foi então denominado Climate Awareness Bond (título para conscientização climática, em tradução livre) e cujos recursos foram destinados a projetos de eficiência energética e energia renovável (EIB, 2021). Instituições financeiras de desenvolvimento supranacionais dominaram este mercado até 2012 (EIB, 2021), quando foi emitido o primeiro título verde emitido por uma empresa privada não-financeira (AGLIARDI E AGLIARDI, 2021).

Atualmente, o perfil do emissor é mais diversificado, incluindo instituições financeiras de desenvolvimento (12%), governos (4%), instituições públicas (56%), instituições privadas não-financeiras (14%), instituições privadas financeiras (12%) e securitizações (3%) em 2020 (CBI, 2021).

Em relação às emissões brasileiras, a primeira emissão de título verde feita por uma empresa brasileira foi em junho de 2015 (HARRISON *et al.*, 2015), quando a BRF captou € 500 milhões na bolsa de valores de Luxemburgo. A segunda emissão de título verde de empresa brasileira foi feita um ano depois, em julho de 2016, pela Suzano Papel e Celulose, que captou US\$ 700 milhões também na bolsa de Luxemburgo. A primeira emissão feita por uma empresa brasileira no mercado de capitais brasileiro foi feita em setembro de 2016 pela CPFL Renováveis, que emitiu uma debênture de R\$ 200 milhões. Desde então, esse mercado vem se ampliando no Brasil, conforme será apresentado neste capítulo.

### 2.1. Definições de Títulos Verdes/Temáticos

Em 2017, a ICMA lançou a primeira versão dos Princípios dos Títulos Verdes (GBP, acrônimo do inglês Green Bond Principles). Desde então, já foram lançadas duas outras versões atualizadas (2018 e 2021, a mais atual). Representam diretrizes voluntárias mais amplamente aceitas e utilizadas no processo de emissão de Títulos Verdes (SLIMANE *et al.*, 2020), estabelecendo que seus recursos devem ser associados a benefícios ambientais como adaptação e mitigação das mudanças climáticas e redução da degradação de recursos naturais, na perda de biodiversidade

e na poluição do ar, da água ou do solo. Os GBP listam categorias amplas de usos de recursos elegíveis:

- Energia renovável (incluindo produção, transmissão, utensílios e produtos);
- Eficiência energética (como em edifícios novos e remodelados, armazenamento de energia, calefação distrital, redes inteligentes, utensílios e produtos);
- Prevenção e controle de poluição (incluindo tratamento de águas residuais, redução de emissões atmosféricas, controle de gases de efeito estufa, descontaminação do solo, prevenção de resíduos, redução de resíduos, reciclagem de resíduos e conversão de resíduos em energia/eficiente em emissões, produtos de valor agregado de resíduos e remanufatura e monitoramento ambiental associado);
- Gestão ambientalmente sustentável de recursos naturais vivos e uso da terra (incluindo agricultura sustentável; criação de animais de forma sustentável; insumos agrícolas climaticamente inteligentes, como proteção biológica de culturas ou irrigação por gotejamento; pesca e aquicultura ambientalmente sustentáveis; silvicultura sustentável, incluindo arborização ou reflorestamento, e preservação ou restauração de paisagens naturais);
- Conservação da biodiversidade terrestre e aquática (incluindo a proteção dos ambientes costeiros, marinhos e bacias hidrográficas);
- Transporte limpo (tal qual transporte elétrico, híbrido, público, ferroviário, não motorizado e multimodal, infraestrutura para veículos energeticamente limpos e redução de emissões nocivas);
- Gestão sustentável das águas e águas residuais (incluindo infraestrutura sustentável para água limpa e/ou potável, tratamento de águas residuais, sistemas de drenagem urbana sustentáveis, reabilitação das áreas marginais e outras formas de mitigação de inundações);
- Adaptação às mudanças climáticas (incluindo sistemas de suporte de informações, como observação climática e sistemas de alerta precoce);
- Produtos, tecnologias e processos de produção ecoeficientes e/ou adaptados à economia circular, (como desenvolvimento e introdução de produtos ambientalmente mais favoráveis, com rótulo ecológico ou certificação ambiental, embalagem e distribuição eficiente de recursos);
- Edifícios verdes que atendem a padrões e certificações reconhecidos regionalmente, nacionalmente ou internacionalmente. (ICMA, 2017)

Além dos Títulos Verdes, há também outros rótulos temáticos que indicam se os recursos captados através do título de dívida são direcionados a ativos e projetos com impacto social ou socioambiental positivo. É o caso dos Títulos Sociais (Social Bonds, no inglês) e dos Títulos Sustentáveis (Sustainability Bonds, no inglês). Segundo os Princípios dos Títulos Sociais (SBP, acrônimo do inglês Social Bond Principles), os recursos captados através dos Títulos Sociais devem ser direcionados a projetos e ativos que promovam benefícios sociais claros, ou seja, endereçam ou mitigam problemas sociais ou promover benefícios sociais associados especialmente (mas não exclusivamente) a populações vulneráveis. As categorias de usos de recursos elegíveis listadas nos SBP são:

- Infraestrutura básica acessível (como água potável, esgotamento, saneamento, transporte, energia);
- Acesso a serviços essenciais (como saúde, educação e treinamento vocacional, financiamento e serviços financeiros);
- Habitação acessível;
- Geração de empregos, e programas destinados a prevenir e/ou aliviar o desemprego decorrente de crises socioeconômicas, inclusive através do efeito potencial do financiamento de pequenas e médias empresas (PME) e microfinanças;
- Segurança alimentar e sistemas alimentares sustentáveis (como acesso físico, social e econômico a alimentos seguros, nutritivos e suficientes que satisfaçam as necessidades e exigências dietéticas; práticas agrícolas resilientes às mudanças climáticas; redução da perda e desperdício de alimentos; e melhoria da produtividade dos pequenos produtores);
- Melhoria e empoderamento socioeconômico (por exemplo, acesso equitativo e controle sobre ativos, serviços, recursos e oportunidades; participação equitativa e integração no mercado e na sociedade, incluindo a redução da desigualdade de renda). (ICMA, 2021b)

Por sua vez, o Sustainability Bond Guidelines (SBG) define que os títulos rotulados como sustentável devem destinar seus recursos a projetos e ativos que atendem simultaneamente aos Princípios de Títulos Verdes e de Títulos Sociais, ou seja, está associado a impactos socioambientais positivos. Os Princípios e a Diretriz

da ICMA para esses títulos temáticos também definem quatro núcleos de componentes: Uso de Recursos, Processo de Avaliação e Seleção de Projetos, Gerenciamento de Recursos e Relatórios).

A adoção de um rótulo verde à uma emissão de título de dívida está associada a alguns custos adicionais, que podem ser classificados entre custos pré-emissão, associados à estruturação e oferta do título; e custos pós-emissão. Como exemplo, a certificação de Título Verde do CBI tem uma taxa fixa de 0,1 pontos-base (pb) do valor da emissão. Também há custos associados ao desenvolvimento de um Parecer de Segunda Opinião (SPO, do inglês *Second-Party Opinion*) para a confirmação do atendimento aos critérios de elegibilidade para um título verde.

Uma prática comum no mercado específica ao momento de estruturação é a contratação de consultorias especializadas para o desenvolvimento do Framework da emissão, ou seja, a identificação de quais projetos serão financiados através dos recursos captados ou definição dos critérios para identificação posterior dos projetos. Como exemplo de custos pós-emissão, há as despesas associadas ao monitoramento do atendimento dos critérios de desembolso e de atingimento de indicadores socioambientais pré-determinados, além do típico lançamento de relatórios que reportem esse progresso (GAUSEMAL E STANGELAND, 2021).

Finalmente, é importante destacar a diferença desses títulos baseados no uso dos recursos captados com outra ferramenta que vem ganhando relevância no mercado: os títulos baseados em sustentabilidade (do inglês, *sustainability-linked bonds*). Pelo escopo de impacto positivo e a dinâmica de precificação diferentes dos títulos baseados em uso de recurso, os *sustainability-linked bonds* não serão considerados no escopo da análise deste trabalho.

A Organização Internacional para Padronização (em) lançou dentro da série 14000, focada na gestão ambiental, uma metodologia para classificação de títulos verdes:emISO 14030 (SPE, 2019). Denominada *Environmental performance evaluation – Green debt instruments*, ainda sem tradução para o português, é dividida em quatro séries: processo para Títulos Verdes, processo para Empréstimos Verdes; Taxonomia (em desenvolvimento) e Requisitos para a verificação. Através de seu lançamento, busca auxiliar o mercado na harmonização de critérios para a identificação de títulos como verdes (NADEN, 2021).

Para além das definições voluntárias internacionais há a tendência recente de alguns países regulamentarem definições nacionais para usos de recursos

elegíveis para os títulos temáticos, de modo a garantir o seu caráter de benefício ambiental e/ou social.

Como parte de seu plano de ação para financiamento de um crescimento sustentável, a União Europeia está desenvolvendo seu próprio *Green Bonds Standard*, cuja definição de usos de recursos elegíveis será alinhada com a já lançada Taxonomia para Finanças Sustentáveis do bloco. Além disso, também prevê recomendações para o reporte públicos para promoção de transparência e verificação do cumprimento dos compromissos por terceira parte. Ainda está em discussão se a adesão será voluntária ou obrigatória para emissões feitas nos países do bloco, o que poderia alterar significativamente a atual dinâmica de adesão voluntária, porém amplamente disseminada aos GBP da ICMA.

Outro exemplo de definição nacional, a China divulga desde 2015 o "Catálogo de Projetos Endossados de Títulos Verdes", que regula os usos de recursos elegíveis para emissões rotuladas de Títulos Verdes no país<sup>2</sup>. Há também os ASEAN Green, Social e Sustainability Bonds Standards, desenvolvidos pelo ASEAN Capital Markets Forum (ACMF), um grupo de reguladores do mercado de capitais de dez países do Sudeste Asiático<sup>3</sup>, componentes da Associação de Nações do Sudeste Asiático (ASEAN, do acrônimo em inglês), organização intergovernamental regional. Os padrões foram desenvolvidos através de uma parceria entre a ICMA, reguladores do mercado de capitais e representantes locais dos países componentes. Buscam orientar emissores de Títulos Temáticos a aplicar os GBP, SBP e SBG do ICMA em operações na região. (ACMF, 2018a; ACMF, 2018b; ACMF, 2018c)

## 2.2. Evolução do mercado de Títulos Verdes no Brasil

No Brasil, ainda não há na regulação que forneça uma definição brasileira para títulos temáticos ou para os respectivos usos de recursos elegíveis, nem houve nenhuma indicação dos reguladores e do governo de que há interesse no desenvolvimento de uma definição nacional (KETTERER *et al.*, 2019). No entanto, uma série de iniciativas voluntárias privadas e públicas buscaram estimular o mercado de títulos verdes no país.

---

<sup>2</sup> <https://www.climatebonds.net/market/country/china/green-bond-endorsed-project-catalogue>

<sup>3</sup> Tailândia, Filipinas, Malásia, Singapura, Indonésia, Brunei, Vietnã, Mianmar, Laos, Camboja

Um marco no desenvolvimento deste mercado no Brasil foi o lançamento do “Guia para Emissão de Títulos Verdes” em 2016, patrocinado pela Federação Brasileira de Bancos (FEBRABAN) e pelo Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável (CEBDS) e desenvolvido pela SITAWI Finanças do Bem. O objetivo deste guia era de orientar instituições interessadas a emitirem Títulos Verdes no mercado de títulos de renda fixa no Brasil, a fim de estimular o desenvolvimento de um mercado local.

Outra iniciativa importante para o fomento de emissões de títulos verdes no Brasil é o Laboratório de Inovação Financeira (LAB), um fórum de interação multissetorial iniciativa da Associação Brasileira de Desenvolvimento (ABDE), o Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID) e a Comissão de Valores Mobiliários (CVM), em parceria com a Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH. Em seu primeiro ano de atuação, foi lançado o Grupo de Trabalho (GT) de Títulos Verdes, que visava fortalecer a emissão de títulos verdes no Brasil através da disseminação de conhecimento e identificação de potenciais aperfeiçoamentos regulatórios. A partir do segundo ano, esse GT foi unificado com o de Finanças Verdes e passou a adotar um foco em setores econômicos.

Como resultado do primeiro ano de trabalho, foi produzido o Relatório de Pesquisa com Emissores e Investidores sobre Títulos Verdes no Brasil, que fez uma análise do interesse e recomendações para avanço do mercado no Brasil. O resultado, obtido através de uma consulta ao mercado com potenciais emissores e investidores, indicou um baixo conhecimento sobre esses instrumentos. Apenas 9% dos entrevistados já haviam emitido um título verde; 5% possuíam fundo, orçamento ou política de investimentos contemplando títulos verdes; e 2% dos entrevistados buscavam comprar ou já tinham comprado títulos verdes. O restante tinha conhecimento superficial (47%) ou nulo (26%) (LAB, 2018).

O Programa de Fomento a Estruturação e Avaliação Externa de Títulos Verdes (PEAX), lançado em 2019 pela SITAWI, objetivava fomentar emissões de títulos verdes no Brasil com adicionalidade climática positiva. Para isso, destinava recursos não-reembolsáveis doados pelo Instituto Clima e Sociedade (ICS) e do WWF para custear as despesas com a estruturação de carteira de projetos elegíveis

a emissão de títulos verdes no país ou com as avaliações externas de títulos verdes<sup>4</sup>. No entanto, houve baixa demanda por parte do mercado. Enquanto a iniciativa poderia apoiar o desenvolvimento de Framework de emissão ou Parecer de Segunda Opinião para três emissões de títulos verdes, apenas um projeto foi efetivamente apoiado.

Contando com engajamento do GT de Títulos Verdes do LAB na proposta de criação da plataforma de listagem de emissões verdes, a B3 adotou uma mudança na sua prestação de serviço para fomentar o mercado brasileiro de títulos temáticos foi liderada pela B3 no mercado de capitais: desde novembro de 2018, identifica os títulos de renda fixa rotulados como emissão verde, social ou sustentável em sua plataforma de negociação. A empresa adota a definição da ICMA dos títulos verde, social, sustentável e vinculados à sustentabilidade para explicar o que são esses Produtos e Serviços ESG em seu site institucional, no entanto a empresa não faz a verificação do uso de recursos das emissões diretamente. O requisito para essa identificação é que o emissor apresente uma certificação e/ou parecer independente que confirme o seu caráter como título temático, que são tipicamente desenvolvidos por instituições especializadas (B3, 2018). Para o título ser classificado com seu respectivo tema no ato da emissão, essa evidência deve ser apresentada no ato de inscrição. Porém, também é possível fazer a identificação como título verde após a emissão, desde que durante o período de vencimento do título.

Um marco regulatório relevante é o Decreto nº 10.387, de 5 de junho de 2020, que alterou o Decreto nº 8.874, de 11 de outubro de 2016. Ainda que não proponha uma definição para títulos verdes, dispõe sobre incentivo ao financiamento de projetos de infraestrutura com benefícios ambientais e sociais nos setores de mobilidade urbana, energia, saneamento básico e projetos realizados em aglomerados subnormais ou áreas urbanas isoladas. Com isso, projetos associados a benefícios ambientais e sociais das atividades especificadas nesses setores passaram a ser elegíveis como prioritários e, portanto, elegíveis aos benefícios fiscais associados às debentures de infraestrutura, regulamentadas pela Lei 12.431, de 24 de junho de 2011.

---

<sup>4</sup> <https://info.sitawi.net/peax>

### 3. Prêmio verde

#### 3.1. Precificação de ativos

A literatura sobre precificação de ativos define três principais fatores determinantes para a formação de preço de títulos de dívida. Os três fatores definidos por Merton (1974) são: a taxa de rendimento em títulos de dívida de baixíssimo risco (como títulos públicos ou títulos corporativos de alto rating de crédito); as características da emissão (como vencimento, taxa de juros, opção de conversibilidade e cláusulas de senioridade e subordinação); e a probabilidade de a instituição emissora não cumprir compromissos do contrato (por exemplo, o risco associado ao não pagamento da remuneração).

Desde o lançamento deste trabalho seminal, o entendimento sobre precificação de ativos avançou para a incorporação de outros elementos aos fatores identificados por Merton (1974) (BOUR, 2019). Huang e Huang (2012) apresentam o *credit spread puzzle* (quebra-cabeça do *spread* de crédito, em tradução livre), ou seja, um descasamento entre a teoria de precificação e os dados históricos, no qual o risco de crédito representa uma parcela limitada da explicação sobre o *spread* de rendimento de títulos de dívida privados em comparação com títulos públicos. Adicionalmente, indicam que o risco de crédito possui maior poder explicativo da precificação em ativos de pior rating de crédito, para títulos de dívida com grau de investimento esse fator perde relevância na definição de sua taxa de juros.

Mais recentemente, a liquidez do ativo vem ganhando relevância como variável explicativa para os *spreads* de rendimento de títulos de dívida (de Jong & Driessen, 2006; Houweling *et al.*, 2005; Lin *et al.*, 2011 *apud* Bour, 2019). Para capturar os efeitos da liquidez, algumas das variáveis utilizadas são volume e data de emissão e *bid-ask spread* (Bao, Pan, & Wang, 2011; Houweling *et al.*, 2005, Fong *et al.*, 2017 *apud* Bour, 2019).

Adicionalmente, há uma tendência crescente de investigação sobre o efeito de fatores não-pecuniários na precificação de ativos, como preferência de investidores por empresas éticas e/ou por ativos e projetos associados a benefícios socioambientais (EHLERS E PACKER, 2017; ZERBIB, 2019). Ainda que não haja um consenso na literatura, empresas e ativos associados a rótulos verdes podem

gozar de menores custos de capital associados a ativos intangíveis e melhor gestão e mitigação de risco (ZERBIB, 2019).

A literatura acerca do prêmio verde utiliza os fatores mencionados para mapear todos os elementos determinantes na precificação de títulos de dívida verdes e convencionais, a fim de isolar e analisar os efeitos do componente verde nesta dinâmica (BOUR, 2019). Na próxima seção é apresentada uma revisão desta bibliografia internacional sobre o prêmio verde.

### 3.2. Histórico internacional

Dentre a bibliografia internacional sobre prêmio verde em emissões de títulos verdes não há um consenso sobre a sua existência ou sobre sua grandeza. Enquanto a maioria dos estudos aponta que um prêmio verde negativo (remuneração menor) próximo a zero, outros indicam que não há diferença significativa no prêmio, ou encontram até prêmios positivos em comparação a títulos convencionais (SLIMANE *et al.*, 2020).

O primeiro trabalho que buscou confirmar a existência de diferença no preço entre títulos verdes e títulos convencionais foi um *white paper* desenvolvido em 2015 por analistas do banco Barclays (PRECLAW E BAKSHI, 2015).

O termo *greenium* foi introduzido pela Climate Bonds Initiative (CBI), que desenvolveu deliberadamente este termo para denominar esta diferença de preços (HARRISON *et al.*, 2020). A CBI também desenvolveu os Climate Bonds Standards, a Climate Bonds Taxonomy, e os critérios setoriais para elegibilidade de rotulação verde (Sector Eligibility Criteria), além de oferecer o serviço de certificação de emissões alinhadas a esses seus critérios. Esta organização também foi essencial na promoção da relevância dos títulos verdes como instrumento para direcionar capital à transição para uma economia de baixo carbono. Desde 2017, a CBI lança periodicamente sua série de relatórios sobre precificação de títulos verdes no mercado primário (“Green Bond Pricing in the Primary Market”), contando com 13 edições lançadas até o primeiro trimestre de 2022. Enquanto inicialmente os relatórios avaliam dados de emissões trimestrais, a partir de sua sexta edição, lançada em outubro de 2018, a periodicidade da análise passou a ser semestral.

Zerbib (2016) foi o primeiro estudo acadêmico desenvolvido que explorando evidências de prêmio verde e desde então é uma das principais referências no tema. Desde então, uma versão revisada foi lançada em 2019 (ZERBIB, 2019; AGLIARDI E AGLIARDI, 2021) e diversos estudos foram feitos baseados na metodologia proposta. Zerbib (2019) encontra um prêmio verde significativo de 2 pontos base, ainda que limitado. Ressalta que o prêmio é relevante especialmente para títulos de emissores no setor financeiro e com grau de investimento.

De modo geral, a literatura sobre prêmio verde apresenta resultados ainda não atingiu um consenso sobre a sua existência, seus determinantes e a melhor metodologia para sua análise (LÖFFLER *et al.*, 2021). Ainda que a maioria encontre resultados que indicam a existência de um prêmio verde que reduz o rendimento associado aos títulos verdes, alguns estudos não encontraram evidências significativas da existência de prêmio verde (LARCKER E WATTS 2020; Flammer (2020), enquanto outros encontraram até um prêmio de coeficiente positivo, indicando que títulos verdes estariam subprecificados e estão associados a rendimentos maiores que os convencionais (BACHELET *et al.*, 2019; KARPF E MANDEL, 2018).

Sobre o escopo geográfico, a bibliografia se divide entre: uma abordagem focada em um país específico, tipicamente os Estados Unidos; outra focada em moeda (s) específica (s), sendo dólar americano e euro os mais recorrentes; e uma mais holística, incluindo emissões em diversas moedas e associada a diversos países. No entanto, os estudos de escopo global não incluem a moeda brasileira em sua análise (OSTLUND, 2015; ZERBIB, 2019; FATICA *et al.*, 2021; BOUR, 2019; NANAYAKKARA E COLOMBAGE, 2019; HYUN *et al.*, 2020).

Foram poucos os estudos focados no mercado primário: Ehlers e Packer (2017) encontraram um prêmio de 18 pontos-base entre 21 títulos verdes emitidos em dólar ou euro entre 2014 e 2017; Fatica *et al.* (2019) indica que apenas instituições financeiras com claros compromissos ambientais registraram um prêmio verde; e Tang e Zhang (2020), que não encontrou evidências de prêmio verde significativo. Há também estudos que analisam tanto o mercado primário quanto o secundário, como Kapraun e Scheins (2019), que observou prêmios verdes em ambos os mercados para emissões em dólar ou euro feitas por governos e

instituições supranacionais ou em emissões corporativas de grande valor; Gianfrate e Peri (2019), que indica um prêmio verde de cerca de 18 pontos-base no mercado primário, que persiste no secundário; e Löffler *et al.* (2021) encontrou prêmios verdes entre 15 e 20 pontos-base para ambos os mercados.

Essas diferenças podem ser explicadas pelas diferentes metodologias adotadas e diferenças na seleção e construção da amostra, como o período contemplado e o escopo de emissões considerada (LÖFFLER *et al.*, 2021). As diferenças metodológicas são exploradas a seguir.

O Quadro 1 compila o resultado de 26 estudos sobre prêmio verde em títulos verdes. São apresentados para cada estudo qual o escopo de títulos, o tipo de mercado, o tamanho da amostra analisada, o período de emissões contabilizado, a metodologia empregada e o resultado encontrado. A estrutura e o escopo deste quadro foram desenvolvidos e complementados a partir de Partridge e Medda (2020), Zerbib (2019) e Slimane *et al.* (2020).

Quadro 1 - Revisão bibliográfica internacional sobre prêmio verde <sup>5</sup>

Estudo	Foco	Mercado	Tamanho		Método
			da amostra	Período	
Preclaw e Bakshi / Barclays (2015)	Público e privado	Secundário	N/D	Mar. 2014 - Ago. 2015	Regressão OLS
Ostlund (2015)	Título Verde (Bloomberg)	Secundário	28	2011 – 2015	Análise da curva de juros
HSBC (2016)	Público e privado	Primário e Secundário	30; 4	2015 – 2016	Análise da curva de juros

<sup>5</sup> Quadro embasado e complementado a partir de Partridge e Medda (2020); Zerbib (2019); Slimaine *et al.* (2020).

Bloomberg (2017)	Títulos de instituições multilaterais	Secundário	12	2014 – 2016	Análise da curva de juros
Climate Bonds Initiative (2017)	Público e privado	Primário	14	2016 - 2017	Análise da curva de juros
Ehlers e Packer (2017)	Títulos Corporativos	Primário	21	2014 - 2017	Pareamento <i>nearest neighbors</i> + Análise da curva de juros
Hachenberg e Schiereck (2018)	Títulos verdes públicos e privados	Secundário	63	2015 - 2016	Pareamento <i>nearest neighbors</i> + Regressão em painel
Wulandari <i>et al.</i> (2018)	Títulos verdes privados	Secundário	64	2014 - 2016	Pareamento <i>nearest neighbors</i> + Regressão OLS com efeitos fixos
Fatica <i>et al.</i> (2021)	Título Verde privado	Primário	1.397	2007 - 2018	Regressão OLS
Zerbib (2019)	Título Verde (Bloomberg)	Secundário	1.065	2013 - 2017	Pareamento sintético + Regressão OLS
Karpf e Mandel (2018)	Título Verde Municipal EUA (Bloomberg)	Secundário	1.880	2010 - 2016	Regressão OLS + Decomposição de Oaxaca-Blinder
Baker <i>et al.</i> (2018)	Título Verde Municipal EUA e Títulos Corporativos EUA (Bloomberg)	Primário	283	2010 - 2016	Regressão OLS com efeitos fixos
NN Investment	Título Verde (Bloomberg MSCI Global Green Bond Index)	Secundário	133	Dez. 2014 - Nov. 2017	Análise da curva de juros

Partners (2018)						Pareamento
Bachelet <i>et al.</i> (2019)	Título verde (Climate Bonds Initiative)	Secundário	89	Jan. 2013 - Dez. 2017		sinéptico + Regressão OLS com efeitos fixos
Bour (2019)	Títulos Verdes Corporativos	Secundário	95	Jan. 2014 - Dez. 2018		Pareamento sinéptico + Regressão em painel com efeitos fixos
Larcker e Watts (2019)	Título Verde Municipal EUA (Bloomberg)	Secundário	568	2013 - 2017		Pareamento <i>nearest neighbors</i> + Yield comparison
Gianfrate e Peri (2019)	Títulos Verdes Corporativo e Não- Corporativo (Zona do Euro)	Primário e Secundário	121	Jan.2007 - Dez. 2017		Pareamento PSM + regressão OLS
Kapraun e Scheins (2019)	Título Verde (Bloomberg e Thomson Reuters Eikon)	Primário e Secundário	2.257	2010-2018		Pareamento <i>nearest neighbors</i> + Regressão com efeitos fixos
Nanayakkara e Colombage (2019)	Títulos Verdes Corporativos (Bloomberg)	Secundário	43	2016 - 2017		Dados em painel com modelo híbrido
Hyun <i>et al.</i> (2020)	Títulos verdes (Bloomberg)	Secundário	60	2010 - 2017		Modelo GLS com efeitos fixos
Lau <i>et al.</i> (2020)	Título verde	Secundário	267	2013 - 2017		Modelo de efeitos fixos <i>two-way</i>
Partridge e Medda (2020)	Título Verde Municipal EUA	Primário e Secundário	453	2013 - 2018		Pares sinépticos + Regressão com efeitos fixos

Slimane <i>et al.</i> (2020)	Títulos verdes e sustentáveis (MSCI Global Green Bond Index)	Secundário	532	Set. 2020	Pareamento sintético + Regressão de dados em painel com efeitos fixos
Tang e Zhang (2020)	Público e privado	Primário	1.510	Jun. 2007 - Jul. 2017	Regressão dos spreads de rentabilidade em variáveis múltiplas
Löffler <i>et al.</i> (2021)	Título verde	Primário e Secundário	1.928	2007 - Out. 2019	Pareamento PSM e CEM + Regressão com efeitos fixos
Dorfleitner <i>et al.</i> (2021)	Título verde (EF + Reuters)	Secundário	1.248	2007 – Abr. 2020	Pareamento sintético + Regressão de dois estágios baseado em modelo híbrido

Bachelet *et al.* (2019) ressalta que a metodologia a ser adotada ao tentar testar a hipótese central precisa contornar as limitações impostas pela natureza dos objetos analisados (títulos de dívida verdes e convencionais). Isso porque não é possível adotar a metodologia ideal, que seria analisar um título de dívida que possuísse as duas características, ou seja, que existisse simultaneamente no grupo de controle (título convencional) e no grupo de tratamento (título verde) (DORFLEITNER *et al.*, 2021).

Outra alternativa sugerida por Bachelet *et al.* (2019) seria fazer um teste controlado que garantisse que o grupo de controle e o grupo de tratamento (no caso, títulos convencionais e verdes, respectivamente) atendessem a condições satisfatórias de aleatoriedade, o que também não é uma alternativa viável, já que o estudo se baseia em dados observacionais. Essa alternativa ilustra uma abordagem de análise contrafactual, um exercício teórico que busca estimar simultaneamente a

diferença no resultado entre os efeitos de um tratamento real e um cenário hipotético em que o tratamento não ocorreu (OLMOS e GOVINDASAMY, 2015).

Uma solução é o modelo de resultado potencial de Neyman-Rubin, que lança mão da inferência causal para avaliar o efeito causal de algum tratamento ou intervenção potencial em algum resultado através da comparação entre observações expostas ao tratamento com observações não expostas, de modo a isolar o efeito do tratamento ao controlar o efeito de variáveis externas sobre a amostra (OLMOS e GOVINDASAMY, 2015). Na bibliografia sobre o prêmio verde, essa metodologia é amplamente adotada através da definição do rótulo verde nos títulos de dívida como o tratamento a ser avaliado.

Slimane (2020) diferencia entre duas abordagens para fazer essa avaliação: *top-down* e *bottom-up*. Na abordagem *top-down*, a amostra selecionada se baseia em algum índice focado em títulos verdes, e na estruturação de um índice sintético composto por títulos convencionais análogos para comparação. Essa metodologia seria interessante para investidores adeptos da gestão passiva, ou seja, que buscam replicar a performance de um índice específico. No entanto, como não existe no momento um índice focado em Títulos Verdes ou Temáticos no Brasil, não é possível aplicar essa metodologia neste trabalho dado o nosso foco na amostra de emissões no mercado brasileiro. A abordagem *bottom-up*, por sua vez, baseia-se na análise da existência de *greenium* em títulos de dívida verdes individuais. A grande maioria das diversas metodologias aplicadas na bibliografia revisada se encaixam nesta abordagem.

Slimane *et al.* (2020) também apontam que os principais métodos utilizados dentre os estudos sobre prêmio verde são a análise das curvas de rendimentos (ou do spread de rendimento) e a regressão do rendimento ou do *spread* de rendimento. Esses métodos são tipicamente combinados com uma abordagem de *matching*.

Devido ao universo limitado de emissões de um mesmo emissor não é provável encontrar pares de características perfeitamente alinhadas para a aplicação de uma comparação direta. Portanto, para a análise de prêmio verde, comumente são definidos parâmetros para a identificação de pares ou trios compostos por títulos verdes (grupo de tratamento) e convencionais (grupo de controle) que satisfaçam um nível satisfatório de similaridades em termos de período de emissão, volume de emissão, setor do emissor, prazo de vencimento, *rating* de crédito. (DORFLEITNER *et al.*, 2021)

O método de pareamento (ou *matching*) é um método de pré-processar os dados amostrais para que o resultado seja menos dependente do modelo em comparação com o resultado baseado nos dados originais. Dependência do modelo significa que o resultado de uma regressão é altamente sensível às premissas adotadas no modelo, ou seja, pequenas alterações no modelo podem resultar em grandes alterações do resultado da inferência causal. Os processos de pareamento consistem em descartar observações que não possuem características similares com o grupo de controle ou o de tratamento e que, quando feito corretamente, resulta em menor dependência do modelo, menor potencial de vieses e menor erro quadrático médio sem implicar em uma grande redução da amostra (HO *et al.*, 2007). No entanto, é importante pontuar que o método de pareamento só pode considerar variáveis observáveis, de modo que questões não financeiras como o risco reputacional não podem ser controlados diretamente (ZERBIB, 2019).

Uma das contribuições de Zerbib (2019) foi introduzir controles para minimizar os vieses de prazo de vencimento e liquidez dos títulos, buscando isolar o efeito do rótulo verde sobre a demanda dessas emissões. Como foi apresentado no capítulo 3.1, o vencimento e a liquidez são fatores relevantes para a precificação de ativos, sendo, portanto, relevante buscar controlar efetivamente seus efeitos no rendimento para se capturar os efeitos do rótulo verde. Algumas das variáveis utilizadas na literatura sobre prêmio verde como *proxies* para o controle da liquidez são o número de transações no mercado secundário nos últimos 30 dias (Karpf & Mandel, 2017), volume da emissão (Baker *et al.*, 2018; Karpf & Mandel, 2017; Zerbib, 2019) e o *bid-ask spread* (Zerbib, 2016) (BOUR, 2019). Por sua vez, o controle de vencimento é feito através do pareamento entre títulos de prazos próximos (ZERBIB, 2019).

Zerbib (2019) e a maioria dos estudos subsequentes sobre prêmio verde se baseiam na metodologia de pareamento baseado na metodologia de *nearest neighbors*, que define trios de títulos compostos por um título verde e dois títulos convencionais selecionados a partir de critérios específicos. O Quadro 2 resume os critérios de Zerbib (2019) que são amplamente adotados, podendo sofrer pequenas alterações no intervalo definido em outros estudos. Além deles, também são obrigatórias as categorias exatas nas variáveis de emissor, rating, moeda,

senioridade, estrutura do título (*bond structure*), colateral e tipo de rendimento (*coupon type*).

Quadro 2 - Critérios para seleção de amostra de Zerbib (2019)

Variável de controle	Critério de seleção da amostra
Prazo de vencimento	$\pm 2$ anos de diferença em relação à emissão verde
Tamanho da emissão	Entre 4x e $\frac{1}{4}$ do volume da emissão verde
Data de emissão	$\pm 6$ anos de diferença à data da emissão verde

Mais recentemente, outros estudos começaram a utilizar outros métodos de pareamento. O *Propensity Score matching* (PSM) é utilizado em Gianfrate e Peri (2019) e Löffler *et al.* (2021) como método de pareamento. Essa metodologia foi desenvolvida por Rosenbaum e Rubin (1983) e desde então é amplamente utilizada para estimar contrafactuais na avaliação de um tratamento sobre uma amostra (GIANFRATE E PERI, 2019).

No entanto, Löffler *et al.* (2021) aponta que ao invés do PSM, a metodologia mais recomendada para fazer o pareamento dos títulos verdes e convencionais seria a *Coarsened Exact Matching* (CEM) por reduzir a dependência do modelo (Iacus *et al.*, 2012 *apud* Löffler *et al.*, 2021). Adicionalmente, CEM é mais indicada para modelos em que as variáveis de controle incluem tanto contínuas quanto discretas (KING E NIELSEN, 2019).

Outra questão apontada na bibliografia como relevante para a definição do prêmio verde é a existência de uma validação externa que confirme o enquadramento do título aos critérios de elegibilidade amplamente adotados no mercado (SLIMANE *et al.*, 2020). Kaprau e Scheins (2019) indica que investidores têm maior propensão a aceitar rendimentos menores para títulos verdes corporativos que contem com a certificação independente. Baker *et al.* (2018), Larcker e Watts (2019) e Hyun *et al.* (2019) indicam que o prêmio verde é maior para títulos com certificação CBI.

### 3.3. Histórico brasileiro

Nenhum dos estudos mapeados na revisão bibliográfica apresentada neste capítulo indicou incluir em suas análises emissões feitas na moeda brasileira real (BRL/R\$). É possível que emissões de empresas brasileiras feitas no mercado internacional em moedas estrangeiras tenham sido contabilizadas na base de dados de emissões dos artigos que exploraram o mercado global de títulos verdes, porém não foi feita uma menção explícita a essas emissões, nem foi explorado um recorte geográfico.

Há algumas hipóteses que podem explicar essa ausência, como a ênfase em mercados desenvolvidos e/ou em emissões feitas em moedas mais fortes; ou para a participação ainda limitada de emissões brasileiras no mercado total de títulos verdes, ainda que o Brasil tenha o maior mercado de títulos verdes na América Latina (SOUZA E TUKIAINEN, 2021).

Harrison *et al.* (2020) indica que, quando o mercado global de títulos verdes ainda era incipiente, não era possível confirmar a sua existência através de metodologias estatísticas devido ao número limitado de operações. No entanto, aponta que eram comuns pronunciamentos públicos por parte de emissores de títulos verdes indicando que suas emissões foram sobredemandadas, de modo que perceberam uma diferença no preço em comparação a emissões convencionais (Harrison *et al.*, 2020).

O início da discussão sobre *greenium* no Brasil seguiu uma dinâmica parecida com a de outros mercados internacionais, como o europeu e o americano. Há casos de empresas se pronunciarem publicamente para confirmar que perceberam um *greenium* em suas emissões de títulos temáticos. Duas empresas brasileiras de papel e celulose emitiram títulos temáticos no mercado internacional e divulgaram publicamente que registraram *greenium* nessas operações.

Em setembro de 2020, a Suzano captou US\$ 750 milhões através de um *sustainability-linked bond* (SLB) por um prazo de 10 anos através de uma taxa de 3,95% ao ano, a menor taxa que a empresa já registrou em captações de prazos mais curtos no mercado internacional (ADACHI, 2020). Dois meses depois, a Suzano reabriu a operação e captou mais US\$ 500 milhões a um yield de 3,1% (VIRI, 2021). Em paralelo, um título convencional da empresa de vencimento em 2030 era

negociado a 4,05% (VIRI, 2021). Posteriormente, foram captados mais US\$ 1.500 milhões em dois novos SLBs em julho e setembro de 2021. Desta forma, a Suzano calcula ter tido uma economia de 15 pontos base nas três emissões de SLB, compostas por quatro operações (Environmental Finance, 2021).

A Klabin captou US\$ 500 milhões em 2021, também através de um *sustainability-linked bond*, por um prazo de 10 anos a uma rentabilidade de 3,2%. A empresa calcula que essa redução de custo foi de cerca de 35 a 40 pontos base, uma vez que outros títulos convencionais da empresa com vencimento dois anos antes daquele negociavam a 3,4% no mercado secundário. (VIRI, 2021)

Em 2022, o Itaú Unibanco emitiu um título verde de US\$ 62,5 milhões em uma colocação internacional privada, de três anos para vencimento e com rentabilidade de 3,7% ao ano. O banco percebeu uma vantagem de preço nessa emissão. Concomitantemente, uma emissão convencional de mesmo prazo vencimento estava sendo negociada a uma taxa de juros de 4,3% no mercado secundário (VIRI, 2022).

Importante notar que as emissões destacadas neste capítulo, feitas por empresas brasileiras e para as quais houve manifestações públicas sobre a identificação de benefícios associados ao prêmio verde, foram feitas no mercado internacional, de modo que não fazem parte da amostra analisada neste estudo.

Houve também um caso emblemático, ainda que não esteja atrelado a uma evidência de *greenium*: a tentativa de definição de um *greenium* explícito por parte da emissora foi refutada pelos investidores interessados na emissão. Em novembro de 2021, a produtora de arroz Camil emitiu uma debênture de R\$ 650 milhões, com duas tranches com mesmo vencimento. O rótulo de título verde foi dado apenas à tranche de R\$ 150 milhões, para o qual a empresa tentou pagar uma taxa máxima de CDI mais 1,70% ao ano, inferior CDI mais 1,73% ao ano que propôs para a outra tranche convencional de R\$ 500 milhões. O entendimento dos potenciais investidores era de que o prêmio verde deveria ser determinado pelo mercado, diante de uma maior demanda pelo título verde, e não definido pelo emissor. (ADACHI, 2021)

## 4. Metodologia

Para endereçar o objetivo deste trabalho, que é avaliar a dinâmica de precificação de títulos verdes no Brasil a fim de averiguar se há evidências da existência de um prêmio verde neste mercado, foi desenvolvida uma metodologia quantitativa baseada na extensa revisão bibliográfica apresentada no capítulo 3. A hipótese a ser testada, portanto, é se títulos de dívida com rótulo verde possuem um rendimento menor comparativamente a títulos de dívida convencionais de características análogas emitidos pelo mesmo emissor.

Para atingir a esse objetivo, primeiramente são utilizados métodos de pareamento, também usados para avaliar a diferença de rendimento entre fundos éticos e fundos convencionais e para comparar o custo de liquidez entre títulos de dívida de um mesmo emissor (ZERBIB, 2019), e introduzidos por Zerbib (2019) na literatura sobre prêmio verde como a ferramenta para controlar todas as condições relevantes para a precificação de um título de dívida de modo a isolar o efeito da característica observável a ser avaliada.

Alinhado a Löffler *et al.* (2021), os métodos de pareamento adotados foram o *Propensity Score Matching* (PSM) e o *Coarsened Exact Matching* (CEM). Após a etapa de pareamento, são empregadas as regressões para avaliar como as características da emissão explicam a precificação desses ativos, buscando entender particularmente o efeito do fator da rotulação verde nessa dinâmica. É usado o método de efeitos fixos para controlar características não observáveis associadas à instituição emissora, como questões reputacionais, de modo a isolar de forma mais adequada o efeito da rotulação verde (ZERBIB, 2019; LÖFFLER *et al.*, 2021; BOUR, 2019; SLIMANTE *et al.*, 2020).

### 4.1. Construção da base de dados

As principais bases de dados usadas para identificar os títulos temáticos emitidos no mercado brasileiro foram a Bloomberg, a Bond Data da Environmental Finance<sup>6</sup> e as bases de dados gratuitas Green Bond Transparency Platform (GBTP)

---

<sup>6</sup> Disponível em <<https://www.bonddata.org/>>

do Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID)<sup>7</sup> e Operações Brasileiras Sustentáveis de Crédito da SITAWI<sup>8</sup>.

Uma vez que o foco do estudo é em dados observacionais (amostra e dados de emissões de títulos de dívida no mercado brasileiro), não é possível contar com as características de aleatoriedade de dados experimentais (Ho *et al.*, 2007). Portanto, buscou-se evitar quaisquer vieses de seleção de dados: foram selecionados todos os títulos verdes emitidos no mercado brasileiro que contem com algum tipo de confirmação de seu caráter verde por uma instituição independente (seja através de certificação, verificação ou parecer de segunda opinião).

A identificação de títulos verdes se deu principalmente através da identificação dessa característica nas bases de dados utilizadas. Ou seja, se um título é apresentado como verde em alguma dessas fontes, ele foi adicionado como parte da amostra do grupo de tratamento. Nos casos em que houve algum conflito ou inconsistência nas informações apresentadas entre as bases de dados, foram consultados materiais de divulgação institucional dos emissores para confirmar o seu caráter verde, além de outras informações pertinentes sobre o título.

Desta forma, evitou-se a seleção de títulos com credenciais verdes duvidosas, o que criaria risco de algum viés associado ao *greenwashing*. *Greenwashing* representa a comunicação deturpada sobre práticas ambientais de uma instituição e/ou de benefícios ambientais associados a um ativo ou serviço, cujo caráter positivo da performance divulgado não condiz com a realidade (DELMAS E BURBANO, 2011).

O uso de múltiplas fontes complementares garante que a base de dados reflita de forma adequada as operações no mercado brasileiro. Enquanto a base de dados da SITAWI contém um mapeamento mais abrangente dos títulos temáticos brasileiros, a Bond Data e a GBTP sistematizam informações e documentos adicionais de parte desses títulos.

Inicialmente foram consideradas emissões por instituições públicas e privadas. Como o Brasil ainda não teve nenhuma emissão soberana e estados e municípios não podem fazer captação no mercado de capitais, as únicas emissões

---

<sup>7</sup> Disponível em <<https://www.greenbondtransparency.com/>>

<sup>8</sup> Empresa brasileira especializada em finanças sustentáveis e que desenvolve Pareceres de Segunda Opinião (SPO). Disponível em <<https://bit.ly/basedados-titulosverdes>>

temáticas públicas registradas foram feitas por bancos de desenvolvimento, particularmente BNDES e BDMG. Devido à quantidade limitada de emissões públicas, o foco deste trabalho é nas emissões brasileiras locais feitas por empresas privadas (financeiras e não-financeiras)

Para todos os títulos analisados, foram coletados os dados sobre seu identificador ISIN, o tempo de vencimento (anos), quantos anos ainda faltam para o atingimento do prazo de vencimento, data de emissão, volume emitido, setor do emissor, senioridade, estrutura de preços e se é conversível ou não. Especificamente para os títulos temáticos, foram coletadas também informações sobre qual o seu rótulo (verde, social ou sustentável) e qual a destinação do uso de recursos segundo a classificação dos princípios da ICMA.

Como o foco desta dissertação é avaliar a existência de um prêmio verde no mercado brasileiro optou-se por desconsiderar as emissões de títulos temáticos por empresas brasileiras feitas no mercado internacional. Portanto, as características domicílio e câmbio foram filtros relevantes para alcançar ao recorte específico almejado de títulos verdes emitidos no mercado local brasileiro.

Não foi definido um volume mínimo de emissão na composição da amostra, buscando maximizar a representatividade das emissões verdes contempladas na amostra, uma vez que o número total de emissões no mercado brasileiro já é limitado. Isso não representa um prejuízo para o resultado, uma vez que foram empregadas outras alternativas para controlar os efeitos da liquidez sobre o prêmio dos ativos. Adicionalmente, Zerbib (2019) indica que o prêmio verde parece não ser afetado por volumes pequenos emitidos.

Diferentemente de Ehlers and Packer (2017), Zerbib (2019) e Nanayakkara e Colombage (2019), não foram filtrados apenas os títulos com grau de investimento, uma vez que isso limitaria excessivamente o tamanho da amostra. A grande maioria dos títulos mapeados não contam com informação disponível sobre seu rating de crédito e, dentre os disponibilizados, os títulos com grau de investimento são minoria.

Apesar da base de dados da SITAWI ser abrangente em relação ao mapeamento de títulos verdes, não inclui códigos de identificação das emissões (ISIN ou CUSIP). A Bond Data possui um mapeamento mais limitado dos títulos verdes brasileiros e não indica o código de identificação de todas as emissões. A

GBTP também possui um mapeamento mais limitado dos títulos verdes brasileiros, porém indica o código de identificação em todas as emissões contempladas. Desta forma, foi necessária uma análise manual de identificação das respectivas emissões e seus códigos ISIN para a complementação das informações dos títulos temáticos (BOUR, 2019). A base da Bloomberg foi essencial nessa identificação dos códigos ISIN, assim como outras informações financeiras como a rentabilidade e dados do emissor. Alguns títulos para os quais não foram encontrados o identificador ISIN foram excluídos da amostra.

Para complementar a base de dados e possibilitar a aplicação dessa metodologia de pareamento, também foram coletadas informações sobre títulos convencionais brasileiros, incluindo dos próprios emissores de títulos verdes através da Bloomberg. Esta combinação de bases de dados almeja garantir uma amostra extensa e expressiva dessas emissões, a fim de se identificar todos os títulos de renda fixa temáticos elegíveis e seus respectivos detalhes financeiros e não-financeiros.

#### 4.2. Características da amostra

Desta forma, as emissões verdes contempladas vão desde a primeira emissão brasileira no mercado brasileiro em 2016, até dezembro de 2021. A amostra de títulos de dívida resultante da metodologia de coleta descrita na seção anterior contempla 337 títulos, sendo 110 títulos verdes<sup>9</sup> e 227 títulos convencionais. Ainda que a amostra seja limitada, isso não inviabiliza sua análise, uma vez que está alinhada ao volume amostral de outros estudos da bibliografia sobre prêmio verde (Wulandari *et al.*, 2018; Bachelet *et al.*, 2019; Bour, 2019; Nanayakkara e Colombage, 2019; Hyun *et al.*, 2020). Para minimizar a o efeito da limitação da amostra, foram contemplados na análise também títulos rotulados como social (5) e sustentável (5), ou seja, que também estejam atrelados a impacto ambiental e/ou social positivo.

---

<sup>9</sup> Diferentes tranches de uma mesma emissão foram contabilizadas como duas emissões diferentes para possibilitar a comparação devido a suas características diferenciadas (como vencimento e rendimento).

As tabelas Tabela 1, Tabela 2 e Tabela 3 apresentam descrições sobre as características dos títulos de dívida brasileiros contemplados pela amostra. O título verde médio tem um volume de emissão de cerca de R\$ 248 milhões, com um período de vencimento de aproximadamente 10 anos e um rendimento anual de 7%. Em comparação, o título convencional médio tem um volume de R\$ 405 milhões, um vencimento quatro anos menor e um rendimento 30% maior.

Em relação aos setores das empresas emissoras dos títulos verdes, destacam-se os setores de energia e financeiro, que representaram respectivamente 48% e 29% de todos os títulos verdes emitidos. Os setores de saneamento e consumo não-cíclico representaram 9% e 7% dos títulos verdes, uma proporção maior do que a representatividade desses setores entre as emissões convencionais.

Tabela 1 - Estatísticas descritivas da amostra de títulos de dívida

Característica	Volume (R\$ milhões)		Vencimento (anos)		Cupom (%)	
	Títulos convencionais	Títulos verdes	Títulos convencionais	Títulos verdes	Títulos convencionais	Títulos verdes
Média	405	248	6	10	9,25%	7,03%
Desvio padrão	534	254	3	6	3,28%	2,88%
Mediana	272	154	5	10	10,90%	6,14%
Mín.	0,02	2,5	1,0	0,9	1,90%	0,65%
Máx.	4681	1200	25	25	18,60%	17,80%

Estatísticas descritivas da amostra original de títulos de dívida. Apresenta detalhes sobre algumas das características dos títulos avaliados, diferenciando entre os com rótulo verde e os convencionais.

Tabela 2 – Perfil setores dos emissores de títulos de dívida

Setores	Títulos verdes (%)	Títulos convencionais (%)	Total
Agronegócio	0%	2%	1%
Consumo não-cíclico	7%	3%	5%
Energia	48%	76%	57%
Financeiro	29%	6%	22%
Florestal	1%	2%	1%
Industrial	4%	4%	4%

Real estate	1%	1%	1%
Saneamento	9%	6%	8%
Transporte e logística	1%	0%	1%
Total	100%	100%	100%

Descreve a proporção de títulos verdes, convencionais e total de títulos brasileiros na amostra, segundo o setor de atividade do seu emissor.

*Tabela 3 - Rating de crédito dos emissores de títulos de dívida*

Rating	Títulos verdes (%)	Títulos convencionais (%)	Total
Alto	1%	0%	0,3%
Médio	4%	4,8%	4%
Baixo	8%	3%	4%
Altamente vulnerável e em default	0%	0,9%	0,6%
Não disponível (NA)	87%	92%	90%
Total	100%	100%	100%

Descreve a proporção de títulos verdes, convencionais e total de títulos brasileiros na amostra, segundo a classificação do rating de crédito de seu emissor no momento da emissão.

## 5. Resultados da análise

Seguindo a recomendação de Ho *et al.* (2007) de que se deve testar o máximo de soluções de pareamento possíveis para avaliar qual resulta no melhor balanceamento da amostra no resultado pareado, neste trabalho foram aplicadas quatro formas de pareamento.

O Gráfico 3 (Anexo) apresenta a distribuição das observações do grupo de controle em comparação com o grupo de tratamento. Além da tendência já esperada de maior concentração de observações no grupo de controle entre 0 e 0,5 e no grupo de tratamento entre 0,5 e 1, percebe-se que há uma região de apoio comum (*common support*), o que possibilita a seleção de observações no grupo de controle com características similares ao grupo de tratamento.

Desta forma, foram exploradas diversas alternativas de aplicação das metodologias de *Propensity Score Matching* e *Coarsened Exact Matching*, sendo priorizados os métodos empregados na bibliografia de prêmio verde (conforme explorado no capítulo 3) e selecionados aqueles de resultado mais efetivo no pareamento balanceado da amostra. Seus resultados são apresentados e comparados ao longo desta seção.

### 5.1. Propensity score matching (PSM)

O *propensity score* (escore de propensão) foi estimado através de um modelo logit e do método de *nearest neighbor* (considerando pares 1:1 e 2:1), alinhado a Gianfrate e Peri (2019) e Löffler *et al.* (2021), uma vez que a variável dependente é binária (título é verde ou não-verde/convencional)<sup>10</sup>. O logit indica que, quanto maior o volume da emissão e menor o prazo de vencimento, menor a probabilidade de o título de dívida contar com um rótulo verde (Tabela 4). Adicionalmente, títulos emitidos no início do mercado têm menor probabilidade de rótulo verde, o que está coerente com a evolução recente desse mercado.

---

<sup>10</sup> O cálculo através do método Propensity Score foi feito através do pacote MatchIt do R, desenvolvido por Ho, Imai, King e Stuart (2007).

Tabela 4 - Resultado Logit

Variáveis independentes	Logit	Pr(> z )
Tamanho da emissão (ln)	-0,0027167 ***	0,000061698
Vencimento	0,1832407 ***	0,000000329
Conversibilidade	0,8934403 .	0,0826
<i>Ano da emissão</i>	-	-
Ano = 2015	-18,2446	0,9907
Ano = 2016	-2,5438022 .	0,0566
Ano = 2017	-1,7022	0,1015
Ano = 2018	-1,6944437 .	0,0928
Ano = 2019	-1,6204717 .	0,0988
Ano = 2020	-1,6850	0,1067
Ano = 2021	-1,9266514 .	0,0514
<i>Setor do emissor</i>	-	-
Agronegócio	-	-
Consumo não-cíclico	-16,499	0,992
Energia	-15,090	0,993
Financeiro	-16,726	0,992
Florestal	-12,344	0,994
Industrial	-14,930	0,993
Real estate	-15,471	0,993
Saneamento	-15,731	0,992
Transporte e Logística	-31,764	0,988
<i>Rating do emissor</i>	-	-
Alto	-	-
Médio	-20,504	0,993
Baixo	-18,019	0,994
Altamente vulnerável e em default	-33,603	0,991
Não disponível (NA)	-19,493	0,994
constante	35	1

Variável dependente: verde. (\*\*\*), (\*\*), (\*) indicam significância em (1%), (5%) e (10%), respectivamente.

Para o PSM, as variáveis de controle utilizadas estão alinhadas à metodologia usado por Löffler *et al.* (2021): ano de emissão, volume da emissão, anos até o vencimento, setor do emissor, rating do emissor, tipo de senioridade do título<sup>11</sup> e uma *dummy* que identifica se há a opção de conversibilidade ou não do título. O modelo aplicado permitiu reposição, alinhado a Gianfrate e Peri (2019). Ou seja, observações do grupo de controle podem ser combinadas com mais de uma observação do grupo de tratamento.

Para garantir o equilíbrio do modelo, foram desenvolvidas análises visuais dos resultados obtidos. Os Gráfico 4 e o Gráfico 7 (no Anexo) apresentam

<sup>11</sup> Todos os títulos de dívida da amostra são categorizados como 'SNDB' - Senior Debt na Bloomberg, então essa variável foi desconsiderada posteriormente.

histogramas comparação a distribuição dos *propensity scores* entre amostras originais e pareadas para as metodologias de PSM  $r=1$  e PSM  $r=2$ , respectivamente. A distribuição nas amostras pareadas apresentam uma melhora significativa de alinhamento entre grupo de controle e grupo de tratamento, um indicador da efetividade da aplicação do método PSM.

O Gráfico 5 e Gráfico 8 apontam para um bom equilíbrio do pareamento, uma vez que as distribuições dos *propensity scores* das amostras selecionadas nos grupos de tratamentos controle são similares. Também indica que algumas das observações do grupo de tratamento, ou seja, alguns dos títulos verdes da amostra não foram incluídos no resultado final uma vez que não forma encontrados títulos convencionais que antedesses aos critérios de pareamento. Por sua vez, o Gráfico 6 apresenta a comparação entre a distribuição da amostra original e a amostra pareada para cada variável.

A Tabela 5 apresenta detalhes da amostra antes e após a aplicação do PSM. Enquanto o coeficiente de variação total da amostra original era de 1,230, esse valor caiu para -0,0056 no PSM ( $r=1$ ) e -0,0003 no PSM ( $r=2$ ), o que demonstra uma redução na diferença entre os resultados médios dos grupos de controle e de tratamento, sendo a segunda alternativa mais eficiente nesse pareamento. Adicionalmente, percebe-se amostra pareada por PSM possui uma média levemente menor para o tamanho da emissão e o prazo de vencimento comparada à amostra original.

Tabela 5 - Características da amostra após PSM

	Média para títulos verdes pré-pareamento	Média para títulos verdes pareados via PSM	Coeficiente de variação PSM ( $r=1$ )	Coeficiente de variação PSM ( $r=2$ )
Tamanho da emissão (R\$ milhões)	247,532	244,334	-0,1214	-0,075
Vencimento	9,953	9,392	0,0642	0
Conversibilidade	0,100	0,108	-0,2614	-0,1144
<i>Ano da emissão</i>	-	-	-	-
Ano = 2015	0,000	0,000	0,0000	0,000
Ano = 2016	0,018	0,020	-0,0734	0,000
Ano = 2017	0,100	0,108	0,1307	0,180
Ano = 2018	0,200	0,216	-0,2206	-0,184
Ano = 2019	0,291	0,284	0,3238	0,227
Ano = 2020	0,109	0,098	0,1887	0,126
Ano = 2021	0,227	0,235	-0,2807	-0,246
Ano = 2022	0,055	0,039	-0,1295	-0,086

<i>Setor do emissor</i>	-	-	-	-
Agronegócio	0,0182	0,0000	0,0000	0,0000
Consumo não-cíclico	0,0273	0,0196	0,1204	0,0903
Energia	0,7636	0,7745	0,0462	0,0115
Financeiro	0,0636	0,0686	-0,2811	-0,2008
Florestal	0,0182	0,0196	-0,0734	-0,1101
Industrial	0,0364	0,0392	0,0524	0,1047
Real estate	0,0091	0,0098	0,1033	0,1033
Saneamento	0,0636	0,0686	0,0803	0,0602
Transporte e Logística	0,0000	0,0000	0,0000	0
<i>Rating do emissor</i>	-	-	-	-
Alto	0,0091	0,0000	0,0000	0
Médio	0,0364	0,0392	0,0524	-0,0262
Baixo	0,0818	0,0490	-0,3219	-0,1431
Altamente vulnerável e em default	0,0000	0,0000	0,0000	0
Não disponível (NA)	0,8727	0,9118	0,2353	0,1324

Apresenta a diferença entre as médias da amostra original em comparação com a amostra pareada através do *Propensity Score Matching* (PSM). O coeficiente de variação indica a variação dos dados da amostra em relação à sua média.

A Tabela 6 apresenta o resultado da amostra selecionada. Enquanto ambos os métodos utilizaram 102 dos títulos verdes (sendo oito descartados), por definição o método  $r=2$  teve um maior aproveitamento dos dados disponíveis do que o  $r=1$ . Isso porque são criados trios (dois convencionais e um verde), enquanto o outro usa apenas pares de títulos (um convencional e um verde).

Tabela 6 - Características da amostra pareada através do PSM

Tipo de título de dívida	Quantidade de observações					
	PSM (r = 1)			PSM (r = 2)		
	Common support	Não-pareado	Descartado	Common support	Não-pareado	Descartado
Títulos convencionais	54	135	38	85	104	38
Títulos verdes	102	0	8	102	0	8
Total	156	135	46	187	104	46

Indica a quantidade de dados da amostra original que foram utilizados no pareamento *Propensity Score Matching* (PSM) e quantos foram descartados.

## 5.2. Coarsened exact matching (CEM)

Além do PSM, também foi feito o pareamento da amostra através do método de CEM<sup>12</sup>, além da opção k2k, na qual são feitos necessariamente pareamentos 1:1 entre título verde e convencional. Foi feito o pareamento exato nas variáveis tamanho da emissão (em decis), setor do emissor, rating e estrutura de preços e foi pareado nas demais variáveis de controle. Essa metodologia está alinhada com Löffler *et al.* (2021), com exceção da variável de câmbio, que foi desconsiderada dado que a filtragem da base de dados limitou a amostra coletada às emissões em reais (R\$). A Tabela 8 apresenta a comparação da probabilidade a partir do pareamento da amostra, enquanto a Tabela 7 traz mais detalhes sobre ao pareamento das observações.

Como resultado, CEM pareou 45 títulos verdes com 63 títulos convencionais, enquanto CEM k2k, que define pares 1:1, considerou 36 títulos verdes e convencionais cada (Tabela 7). Desta forma, apenas cerca de 40% e 30% das observações do grupo de tratamento foram aproveitadas, uma perda maior de observações nos métodos CEM em comparação com PSM. Isso é esperado devido à demanda de pareamento exato em algumas das variáveis.

A medida de desequilíbrio global (*multivariate imbalance*) compara a diferença entre histogramas das covariáveis antes da aplicação do CEM nos grupos de tratamento e controle. O equilíbrio perfeito global é igual a  $L1 = 0$ , enquanto  $L1 = 1$  indica o desequilíbrio completo (Iacus *et al.*, 2011 *apud* Löffler *et al.*, 2021). Os pareamentos alcançaram  $L1$  de 0,532 para o CEM e um pouco melhor em CEM k2k, com  $L1 = 0,472$  (Tabela 7). Ambas representam uma melhora no equilíbrio da amostra.

Tabela 7 - Característica da amostra pareada através do CEM

	Quantidade de observações			
	CEM		CEM k2k	
Tipo de título de dívida	Pareado	Não-pareado	Pareado	Não-pareado
Títulos convencionais	63	164	36	191
Títulos verdes	45	65	36	74

<sup>12</sup> O cálculo através do método CEM foi feito através do pacote MatchIt do R, desenvolvido por Ho, Imai, King e Stuart (2007).

Total	108	229	72	265
$L_1$		0,532		0,472
% local common support		31,4%		34,9%

Pareamento exato nas variáveis: tamanho da emissão (em decis), setor do emissor, rating e estrutura de preços. Agrupamento feito nas variáveis de conversibilidade, ano de emissão e maturidade.

Quanto aos resultados da amostra (Tabela 8), as médias de tamanho de emissão e prazo de vencimento são menores do que a amostra original e os resultados do PSM. Há maior concentração de observações de títulos verdes sem conversibilidade. Os setores de energia e financeiro seguem sendo com maior presença de títulos verdes.

Tabela 8 - Características da amostra após CEM

	CEM		CEM k2k	
	Média para títulos verdes	Coefficiente de variação	Média para títulos verdes	Coefficiente de variação
Tamanho da emissão	213,504	-0,0335	222,094	-0,031
Vencimento	8,652	-0,0083	8,367	-0,011
Conversibilidade	0,000	0,0000	0,0000	0,0000
Ano da emissão	2019,13	0,0000	2019,19	0,0000
<i>Setor do emissor</i>	-	-	-	-
Agronegócio	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Consumo não-cíclico	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Energia	0,8444	0,0000	0,8333	0,0000
Financeiro	0,1111	0,0000	0,1389	0,0000
Florestal	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Industrial	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Real estate	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
Saneamento	0,0444	0,0000	0,0278	0,0000
Transporte e Logística	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
<i>Estrutura de preços</i>	-	-	-	-
Clean	0,1333	0,0000	0,1389	0,0000
Dirty	0,8667	0,0000	0,8611	0,0000

Apresenta as médias da amostra pareada através do *Coarsened Exact Matching* (CEM). O coeficiente de variação indica a variação dos dados da amostra em relação à sua média.

### 5.3. Prêmio verde no mercado primário brasileiro

Para analisar quais as características dos títulos de dívida avaliados que possuem efeito significativo na definição da existência e da grandeza do prêmio verde, foram feitas regressões de mínimos quadrados ordinários (OLS) (ZERBIB, 2019; HYUN *et al.*, 2020; GAUSEMEL, STANGELAND, 2021) na amostra de dados original e nos resultados dos pareamentos nas metodologias de PSM e CEM apresentadas anteriormente (LÖFFLER *et al.*, 2021).

Para controlar o efeito de variáveis não observáveis, como riscos reputacionais e risco de falência no erro, foi adotada a metodologia de efeitos fixos focada no emissor (LÖFFLER *et al.*, 2021). Foi feito também um ajuste de "*heterokedasticity-robust standard errors*" após a regressão OLS (ZERBIB, 2019), que possibilita a eliminação de efeitos adversos da heretocedasticidade dos erros padrão quando sua forma não é conhecida (WOOLRIDGE, 2012).

Como esta análise é focada no mercado primário, a variável dependente é a taxa de juros de rendimento do título de dívida no momento da emissão. O rótulo verde é analisado através de uma variável *dummy* independente. O Quadro 3 apresenta a descrição das demais variáveis independentes usadas na regressão, incluindo o tipo, unidade e descrição.

A variável de câmbio, recorrente entre a literatura revisada, foi desconsiderada uma vez que todas as emissões da amostra foram feitas na mesma moeda (real brasileiro). Os estudos que englobam emissões em múltiplas moedas apresentam o câmbio como um fator determinante para o prêmio verde (HYUN *et al.*, 2020). Ao focar em apenas emissões em uma moeda, este estudo isola esse efeito financeiro sobre as variações na precificação dos ativos.

Quadro 3 - Descrição das variáveis independentes da regressão

Variável independente	Tipo	Unidade	Descrição
Verde	Dummy	-	Indica se o título de dívida possui ou não um rótulo temático (verde, social, sustentável) para uso de recursos.

Rating	Catagórica	-	<p>Para obter a classificação dos ratings de crédito das emissões (verdes e convencionais), foram considerados os ratings da Moody's, S&amp;P e Fitch disponibilizados na plataforma Bloomberg. Os ratings foram harmonizados e agrupados entre cinco categorias: "Alto", "Médio", "Baixo", "Altamente vulnerável e em default" e "Rating não disponível (NA)". Em caso de conflito entre as classificações, foi considerada a categoria de rating mais recorrente entre as três empresas. Em caso de conflito em que havia apenas duas classificações disponíveis, foi priorizada a mais baixa.</p> <p>A categorização setorial dos emissores dos títulos de dívida foi feita com base na classificação da Bloomberg. O agrupamento dos setores foi feito entre: Agronegócio; Florestal; Financeiro; Educação; Saneamento; Óleo e gás; Energia; Industrial; e Transporte e Logística.</p>
Setor	Catagórica	-	<p>Tempo total de vencimento dos títulos de dívida, agrupado em decis.</p>
Vencimento	Numérica	Dias	
Volume emitido	Numérica	R\$ milhões	<p>Volume total emitido (R\$) através dos respectivos títulos de dívida, agrupado em decis.</p>
Conversibilidade	Dummy	-	<p>Indica se o título possui opção de conversibilidade. Busca isolar o impacto que esse tipo de estrutura do título de dívida pode ter na definição de sua taxa de juros, conforme apontado por Larcker e Watts (2019).</p>
Estrutura de preços	Catagórica	-	<p>Tipo de cálculo do preço do título de dívida. Pode ser <i>clean</i> (preço vazio), que exclui juros acumulados, ou <i>dirty</i> (preço cheio), que considera os juros acumulados no pagamento.</p>

Os pesos amostrais usados nas regressões PSM  $r=1$ , PSM  $r=2$  e CEM são baseados nos *scores* resultantes dos respectivos processos de pareamento realizados. Dispensam os pesos amostrais a regressão com a amostra original, uma

vez que antecede o pareamento, e a regressão CEM k2k, uma vez que iguala a quantidade de observações entre grupos de controle e tratamento (IACUS, KING, PORRO, 2021). As variáveis independentes não apresentadas na tabela foram removidas da regressão por apresentarem colinearidade. O resultado das regressões OLS, apresentado na Tabela 9, é misto, uma vez que não há um consenso entre os métodos empregados<sup>13</sup>.

Os coeficientes associados ao rótulo temático são todos negativos, porém apenas o coeficiente obtido através do método CEM é significativo. A existência de um prêmio verde associado à menores rendimentos para títulos verdes está alinhado à maioria da literatura internacional sobre o tema (SLIMANE *et al.*, 2020), que indica a existência de um *greenium* negativo.

O prêmio verde identificado de 1,92%, no entanto, é mais alto do que a média identificada na literatura internacional. Uma justificativa para essa diferença são as taxas de juros no Brasil historicamente mais elevadas que em países desenvolvidos, foca da bibliografia já existente sobre o tema. Alternativamente, ou de forma complementar, o tamanho limitado da amostra ou uma amostra viesada também pode explicar essa diferença (LAU *et al.*, 2020).

Os coeficientes associados à extensão do vencimento dos títulos também foram negativos e significativos na amostra original e para a regressão CEM, o que indica que investidores estão dispostos a receber um rendimento menor para títulos de maior tempo de vencimento. Esse resultado está alinhado com a expectativa de liquidez maior no curto prazo (Ejsing *et al.*, 2012 e Schuster and Uhrig-Hombourg, 2012 *apud* Zerbib, 2019). Neste mesmo modelo, a outra variável significativa foi a de prazo de vencimento, de coeficiente negativo. Wulandari *et al.* (2018) encontrou um coeficiente negativo para o vencimento de títulos verdes e positivo para títulos convencionais, o que pode explicar este resultado.

Nos modelos baseados em *Propensity Score Matching*, apenas as variáveis temporais possuem coeficientes significativos, indicando que o momento da emissão é determinante para a definição dos rendimentos na amostra avaliada. O modelo CEM k2k, que resultou na maior perda de observações na amostra, não indicou nenhuma das variáveis independentes como significativas, de modo que este é um modelo pouco explicativo.

---

<sup>13</sup> O cálculo da regressão OLS foi feito através do pacote Fast Fixed-Effects Estimations (fixest) do R, desenvolvido por Bergé (2018).

A amostra original indicava como significativas as variáveis de conversibilidade e de estrutura de preços, ambas com coeficientes positivos. No entanto, perderam essa relevância após os processos de pareamento, o qual agrupou a amostra conforme similaridades em suas características. Com isso, estas variáveis não tiveram poder explicativo na variável dependente de rendimento.

Tabela 9 - Determinantes do rendimento dos títulos de dívida

	(1) Amostra original	(2) Propensity Score Matching (r=1)	(3) Propensity Score Matching (r=2)	(4) Coarsened exact matching	(5) Coarsened exact matching k2k
Título verde = 1	-0,0111 (0,0071)	-0,0064 (0,0093)	-0,0041 (0,0075)	-0,0192** (0,0069)	-0,0180 (0,0181)
Vencimento	-0,0024*** (0,0006)	-0,0011 (0,0011)	-0,0016 (0,0008)	-0,0067** (0,0021)	-0,0061* (0,0030)
Conversibilidade	0,0225* (0,0112)	0,0228 (0,0248)	0,0299 (0,0171)	- -	- -
Volume da emissão	0,0000052 (0,00000459)	0,0000170 (0,000025)	0,0000098 (0,0000181)	-0,0000218 (0,0000154)	0,00000353 (0,0000034)
Estrutura de preços	0,0246** (0,0074)	-0,0085000 (0,0134)	0,0031000 (0,0108)	-0,0004 (0,0006)	-0,0003 (0,0005)
Rating = Médio	-0,0098 (0,0131)	-0,015 (0,0302)	-0,0082 (0,0257)	-0,0456 (0,0261)	-0,0790 (0,0414)
Rating = Baixo	-0,005 (0,0192)	- -	- -	- -	- -
Rating = NA	-0,0077 (0,0071)	0,0048 (0,0293)	-0,0018 (0,0236)	-0,0245 (0,023)	-0,044 (0,0323)
Ano = 2015	-0,0198 (0,0154)	- -	- -	- -	- -
Ano = 2016	-0,0117 (0,0147)	0,0082 (0,0328)	-0,0087 (0,0261)	- -	- -
Ano = 2017	-0,0300* (0,012)	-0,0281 (0,0242)	-0,0418 (0,0213)	0,0014 (0,0165)	0,0086 (0,0284)
Ano = 2018	-0,0241* (0,0106)	-0,0288 (0,0214)	-0,0397* (0,0182)	0,0004 (0,0116)	-0,0013 (0,0236)
Ano = 2019	-0,0146 (0,0095)	-0,0314 (0,0224)	-0,0396* (0,0173)	0,005 (0,0126)	-0,0084 (0,0177)
Ano = 2020	-0,0309**	-0,0519*	-0,0451*	0,0155	0,0104

	(0,0096)	(0,0251)	(0,0206)	(0,0299)	(0,0647)
Ano = 2021	-0,0295**	-0,0263	-0,0296*	-	-
	(0,0093)	(0,0175)	(0,0149)	-	-
Observações	337	156	187	108	72
R <sup>2</sup>	0,60066	0,71949	0,68521	0,73585	0,775
R <sup>2</sup> ajustado	0,401	0,370	0,403	0,529	0,468

Indica o resultado das regressões sobre os determinantes do rendimento dos títulos de dívida emitidos no mercado primário brasileiro. Variável dependente: rendimento no momento da emissão. (\*\*\*), (\*\*), (\*) indicam significância em (1%), (5%) e (10%), respectivamente. Desvio padrão entre parêntesis.

## 6. Conclusão

As emissões de títulos verdes vêm ganhando relevância no Brasil, ainda a velocidade desse crescimento e o volume de recursos movimentado seja que em menor proporção do que no mercado internacional. Internacionalmente, a discussão sobre um prêmio de preço em recompensa pela rotulação verde vem avançando conforme a maturação deste mercado. No entanto, emissões brasileiras não foram exploradas na bibliografia internacional e não há ainda uma bibliografia nacional sobre este tema. Este trabalho inclui uma extensa revisão desta bibliografia internacional, indicando suas tendências, além de convergências e divergências sobre metodologia e resultados.

Buscando contribuir para essa literatura, o objetivo deste trabalho foi averiguar se os títulos verdes emitidos no Brasil foram negociados a preços diferentes de emissões de títulos convencionais de características análogas, ou seja, busca evidências de *greenium* no mercado brasileiro. Para isso, foram comparadas as características dos títulos brasileiros rotulados como verde em comparação com demais títulos convencionais dos mesmos emissores a fim de analisar a dinâmica de precificação desses ativos. Foram analisados 110 títulos verdes brasileiros, comparados com 227 títulos convencionais dos mesmos emissores.

A amostra contempla títulos de dívida emitidos localmente desde o início deste mercado no Brasil, em 2016, até março de 2022. A amostra conta com títulos de diversos setores, porém com maior representatividade dos setores de energia e financeiro. A maioria das observações não conta com um rating de crédito. Em comparação com os títulos convencionais, os títulos verdes possuem um volume médio de emissão menor, porém contam com um tempo de vencimento médio maior.

Neste estudo, foram aplicadas as metodologias de *Propensity Score Matching* (PSM) e *Coarsened Exact Matching* (CEM) para fazer o pareamento da amostra, buscando controlar as demais características dos títulos observados de modo a isolar o efeito da rotulação verde sobre sua precificação. A partir das amostras pareadas, foram feitas regressões OLS para avaliar os determinantes de sua precificação.

Respondendo à pergunta do estudo, a análise indica que títulos verdes brasileiros contam com uma redução significativa no rendimento de 192 pontos-base no mercado primário. Desta forma, o resultado deste estudo aponta para a existência de um prêmio verde (também chamado de *greenium*) no mercado brasileiro de títulos verdes, porém com evidências limitadas uma vez que apenas foi verificada a significância através de um dos quatro métodos aplicados.

A principal limitação do estudo é a limitação de dados disponíveis, associado à quantidade limitada de emissões rotuladas devido à juventude do mercado de títulos verdes no Brasil o que por sua vez resulta em um modelo com capacidade limitada de explicação da sua dinâmica de precificação (BOUR, 2019).

Adicionalmente, o acesso ao mercado de capitais brasileiro por parte das empresas ainda é relativamente baixo se comparamos com outros países desenvolvidos objetos de estudos sobre prêmio verde, de modo que a amostra de controle de títulos convencionais também é limitada. Além disso, há empresas que fizeram emissões exclusivamente verdes, o que não permitiu a comparação com um grupo de controle convencional. Conforme o mercado de títulos verdes avance no Brasil, combinado com o crescimento da relevância do mercado de capitais como uma ferramenta de captação de recursos por parte de empresas, novos estudos poderão ser capazes de fazer análises sobre a precificação de títulos de dívida verdes com uma amostra mais relevante.

Outra limitação está associada ao foco em emissões no mercado primário. A disponibilidade de informações sobre precificação no mercado secundário brasileiro para títulos de dívida ainda é limitada o que, somado à quantidade restrita de emissões rotuladas verdes no país, dificulta a extensão da análise para este mercado. Porém, o resultado obtido no mercado primário está mais exposto à influência de desequilíbrios momentâneos entre a oferta e a demanda de títulos de dívida, uma vez que foca no rendimento apenas no momento da emissão (SLIMANE *et al.*, 2020). Com isso, idealmente esta análise será atualizada futuramente com a inclusão do mercado secundário na metodologia.

Trabalhos futuros poderão se beneficiar da evolução do mercado, além de avançar na sofisticação da metodologia de avaliação do prêmio verde. Há a oportunidade de explorar se o tipo de rotulação temática (verde, social ou sustentável) tem algum efeito na precificação desses títulos. Outra questão a ser

explorada é se há algum efeito na precificação do título se ele conta com a validação de uma parte independente, como a certificação ou o parecer de segunda opinião.

## 7. Referências

ADACHI, V. Com bônus sustentável, Suzano capta com menor taxa de sua história. **Capital Reset**, 10 de set. de 2020. Disponível em <<https://www.capitalreset.com/com-bonus-sustentavel-suzano-capta-com-menor-taxa-de-sua-historia//>>. Acesso em: 02 jan. 2022.

ADACHI, V. Em emissão de dívida verde, Camil tenta impor ‘greenium’ — mas não consegue. **Capital Reset**, 10 de nov. de 2021. Disponível em <<https://www.capitalreset.com/em-emissao-de-divida-verde-camil-tenta-impor-greenium-mas-nao-consegue/>>. Acesso em: 30 dez. 2021.

AGLIARDI, E.; AGLIARDI, R. Corporate Green Bonds: Understanding the Greenium in a Two-Factor Structural Model. **Environmental and Resource Economics**, v. 80, p. 257–278, 2021.

ASEAN Capital Markets Forum (ACMF). **ASEAN Green Bond Standards**. Outubro, 2018a. Disponível em: <<https://www.theacmf.org/images/downloads/pdf/AGBS2018.pdf> >

ASEAN Capital Markets Forum (ACMF). **ASEAN Social Bond Standards**. Outubro, 2018b. Disponível em: <<https://www.theacmf.org/images/downloads/pdf/ASBS2018.pdf>>

ASEAN Capital Markets Forum (ACMF). **ASEAN Sustainability Bond Standards**. Outubro, 2018c. Disponível em: <<https://www.theacmf.org/images/downloads/pdf/ASUS2018.pdf>>

B3. B3 passa a identificar Green Bonds, 27 de nov. de 2018. Disponível em: <[https://www.b3.com.br/pt\\_br/noticias/titulos-verdes.htm](https://www.b3.com.br/pt_br/noticias/titulos-verdes.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2021.

BACHELET, M.; BECCHETTI, L.; MANFREDONIA, S. (2019), The Green Bonds Premium Puzzle: The Role of Issuer Characteristics and Third-Party Verification. *Sustainability*, v. 11, n. 4, p. 1-22, February, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2071-1050/11/4/1098>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

BAKER, M.; BERGSTRESSER, D.; SERAFEIM, G.; WURGLER, J. (2018), Financing the Response to Climate Change: The Pricing and Ownership of US Green Bonds, NBER Working Papers, v. 25194, National Bureau of Economic

Research, Inc. Disponível em: < <https://ideas.repec.org/p/nbr/nberwo/25194.html> >. Acesso em: 28 dez. 2021.

BERGÉ, L. Efficient estimation of maximum likelihood models with multiple fixed-effects: the R package FENmlm. CREA Discussion Papers, 2018. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/fixest/index.html>>. Acesso em: 06 abr. 2022.

BLOOMBERG. Investors are willing to pay a “green” premium. Bloomberg New Energy Finance report, 2017.

BRASIL. **Decreto Federal nº 10.387**, de 5 de junho de 2020. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2019-2022/2020/decreto/D10387.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2020/decreto/D10387.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2021.

BRASIL. **Lei nº 12.431**, de 24 de junho de 2011. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2011/lei/112431.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2011/lei/112431.htm)>. Acesso em: 28 dez. 2021.

BOUR, T. **The Green Bond Premium and non-Financial Disclosure: Financing the Future, or Merely Greenwashing?** 2019. 81 p. Master’s thesis, Maastricht University, Maastricht, The Netherlands.

CLIMATE BONDS INITIATIVE (CBI). Year 2014 Green Bonds Final Report. Londres, 2015. 2p. Disponível em: < <https://www.climatebonds.net/files/files/Year%20end%20report%202014.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

CLIMATE BONDS INITIATIVE (CBI). Green bonds highlights 2016. Londres, 2017. Disponível em: <<https://www.climatebonds.net/files/files/2016%20GB%20Market%20Roundup.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

DELMAS, M. A; BURBANO, V. G. 2011. **The Drivers of Greenwashing**. California Management Review, vol. 54, n. 1, 64-87. Disponível em: <<https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1525/cmr.2011.54.1.64>> Acesso em: 08 mar. 2022.

DORFLEITNER, G.; UTZ, S; ZHANG, R. The pricing of green bonds: external reviews and the shades of green. Review of Managerial Science, v. 16, p. 797–834, 2021. Disponível em: < <https://doi.org/10.1007/s11846-021-00458-9>>. Acesso em: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC), Capital

flows to Latin America and the Caribbean: 2020 year-in-review in times of COVID-19 (LC/WAS/TS.2021/1), Santiago, March 2021. Disponível em: <[https://www.cepal.org/sites/default/files/kflowsfinal\\_web\\_0.pdf](https://www.cepal.org/sites/default/files/kflowsfinal_web_0.pdf)>.

Acessado em: 10 mai. 2022.

Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). Capital flows to Latin America and the Caribbean: first nine months of 2021 (LC/WAS/TS.2021/9), Santiago, November 2021. Disponível em: <[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47514/1/S2100894\\_en.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47514/1/S2100894_en.pdf)>.

Acessado em: 10 mai. 2022.

EHLERS, T.; PACKER, F. Green Bond Finance and Certification. Bank for International Settlements (BIS), Quarterly Review, September, 2017. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3042378](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3042378)>. Acesso em: 09 fev. 2022.

ENVIRONMENTAL FINANCE. **Suzano: Sustainable bonds, rather than loans, is where the greenium is.** 29 de set. de 2021. Disponível em: <<https://www.environmental-finance.com/content/analysis/suzano-sustainable-bonds-rather-than-loans-is-where-the-greenium-is.html>>. Acesso em: 02 jan. 2022.

ENVIRONMENTAL FINANCE. Sustainable Bonds Insights 2021. 16 fev. 2022. Disponível em: <<https://www.environmental-finance.com/content/downloads/sustainable-bonds-insight-2022.html>>. Acesso em: 10 mai. 2022.

FATICA, S.; PANZICA, R.; & RANCAN, M. The pricing of green bonds: Are financial institutions special? *Journal of Financial Stability*, v. 54, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.2760/496913>>. Acesso em: 09 abr. 2022.

GAUSEMAL, A.; STANGELAND, O. Do Corporate Green Bonds Fetch A Greenium? NTNU Business School, Maio de 2021. Disponível em: <<https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/bitstream/handle/11250/2780469/no.ntnu%3Ainspera%3A82752696%3A84564742.pdf?sequence=1>>. Acesso em 22 fev. 2022.

GIANFRATE, G.; PERI, M. The green advantage: exploring the convenience of issuing green bonds. *Journal of Cleaner Production*, v. 219, p. 127-215, 2019. Disponível em: <[https://www.cepweb.org/wp-content/uploads/2018/11/Gianfrate\\_Paper.pdf](https://www.cepweb.org/wp-content/uploads/2018/11/Gianfrate_Paper.pdf)>. Acesso em 12 fev. 2022.

HACHENBERG, B.; SCHIERECK, D. Are Green Bonds Priced Differently from Conventional Bonds?, *Journal of Asset Management*, v. 19, n. 6, p. 371-383.

Disponível em: <[https://econpapers.repec.org/article/palassmgt/v\\_3a19\\_3ay\\_3a2018\\_3ai\\_3a6\\_3ad\\_3a10.1057\\_5fs41260-018-0088-5.htm](https://econpapers.repec.org/article/palassmgt/v_3a19_3ay_3a2018_3ai_3a6_3ad_3a10.1057_5fs41260-018-0088-5.htm)>. Acesso em: 08 fev. 2022.

HARRISON, C; MUETHING, L. **Sustainable Global State of the Market 2020**. Climate Bonds Initiative, April 2021. Disponível em: <[https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi\\_sd\\_sotm\\_2020\\_04d.pdf](https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_sd_sotm_2020_04d.pdf)>. Acesso em: 29 jan. 2022.

HARRISON, C; MACGEOCH, M.; MICHETTI, C. **Sustainable Debt Global State of the Market 2021**. Climate Bonds Initiative, April 2022. Disponível em: <<https://www.climatebonds.net/resources/reports/sustainable-debt-global-state-market-2021>>. Acesso em: 27 mai. 2022.

HARRISON, C.; PARTRIDGE, C.; TRIPATHY, A. What's in a Greenium: An Analysis of Pricing Methodologies and Discourse in the Green Bond Market. **The Journal of Environmental Investing**, vol. 10, n. 1, p. 1-12, 2020. Disponível em: <[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3684927](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3684927)>. Acesso em: 21 jun. 2021.

HO, D.; IMAI, K.; KING, G.; STUART, E. A. MatchIt: Nonparametric Preprocessing for Parametric Causal Inference. **Journal of Statistical Software**, v. 42, n. 8, p. 1–28, 2011. Disponível em: <<https://www.jstatsoft.org/index.php/jss/article/view/v042i08>>. Acesso em: 4 abr. 2022.

HSBC. Green Bonds 2.0: Fixed Income Credit report. 2020.

HUANG, J. Z; HUANG, M. How Much of the Corporate-Treasury Yield Spread Is Due to Credit Risk? **The Review of Asset Pricing Studies**, vol. 2, n. 2, p. 153–202, 2012. Disponível em: <<https://academic.oup.com/raps/article/2/2/153/1593685>>. Acesso em: 5 abr. 2022.

HYUN, S.; PARK, D.; TIAN, S. The Price of Going Green: The Role of Greenness in Green Bond Markets. **Accounting & Finance**, vol. 60, n. 1, p. 73-95, 2020. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/acfi.12515>. Acesso em: 15 mar. 2022.

IACUS, S.; KING, G.; PORRO, G. **CEM: Software for Coarsened Exact Matching**. 2021. Disponível em: <<https://cran.r-project.org/web/packages/cem/vignettes/cem.pdf>>. Acesso em: 14 mar 2022.

INTERNATIONAL CAPITAL MARKET ASSOCIATION (ICMAa). **Green Bond Principles: Voluntary Process Guidelines for Issuing Green Bonds**. Paris, 2021. Disponível em: <<https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2021-updates/Green-Bond-Principles-June-2021-140621.pdf>>. Acesso em: 02 dez. 2021.

INTERNATIONAL CAPITAL MARKET ASSOCIATION (ICMA). **Princípios para Títulos Verdes: Diretrizes do Processo Voluntário para Emissão de Títulos Verdes**. 2017. Disponível em: <[https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Translations/Portuguese-GBP\\_2017-06-v2.pdf](https://www.icmagroup.org/assets/documents/Regulatory/Green-Bonds/Translations/Portuguese-GBP_2017-06-v2.pdf)>. Acesso em: 02 dez. 2021.

INTERNATIONAL CAPITAL MARKET ASSOCIATION (ICMAb). **Social Bond Principles: Voluntary Process Guidelines for Issuing Social Bonds**. Paris, 2021. Disponível em: <<https://www.icmagroup.org/assets/documents/Sustainable-finance/2021-updates/Social-Bond-Principles-June-2021-140621.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

KAPRAUN, J.; SCHEINS, C. (In)-Credibly Green: Which Bonds Trade at a Green Bond Premium? Proceedings of Paris December 2019 Finance Meeting EUROFIDAI – ESSEC, 2019. Disponível em: <[www.ssrn.com/abstract=3347337](http://www.ssrn.com/abstract=3347337)>. Acesso em: 10 jan. 2022.

KARPF, A.; MANDEL, A. The Changing Value of the ‘Green’ Label on the US Municipal Bond Market. *Nature Climate Change*, v. 8, n. 2, p. 161-165, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41558-017-0062-0>>. Acesso em: 21 jun. 2021.

KETTERER, J. A.; ANDRADE, G.; NETTO, M.; HARO, M. I. **Transforming Green Bond Markets: Using Financial Innovation and Technology to Expand Green Bond Issuance in Latin America and the Caribbean**. Inter-American Development Bank, Washington DC, 2019. Disponível em: <[https://publications.iadb.org/publications/english/document/Transforming\\_Green\\_Bond\\_Markets\\_Using\\_Financial\\_Innovation\\_and\\_Technology\\_to\\_Expand\\_Green\\_Bond\\_Issuance\\_in\\_Latin\\_America\\_and\\_the\\_Caribbean\\_en.pdf](https://publications.iadb.org/publications/english/document/Transforming_Green_Bond_Markets_Using_Financial_Innovation_and_Technology_to_Expand_Green_Bond_Issuance_in_Latin_America_and_the_Caribbean_en.pdf)>. Acesso em: 07 fev. 2022.

KING, G.; NIELSEN, R. Why propensity scores should not be used for matching. **Cambridge University Press**, Political Analysis, vol. 27, p. 435–54, maio 2019. Disponível em: <<https://www.cambridge.org/core/journals/political-analysis/article/why-propensity-scores-should-not-be-used-for-matching/94DDE7ED8E2A796B693096EB714BE68B>>. Acesso em: 30 mar. 2022.

LAB LABORATÓRIO DE INOVAÇÃO FINANCEIRA. **Relatório de Pesquisa com Emissores e Investidores sobre Títulos Verdes no Brasil**. Brasil, 2018. Disponível em: <[https://www.labinovacaofinanceira.com/wp-content/uploads/2020/06/relato%CC%81rio\\_de\\_pesquisa\\_web.pdf](https://www.labinovacaofinanceira.com/wp-content/uploads/2020/06/relato%CC%81rio_de_pesquisa_web.pdf)>. Acesso em: 31 jan. 2021.

LARCKER D.; WATTS, E. Where’s the greenium? *Journal of Accounting and Economics*, Elsevier, v. 69, n. 2, 2019. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/jaecon/v69y2020i2s0165410120300148.html>>. Acesso em: 20 fev. 2022.

LAU, P.; SZE, A.; WAN, W.; WONG, A. The Economics of the Greenium: How Much Is the World to Pay to Save the Earth? **Environmental and Resource Economics**, v. 81, p. 379–408, 2022. Disponível em: <<https://link.springer.com/content/pdf/10.1007/s10640-021-00630-5.pdf>>. Acesso em: 16 mar. 2022.

LÖFFLER, K.; PETRESKI, A.; STEPHAN, A. Drivers of green bond issuance and new evidence on the “greenium”. *Eurasian Economic Review*, v. 11, n. 1, p. 1-24, 2021. Disponível em: <[https://econpapers.repec.org/RePEc:spr:eurase:v:11:y:2021:i:1:d:10.1007\\_s40822-020-00165-y](https://econpapers.repec.org/RePEc:spr:eurase:v:11:y:2021:i:1:d:10.1007_s40822-020-00165-y)>. Acesso em: 02 dez. 2021.

MACASKILL, S.; ROCA, E.; LIU, B.; STEWART, R.A.; SAHIN, O. Is there a green premium in the Green Bond market? Systematic literature review revealing premium determinants. **Journal of Cleaner Production**, v. 280, p. 124491, 2021. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652620345352>>. Acesso em: 05 dez. 2021.

MERTON, R. C. On the Pricing of Corporate Debt: The Risky Structure of Interest Rates. **The Journal of Finance**, vol. 29, p. 449–470, 1974. Disponível em: <

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1540-6261.1974.tb03058.x>>. Acesso em: 20 mar. 2022.

NADEN, C. Investing wisely in the fight against climate change: New standards for green finance just published. Isso, 14 September 2021. Disponível em: <<https://www.iso.org/news/ref2716.html>>. Acesso em: 10 abr. 2022.

NANAYAKKARA, M.; COLOMBAGE, S. Do Investors in Green Bond Market Pay a Premium? **Global Evidence, Applied Economics**, vol. 51, n. 40, p. 4425-4437, 2019. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00036846.2019.1591611>>.

Acesso em: 16 mar. 2022.

NN Investment Partners. Financial Report. 2018. Disponível em: <<https://www.nn-group.com/>>

OLMOS, A.; GOVINDASAMY, P. Propensity Scores: A Practical Introduction Using R. **Journal of MultiDisciplinary Evaluation**, v. 11, n. 25, p. 68–88, 2015. Disponível em: <[https://journals.sfu.ca/jmde/index.php/jmde\\_1/article/view/431](https://journals.sfu.ca/jmde/index.php/jmde_1/article/view/431)>. Acesso em: 16 mar. 2022.

ÖSTLUND, E. Are Investors Rational Profit Maximizers or Do They Exhibit a Green Preference? Evidence from the Green Bond Market. Master's thesis, Stockholm School of Economics, Stockholm, Sweden, 2015. Disponível em: <<http://arc.hhs.se/download.aspx?MediumId=2494>>. Acesso em: 30 mar. 2021.

PRECLAW, R.; BAKSHI, A. **The Cost of Being Green**. Barclays, Credit Research, Credit Research, 18 september 2015. Disponível em: <[https://www.environmental-finance.com/assets/files/US\\_Credit\\_Focus\\_The\\_Cost\\_of\\_Being\\_Green.pdf](https://www.environmental-finance.com/assets/files/US_Credit_Focus_The_Cost_of_Being_Green.pdf)>.

Acesso em: 18 dez. 2021.

SCHMITT, S. A Parametric Approach To Estimate the Green Bond Premium. Orientadores: Pedro Lameira; Adhemar Villani Junior. 2017. 26 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Finanças, NOVA – School of Business and Economics, London, United Kingdom, 2017.

SECRETARIA DE POLÍTICA ECONÔMICA (SPE). Finanças Verdes no Brasil. Secretaria Especial de Fazenda, Ministério da Economia, Brasília, abril de 2019. Disponível em: <[https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicações/notas-informativas/2019/2019-04-17\\_cartilha-financas-verdes-v25r.pdf](https://www.gov.br/economia/pt-br/centrais-de-conteudo/publicações/notas-informativas/2019/2019-04-17_cartilha-financas-verdes-v25r.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2022.

SLIMANE, B.; DA FONSECA, D.; MAHTANI, V. Facts and Fantasies about the Green Bond Premium. WP-102-2020, 52 p., December 2020. Disponível em: <<https://research-center.amundi.com/article/facts-and-fantasies-about-green-bond-premium>>. Acesso em: 30 jan. 2022.

SOUZA, L.; TUKIAINEN, K. Análise do Mercado de Finanças Sustentáveis da América Latina e do Caribe 2021. Climate Bonds Initiative, set. de 2021. Disponível em: <[https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi\\_lac\\_2020\\_pt\\_02d\\_0.pdf](https://www.climatebonds.net/files/reports/cbi_lac_2020_pt_02d_0.pdf)>.

TANG, D.; ZHANG, Y. Do shareholders benefit from green bonds? Environmental, social, and governance issues: Emerging markets and beyond. *Journal of Corporate Finance*, v. 61, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jcorpfin.2018.12.001>>. Acesso em: 09 abr. 2022.

TECHNICAL EXPERT GROUP ON SUSTAINABLE FINANCE (TEG). Usability Guide EU Green Bond Standard: TEG proposal for an EU Green Bond Standard. European Union, March, 2020. Disponível em: <[https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business\\_economy\\_euro/banking\\_and\\_finance/documents/200309-sustainable-finance-teg-green-bond-standard-usability-guide\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/200309-sustainable-finance-teg-green-bond-standard-usability-guide_en.pdf)>. Acesso em: 13 abr. 2022.

VIRI, N. Dívida ESG sai mais barato? O que as emissões recentes mostram sobre o ‘greenium’. **Capital Reset**, 15 de jan. de 2021. Disponível em <<https://www.capitalreset.com/divida-esg-sai-mais-barato-o-que-as-emissoes-recentes-mostram-sobre-o-greenium/>>. Acesso em: 02 jan. 2022.

VIRI, N. Itaú capta US\$ 62,5 milhões em green bonds (e vê vantagem de preço). **Capital Reset**, 28 de abr. de 2022. Disponível em: <<https://www.capitalreset.com/itau-capta-us-625-milhoes-em-green-bonds-e-ve-vantagem-de-preco/>>. Acesso em: 09 mai. 2022.

WOOLDRIDGE, J. M. *Introductory Econometrics: A modern approach*. **Cengage learning**, 2015.

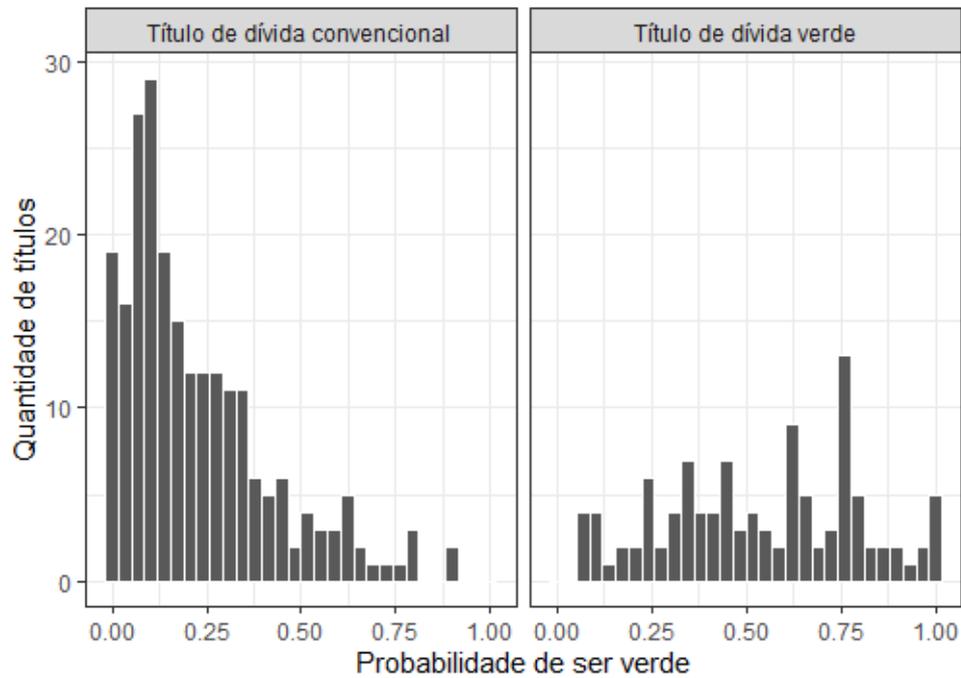
WULANDARI, F.; SCHÄFER, D.; STEPHAN, A.; SUNA, C. The impact of liquidity risk on the yield spread of green bonds. *Finance Research Letters*, Elsevier, v. 27(C), p. 53-59, 2018. Disponível em: <<https://ideas.repec.org/a/eee/finlet/v27y2018icp53-59.html>>. Acesso em:

ZERBIB, O. The effect of pro-environmental preferences on bond prices: Evidence

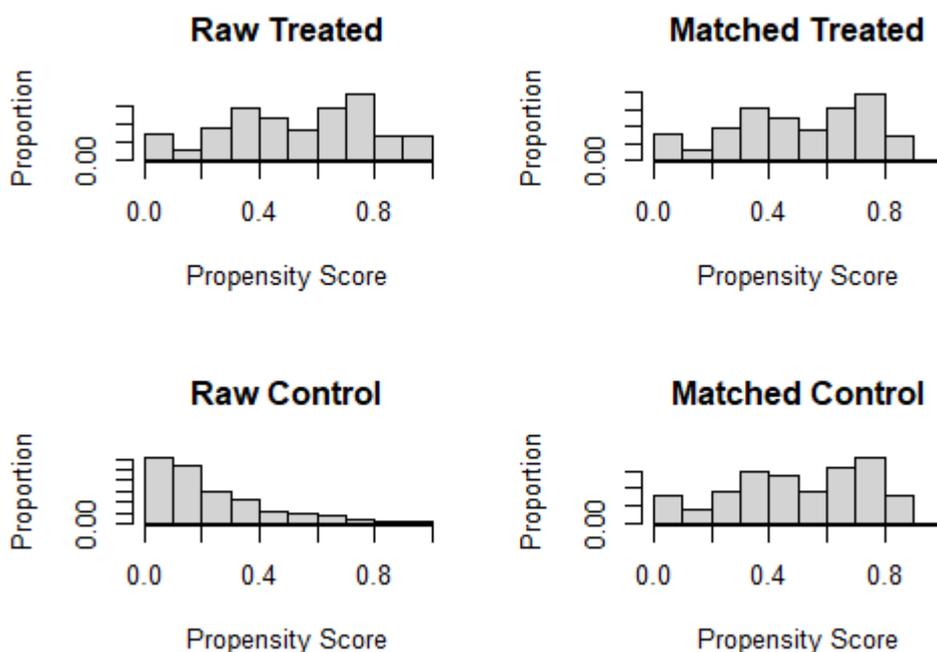
from green bonds. *Journal of Banking and Finance*, v. 98, p. 39-60, 2019.  
Disponível em:  
<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378426618302358>>. Acesso  
em: 21 jun. 2021.

## 8. Anexo

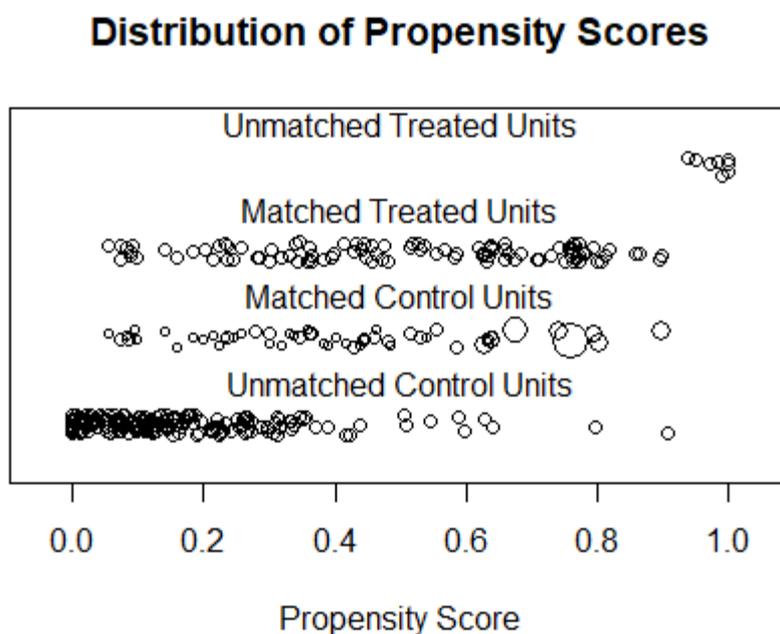
Gráfico 3 - Análise da região de apoio comum da amostra original



O gráfico apresenta a quantidade de títulos de dívida convencionais (esquerda) e verdes (direita), organizados em relação à probabilidade de serem considerados parte do grupo de tratamento (rotulação verde). A comparação entre os dois gráficos resulta na região de apoio comum (*common support*).

Gráfico 4 - Histograma do pareamento via PSM ( $r=1$ )

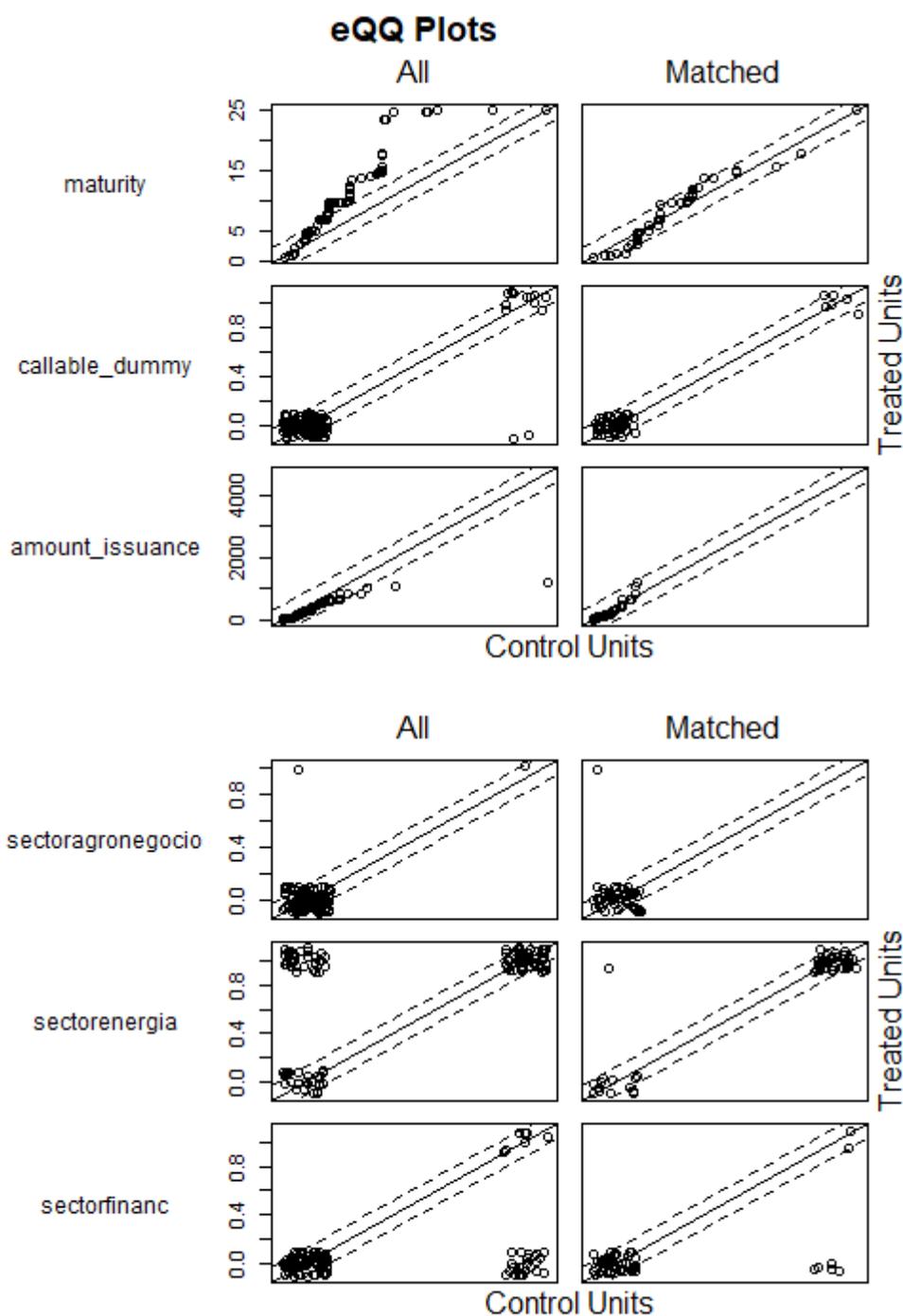
A coluna esquerda apresenta a distribuição do *propensity score* da amostra original de observações com tratamento (títulos verdes) e de controle (títulos convencionais), enquanto a coluna da direita apresenta a distribuição do *propensity score* dos dois grupos após o pareamento via PSM ( $r=1$ ). Percebe-se que o resultado após o pareamento é mais similar do que o original, apresentando sobreposição relevante. Isto indica que o pareamento através do método PSM ( $r=1$ ) foi bem-sucedido.

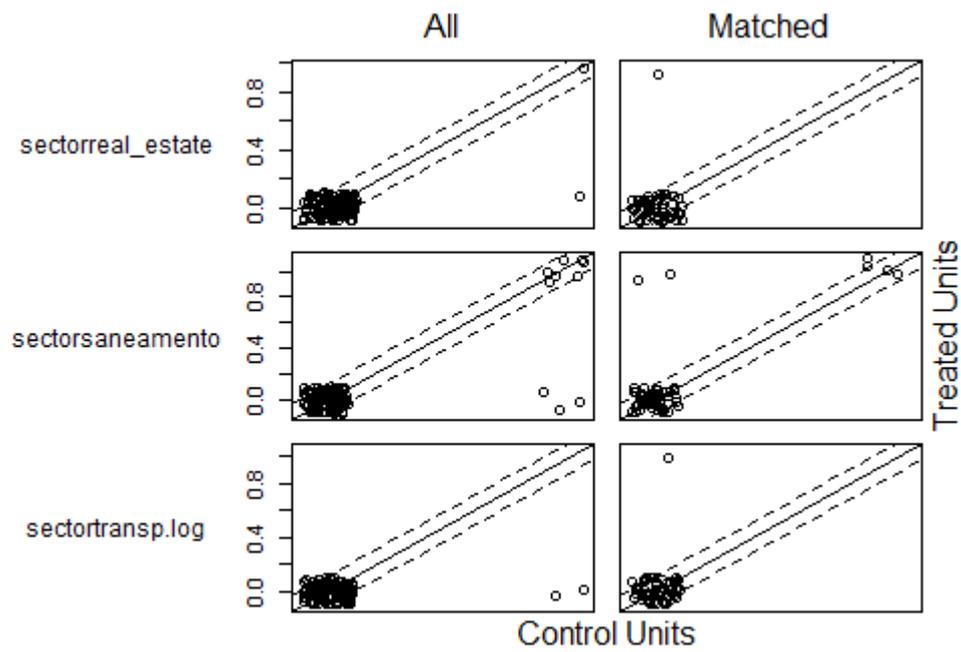
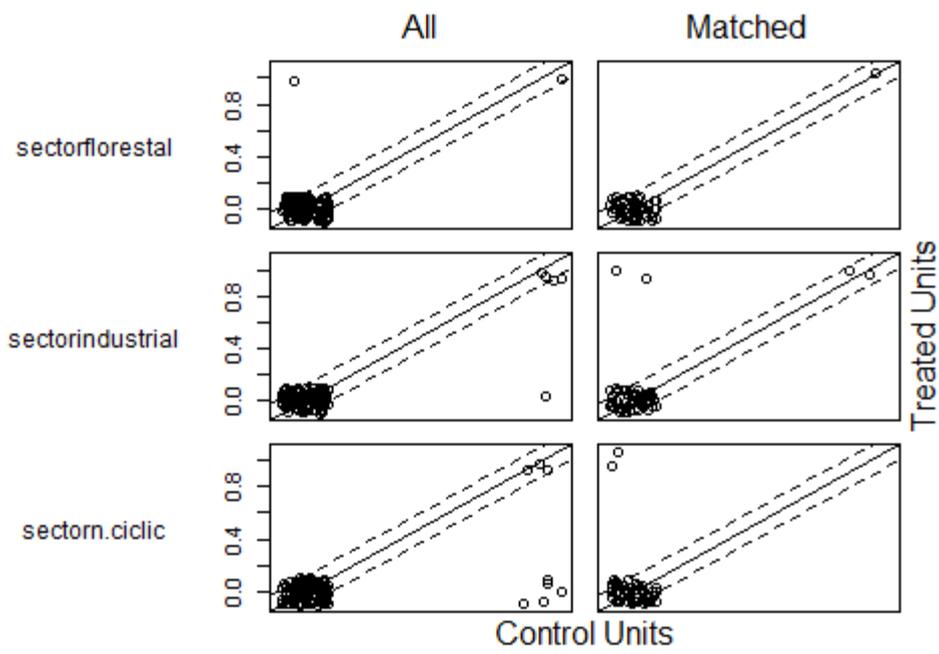
Gráfico 5 - Distribuição dos propensity scores para PSM ( $r=1$ )

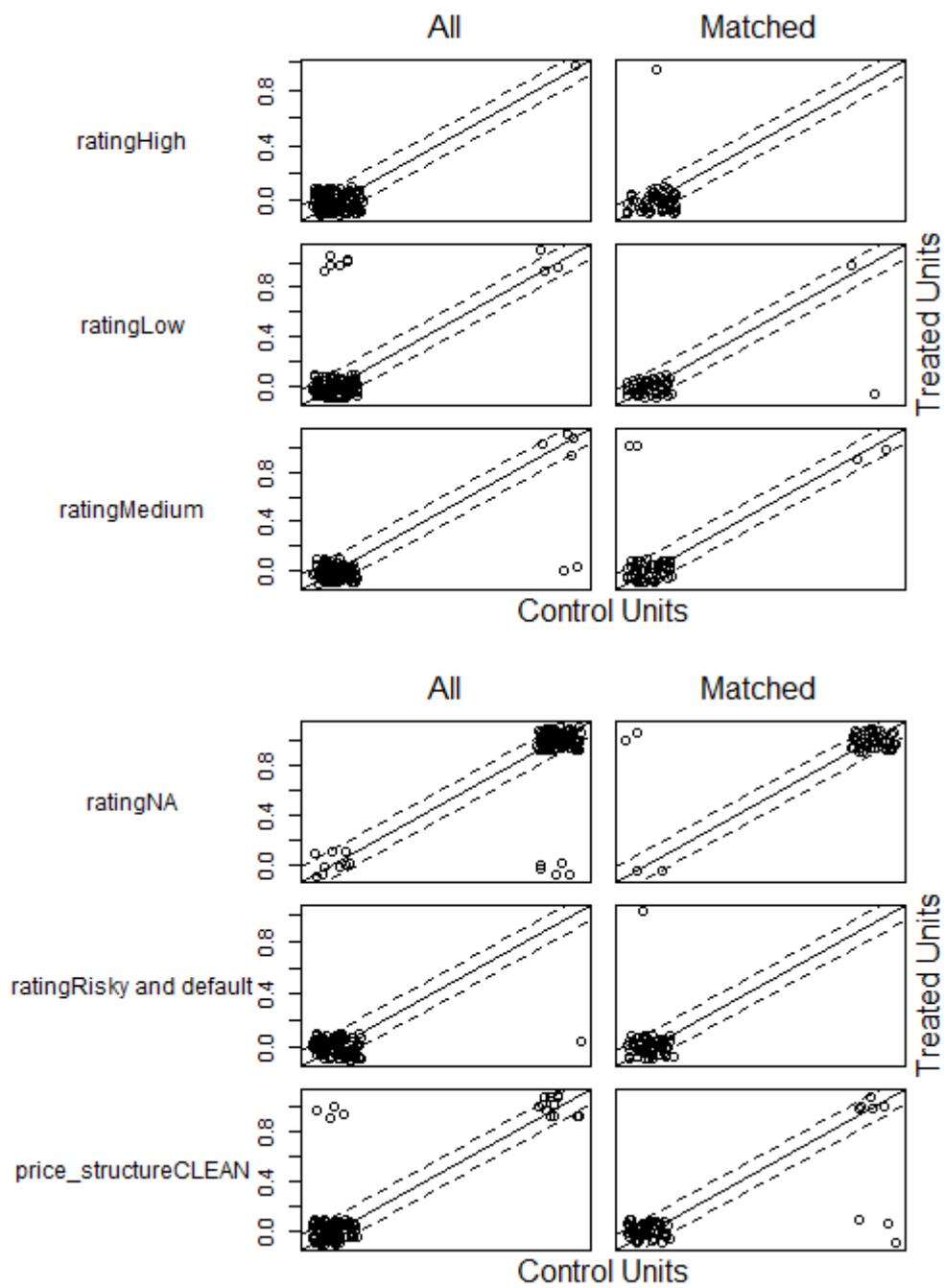
Comparação da distribuição dos *propensity scores* entre amostra pareada e não pareada e entre grupo de controle e grupo de

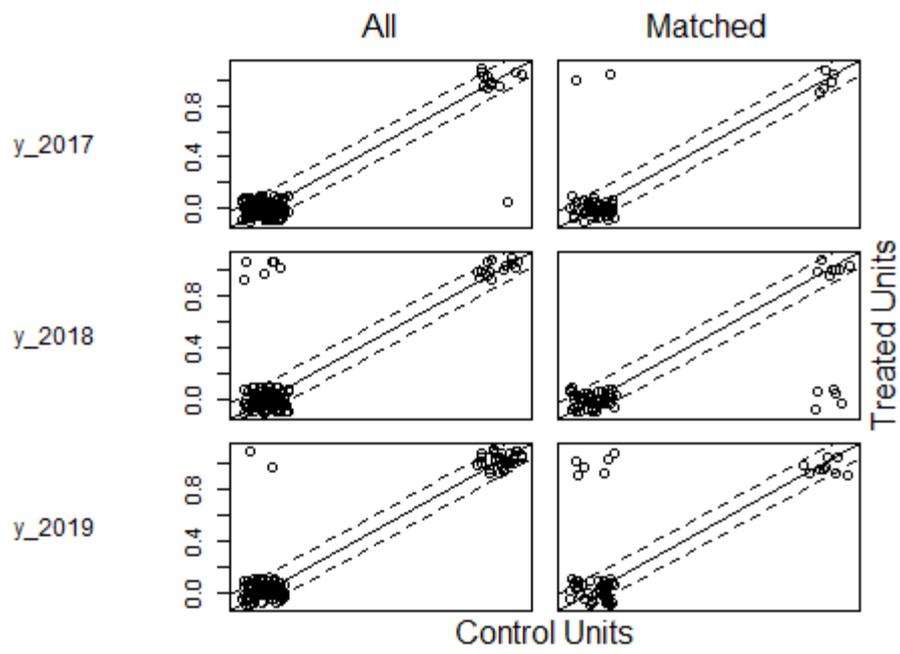
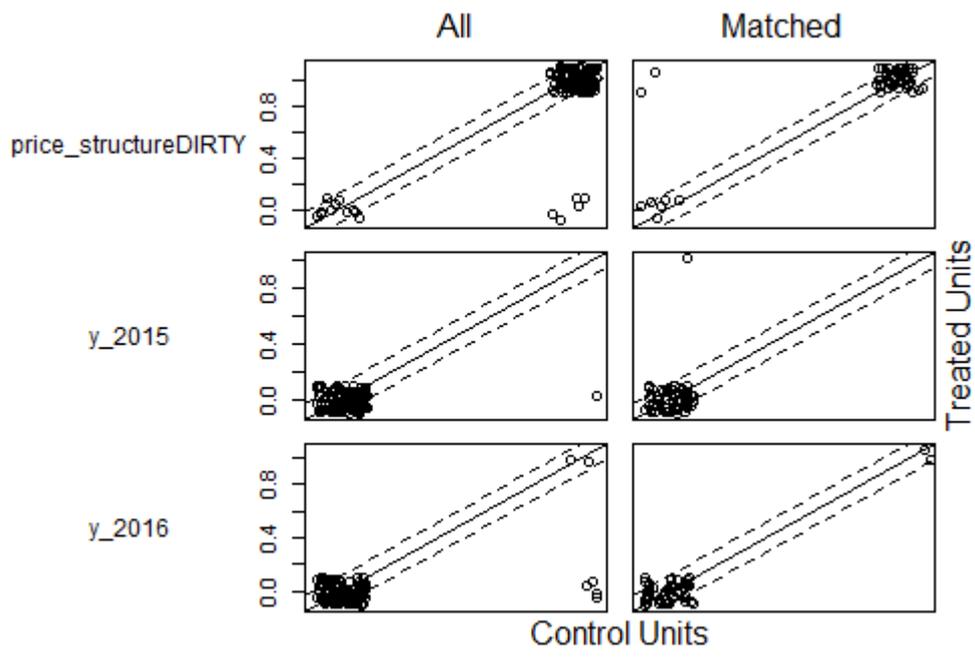
tratamento. As observações descartadas do grupo de tratamento estão no extremo mais próximo ao 1, enquanto as observações descartadas do grupo de controle estão majoritariamente no extremo oposto.

Gráfico 6 - Resultado por variável do pareamento PSM ( $r=1$ )









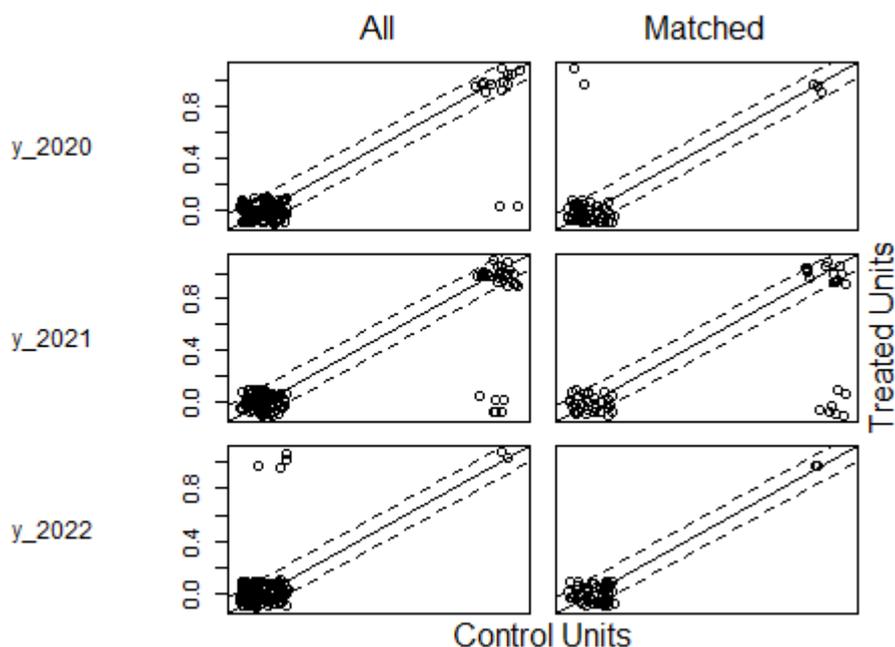
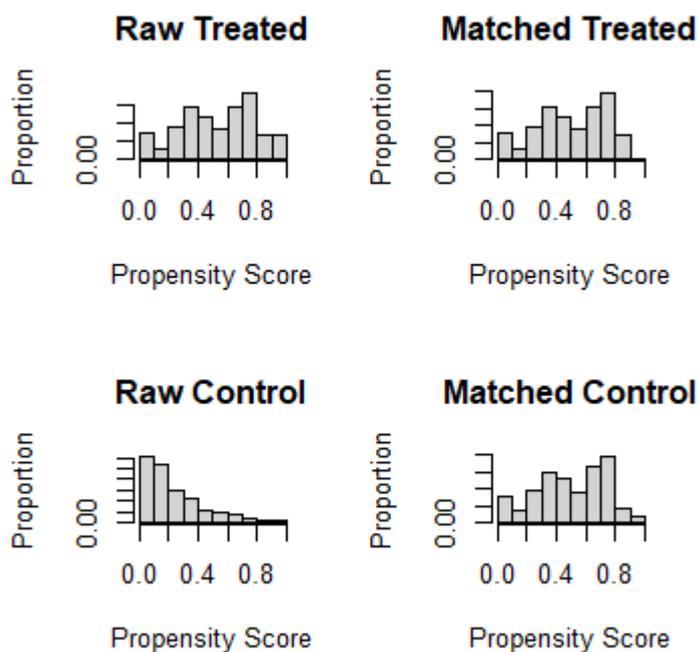


Gráfico 7 – Histograma do pareamento via PSM ( $r=2$ )

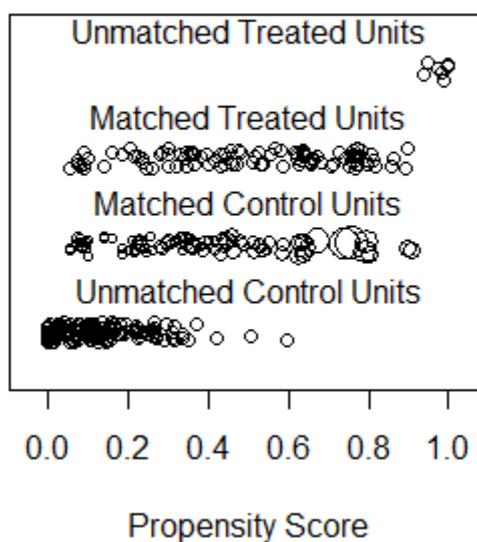


A coluna esquerda apresenta a distribuição do *propensity score* da amostra original de observações com tratamento (títulos verdes) e de controle (títulos convencionais), enquanto a coluna da direita apresenta a distribuição do *propensity score* dos dois grupos após o pareamento via PSM ( $r=2$ ). Percebe-se que o resultado após o pareamento é mais similar do que o original, apresentando sobreposição relevante. Isto

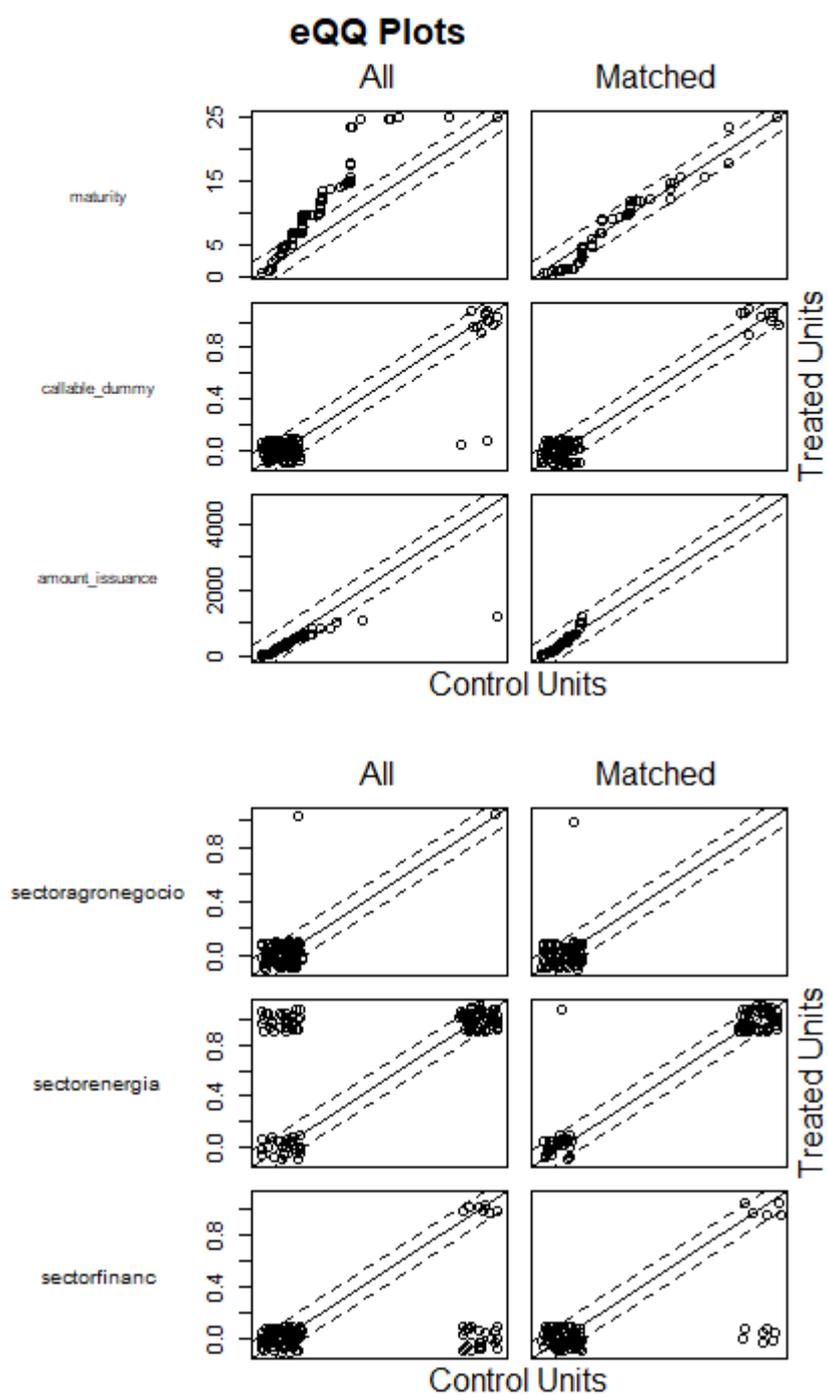
indica que o pareamento através do método PSM ( $r=2$ ) foi bem sucedido.

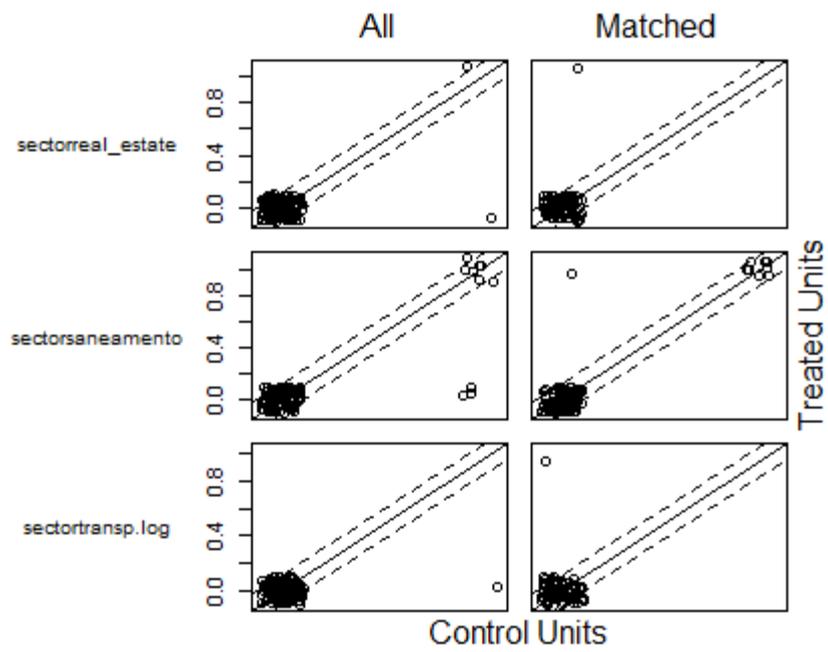
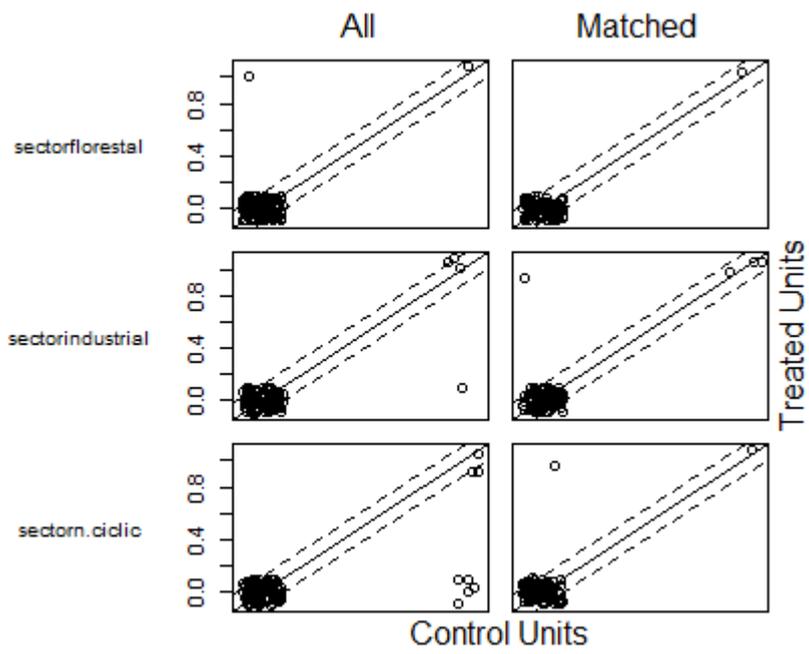
Gráfico 8 - Distribuição dos propensity scores para PSM ( $r=2$ )

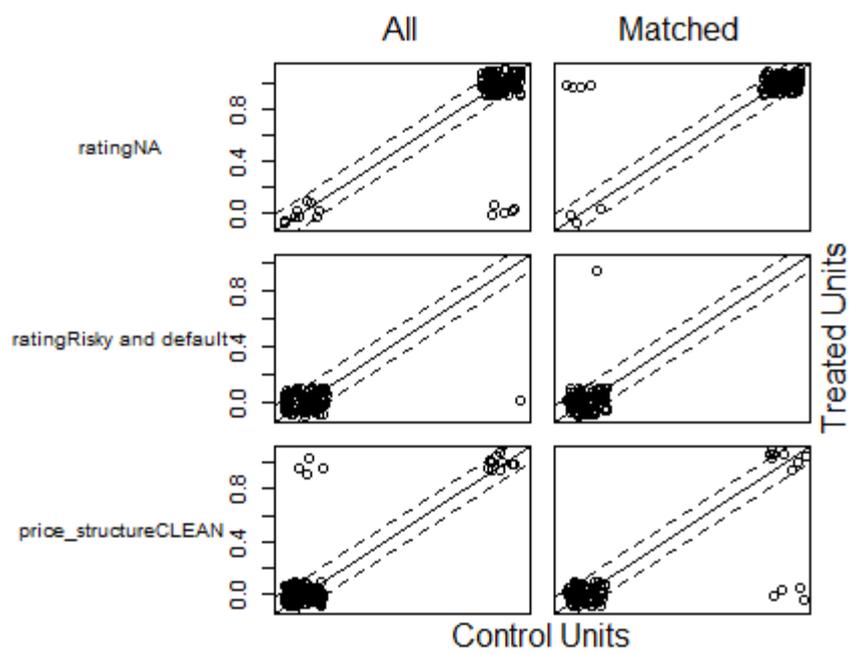
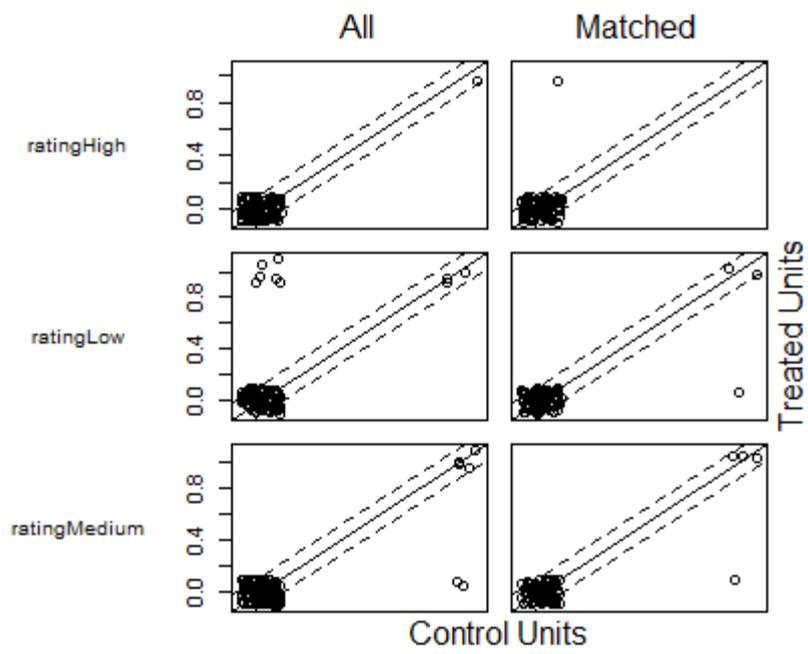
### Distribution of Propensity Scores

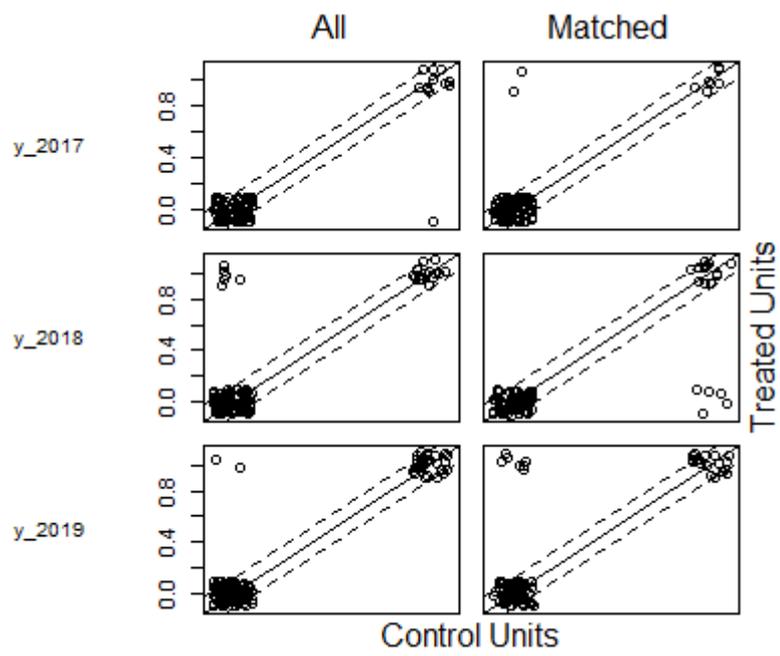
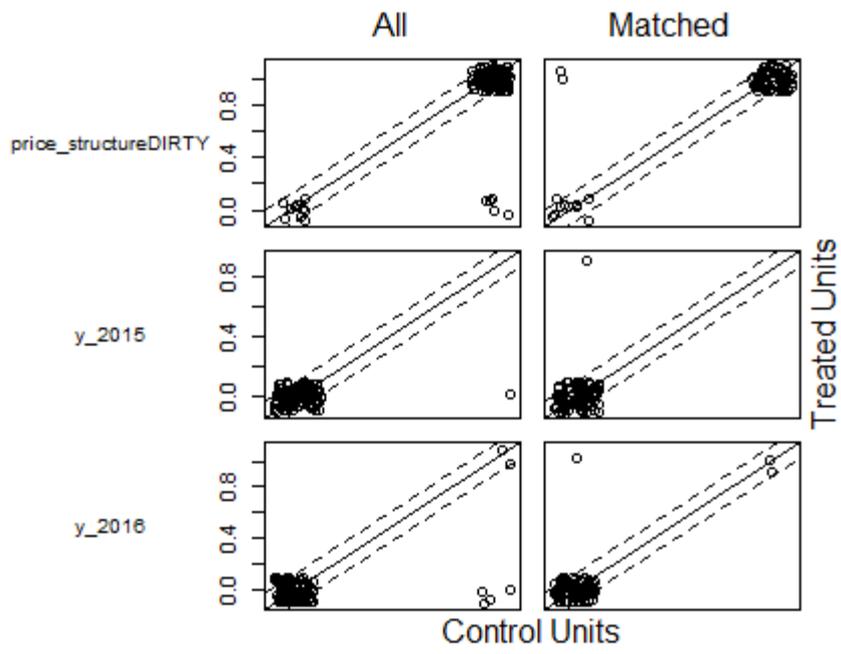


Comparação da distribuição dos *propensity scores* entre amostra pareada e não pareada e entre grupo de controle e grupo de tratamento. As observações descartadas do grupo de tratamento estão no extremo mais próximo ao 1, enquanto as observações descartadas do grupo de controle estão no extremo oposto, indicando um bom aproveitamento das observações disponíveis na área de apoio comum.

Gráfico 9 - Resultado do pareamento via PSM ( $r=2$ ) por variável







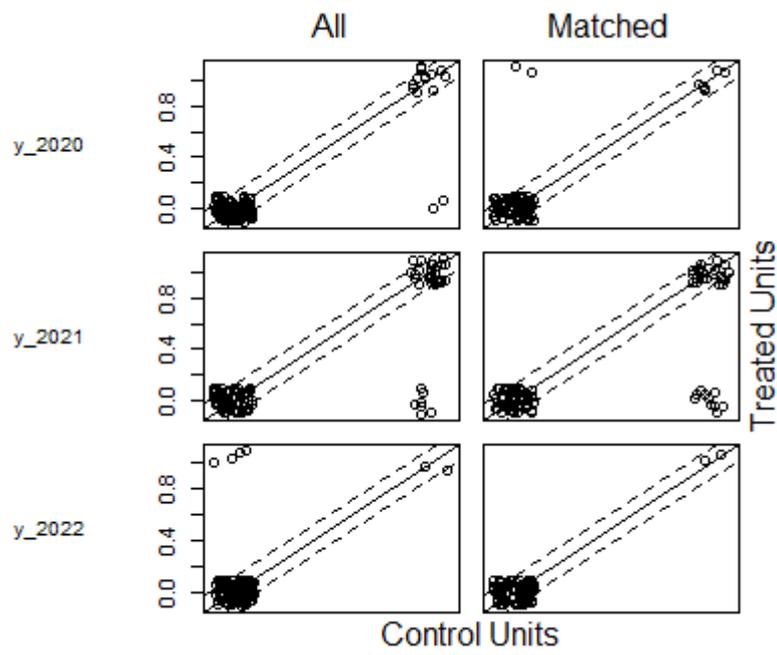
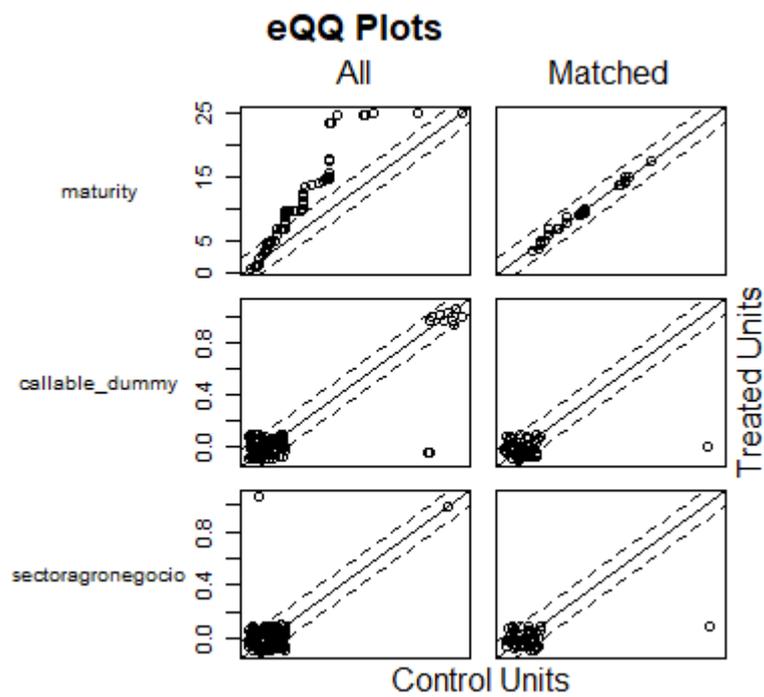
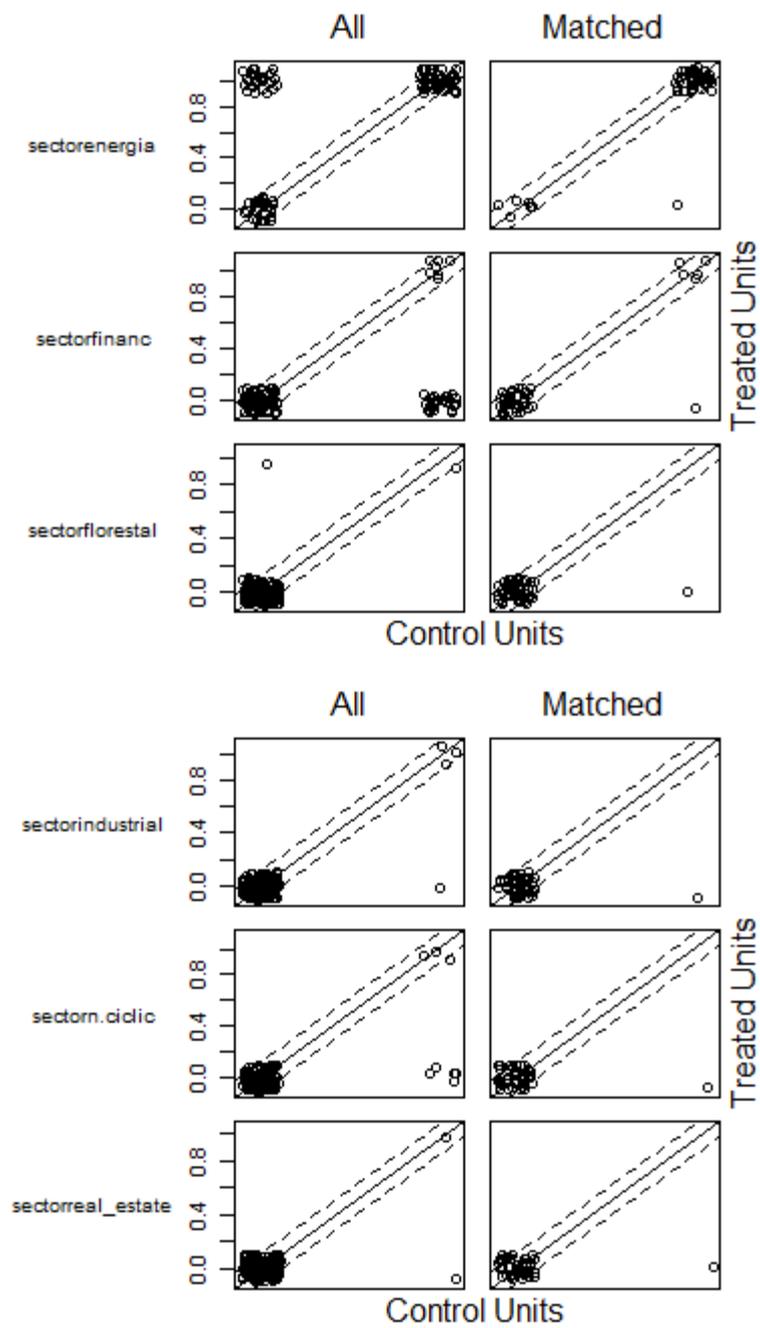


Gráfico 10 - Resultado do pareamento via CEM por variável





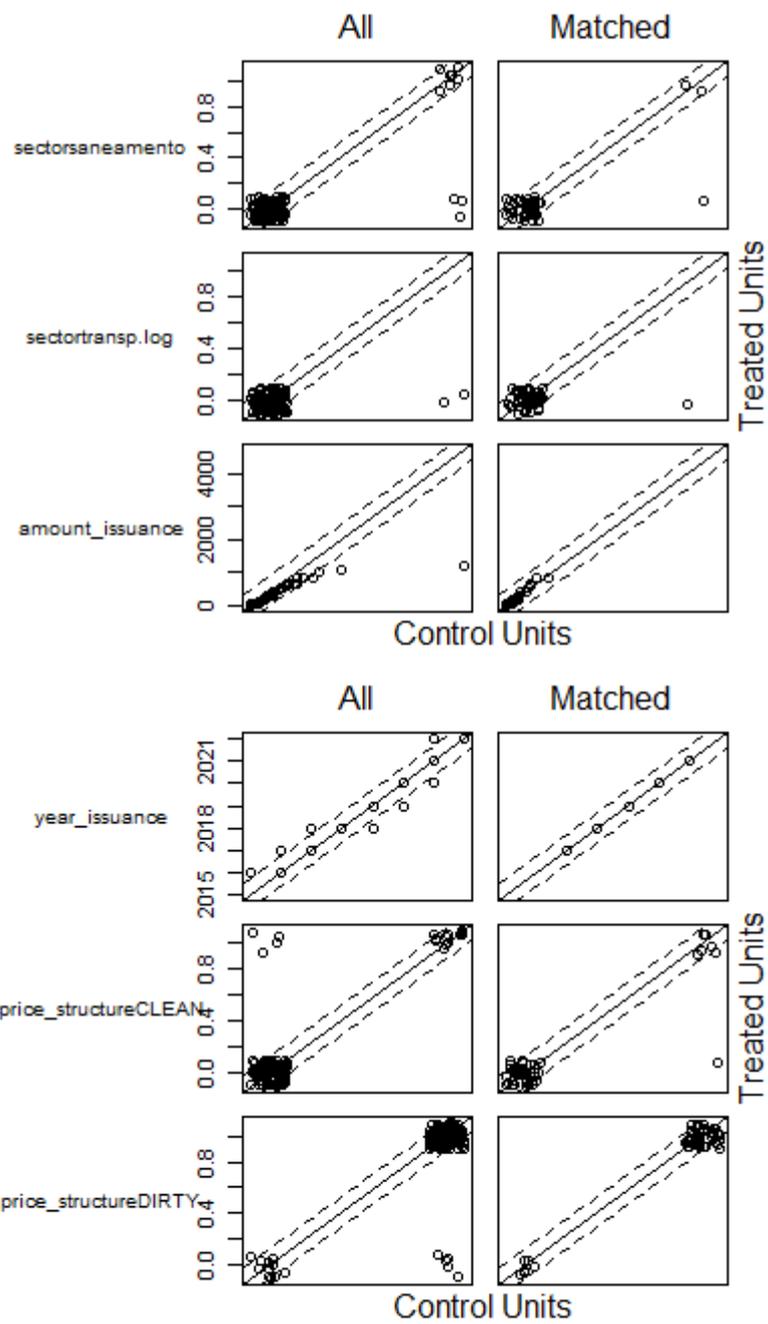


Gráfico 11 – Resultado do pareamento via CEM k2k por variável

