

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

GUILHERME ALVES DE FREITAS

**RECICLAGEM DE PET NO BRASIL:
CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÃO DA RECICLAGEM PARA 2030**

São José dos Campos

2021

GUILHERME ALVES DE FREITAS

RECICLAGEM DE PET NO BRASIL:

CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÃO DA RECICLAGEM PARA 2030

Trabalho de Conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais.

Orientador: Prof^a. Dra. Juliana Garcia Cespedes

Coorientador: Prof^a. Dra. Marina Oliveira de Souza
Dias

São José dos Campos

2021

GUILHERME ALVES DE FREITAS

RECICLAGEM DE PET NO BRASIL:

CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÃO DA RECICLAGEM PARA 2030

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Universidade Federal de São Paulo como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Engenharia de Materiais.

BRANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dra. Juliana Garcia Cespedes

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Orientadora

Prof^a. Dra. Marina Oliveira de Souza Dias

Instituição UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Coorientadora

Prof^a. Dra. Sâmia Regina Garcia Calheiros

Instituição UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO PAULO

Na qualidade de titular dos direitos autorais, em consonância com a Lei de direitos autorais nº 9610/98, autorizo a publicação livre e gratuita desse trabalho no Repositório Institucional da UNIFESP ou em outro meio eletrônico da instituição, sem qualquer ressarcimento dos direitos autorais para leitura, impressão e/ou download em meio eletrônico para fins de divulgação intelectual, desde que citada a fonte.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca da UNIFESP São José dos Campos com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

Freitas, Guilherme Alves de
RECICLAGEM DE PET NO BRASIL:
CENÁRIO ATUAL E PROJEÇÃO DA RECICLAGEM PARA 2030
Guilherme Alves de Freitas. - 2021
37 f.

Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciência e Tecnologia, 2021.

Orientador: Prof^a. A Dra. Juliana Garcia Cespedes

PROJECTION OF PET RECYCLING IN BRAZIL IN 2030

1. Reciclagem de PET no Brasil 2. Reciclagem de Plásticos no Brasil 3. Projeção de PET reciclado. I. Garcia Cespedes, Juliana II. Trabalho de conclusão de curso de Engenharia de Materiais – Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciência e Tecnologia. III. PROJEÇÃO DA RECICLAGEM DE PET NO BRASIL EM 2030

Agradecimentos

Agradeço aos meus familiares, principalmente a Simone Alves da Silva e ao João Paulo Ferreira de Freitas que sempre investiram na minha educação, ao Rafael Kanopp e a Angelica de Souza, que me apoiaram em todos os momentos durante a construção deste trabalho, a minha orientadora Juliana Garcia Cespedes, coorientadora Marina Oliveira de Souza Dias e aos meus amigos.

RESUMO

O presente trabalho busca avaliar o cenário brasileiro de reciclagem de embalagens plásticas com foco nas embalagens PET. Além de contextualizar o tema, foi realizado também um estudo quantitativo usando o coeficiente de correlação linear de Pearson para identificar o impacto que algumas ações têm sobre a quantidade de PET reciclado no Brasil. As principais variáveis avaliadas no trabalho foram: a cobertura da coleta de resíduos sólidos urbanos, a cobertura da coleta seletiva nos municípios brasileiros e o desempenho econômico do país. Apesar das variáveis terem apresentado uma magnitude de correlação “moderada”, foi identificada uma série de ações que envolvem tanto o poder público quanto a sociedade civil e a iniciativa privada que podem aumentar a quantidade de material plástico reciclado no país. Com o aumento da população e a intensificação dos hábitos de consumo, esse trabalho focou também na construção da projeção da porcentagem de PET reciclado em 2030, para isso foi utilizado um método de previsão com suavização exponencial simples, visando também destacar ações que podem fortalecer um aumento de 16,5% até 2030 da quantidade de PET que é reciclado atualmente.

Palavras-chaves: Reciclagem de Plásticos, Reciclagem de PET, Correção de Pearson, Projeção de Reciclagem.

ABSTRACT

The present work seeks to evaluate the Brazilian scenario of plastic packaging recycling with a focus on PET packaging. In addition to contextualizing the theme, a quantitative study was also carried out using Pearson's linear correlation coefficient to identify the impact that some actions have on the amount of recycled PET in Brazil. The main variables evaluated in the study were: the coverage of urban solid waste collection, the coverage of selective collection in Brazilian municipalities and the country's economic performance. Although the variables showed a “moderate” magnitude of correlation, a series of actions involving civil society and private initiative were identified that could increase the amount of recycled plastic material in the country. With the increase in population and the intensification of consumption habits, this work also focused on the construction of the projection of the percentage of recycled PET in 2030. For this, a forecast method with simple exponential smoothing was used, also aiming to highlight actions that can strengthen of 16.5% increase by 2030 in the amount of PET that is currently recycled.

Keywords: Plastics Recycling, PET Recycling, Pearson Correction, Recycling Projection

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Censo da Reciclagem do PET no Brasil.....	20
Figura 2 - Aplicações para o PET Reciclado.....	21
Figura 3 - Porcentagem de PET Reciclado no Brasil de 2014 até 2019.....	27
Figura 4 - Número de empresas recicladoras de material plástico no Brasil.....	28
Figura 5 - Projeção para reciclagem de PET no Brasil de 2020 até 2030.....	32

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Porcentagem de PET reciclado.....	26
Tabela 2: Porcentagem de PET reciclado x PIB.....	28
Tabela 3: Porcentagem de PET reciclado x Cobertura de coleta no Brasil.....	29
Tabela 4: Porcentagem de PET reciclado x Porcentagem de Municípios com Iniciativas de Coleta Seletiva no Brasil.....	30

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIPET	Associação Brasileira da Indústria do PET
ABIPLAST	Associação Brasileira da Indústria do Plástico ABIPLAST
ABRELPE	Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais
ASTM	Sociedade Americana de Ensaios de Materiais
CEMPRE	Compromisso empresarial para reciclagem
CONAR	Conselho Nacional Autorregulamentação Publicitária
IBAMA	O Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ONU	Organização das Nações Unidas
PET	Politereftalato de etileno
PEV	Posto de Entrega Voluntária
PIB	Produto Interno Bruto (PIB)
PROCON	Programa de Proteção e Defesa do Consumidor
RSU	Resíduos sólidos urbanos
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento.

LISTA DE SÍMBOLOS

x	Valores da primeira variável
y	Valores da segunda variável
\bar{x}	Médias das amostras para primeira variável
\bar{y}	Médias das amostras para segunda variável
r	Coefficiente de correlação de Pearson
α	Parâmetro de suavização
t	Tempo
Y_t	Observação no tempo (t) de uma série temporal

SUMÁRIO

1. Introdução.....	13
2. Objetivos e Justificativas.....	14
3. Revisão de Literatura.....	15
3.1 Embalagens Plásticas.....	15
3.2 Embalagem Plásticas Recicladas.....	16
3.3 Dados Gerais de Reciclagem de Plásticos e do PET.....	19
3.4 Desafios Relacionados à Reciclagem.....	21
3.5 Comportamento do Consumidor.....	23
4. Material e Métodos.....	24
4.1. Base de dados	24
4.2 Tratamento dos dados.....	24
5. Resultados e Discussões.....	26
6. Conclusão.....	33
7. Referências.....	34

1. Introdução

A geração dos resíduos sólidos urbanos (RSU) é um problema que vem se intensificando progressivamente em todo território brasileiro. Segundo um estudo realizado pela Associação Brasileira das Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (Abrelpe), houve um aumento de 19% na geração de RSU em menos de uma década (2010 - 2019), sendo que só no ano de 2019 foram geradas aproximadamente 79 milhões de toneladas de RSU [1].

Além da grande quantidade de RSU gerados, o Brasil possui grandes desafios relacionados ao gerenciamento e à gestão desses resíduos; sendo o conceito de gestão relacionado à definição de decisões, ações e procedimentos adotados em um nível estratégico, enquanto o termo gerenciamento destina-se para uma visão operacional do sistema de limpeza urbana [2]. Apesar de existir uma lei que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305/10), verifica-se que ainda há um grande desafio tanto na gestão como no gerenciamento dos resíduos, pois apesar da cobertura de coleta ter crescido em todas as regiões do país, passando de 88% em 2010 para 92% em 2019, grande parte do que é coletado ainda é descartado de maneira indevida [1].

Conforme o Art. 9º da Lei nº 12.305/10 “Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos” [3]. Através da ordem de prioridade instituída por esse artigo, fica claro que sociedade civil e a iniciativa privada são diretamente responsáveis também na solução desse problema.

Como indicam De Toni, Mattia, Larentis e Silva (2012, p. 3) “o ato de consumir é algo individual e coletivo, e está envolto por um conjunto de significados e valores sociais” [4]. O conceito de consumo tem sido ressignificado não apenas no Brasil, mas no mundo inteiro para tentar reverter esse quadro. Isso ocorreu devido a uma série de movimentos pró meio ambiente, que buscavam conciliar as diretrizes ambientais, sociais e econômicas [5].

Surge nesse contexto, o conceito de consumo sustentável, que segundo a definição dada pela Comissão de Desenvolvimento Sustentável da ONU (1995, p.1):

“É o uso de serviços e produtos que respondem às necessidades básicas de toda a população e trazem a melhoria na qualidade de vida, ao mesmo tempo em que reduzem o uso dos recursos naturais e de materiais tóxicos, a produção de lixo e

as emissões de poluição em todo o ciclo de vida, sem comprometer as necessidades das futuras gerações”.

Essa movimentação, mesmo que ainda recente, também começou a ocorrer no setor privado. Muitas empresas passaram a utilizar práticas sustentáveis como ferramenta estratégica para obter redução de custos, atender com vantagem competitiva às necessidades do mercado consumidor e ainda conciliá-las com as novas legislações [6].

Um exemplo dessas iniciativas são os produtos que possuem embalagens produzidas com matéria prima reciclada em sua composição, que além de minimizar a quantidade de resíduos sólidos urbanos, são geradores de renda e emprego [7].

Dentro desse cenário, os materiais plásticos assumem uma posição estratégica para essas iniciativas que buscam reduzir o consumo de resinas virgens através da utilização de matéria prima reciclada. Segundo um estudo realizado pela Associação Nacional de Catadores e Catadoras de Materiais Recicláveis (ABRELPE 2019), o material plástico apresentou o segundo maior volume de material coletado no Brasil em 2018 e 2019 dentro das cooperativas e associações de catadores [1]. Entre os tipos de materiais plásticos coletados para a reciclagem, o PET (politereftalato de etileno) assume a liderança com o maior volume de coleta, apresentando também uma grande versatilidade de aplicação para o material reciclado em diversas indústrias além da embalagem [8].

Diante desse contexto, este trabalho de conclusão de curso visa apresentar uma perspectiva do cenário para o futuro da reciclagem do PET no Brasil, buscando entender quais são as variáveis que podem impactar positivamente a questão da reciclagem do PET no país. Além de buscar correlações entre variáveis, o estudo focou também na construção de uma estimativa da porcentagem de PET reciclado até 2030, focando em ações que possam fortalecer ainda mais a sua prática.

2. Objetivos e Justificativas

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o cenário brasileiro de reciclagem de embalagens plásticas com foco no PET. Além de contextualizar, visa estabelecer análises de correlação para entender o impacto de variáveis como: a cobertura da coleta de RSU, cobertura da coleta seletiva e o desempenho econômico podem influenciar na porcentagem de reciclagem do PET.

O estudo visa construir também uma projeção da porcentagem da reciclagem de material PET no Brasil em 2030, identificando ações que possam fortalecer ainda mais esse cenário através da participação da sociedade civil, iniciativa privada e poder público.

3. Revisão da Literatura

3.1. Embalagens Plásticas

O papel da embalagem apresentou um importante destaque na evolução da sociedade com o desenvolvimento do comércio e das cidades, desempenhando a princípio a função de embalar os alimentos e posteriormente facilitando no processo de transporte deles [9]. No século XVIII com a Revolução Industrial e conseqüentemente com o crescimento da produção e da oferta de produtos, diferentes tipos de materiais começaram a ser usados para a produção em massa de embalagens para atender às necessidades de acondicionamento e transporte em grande escala [10].

Com o passar dos anos foram agregadas novas funções para as embalagens, como por exemplo: transmitir informações ao consumidor, se destacar no ponto de venda, despertar o desejo de compra, dar suporte para as ações promocionais, divulgar a marca de maneira eficiente, manter a higiene e limpeza, facilitar o manuseio, gerar credibilidade e ainda acrescer um novo valor ao produto [9,11]. Com todas essas características, as embalagens poliméricas ganham um importante espaço no mercado de embalagens [12], pois possuem vantagens como leveza, baixo custo, alta estabilidade mecânica e química, flexibilidade, possibilidade de adição de aditivos e reciclabilidade [9].

Dentro da classe de embalagens plásticas, o PET (politereftalato de etileno), é um tipo de embalagem que ganhou grande destaque nesse mercado, principalmente na aplicação de garrafas de bebidas. Devido às propriedades da garrafa PET como peso reduzido, facilidade de conformação, versatilidade de design e cores, a indústria de refrigerante não apresentou resistência em substituir grande parte das embalagens de vidro pelas embalagens PET [13].

Apesar das facilidades envolvidas na utilização de plásticos para a fabricação de embalagem, esses materiais apresentam uma vida útil muito reduzida, tendo assim uma grande contribuição para o aumento dos resíduos sólidos urbanos. Segundo o estudo da Associação Brasileira da Indústria do Plástico, aproximadamente 36% do plástico consumido em 2017 apresentava um ciclo de vida com duração de até 1 ano [14]. Os materiais que apresentam esse curto ciclo de vida geralmente são destinados à fabricação de embalagem e o seu tempo de vida

entre a obtenção do artefato, disponibilização no mercado, utilização e seu descarte no lixo pode ser até de dias, sendo que em compensação, o tempo de decomposição de uma garrafa PET, segundo Ibama, pode ser de 200 a 600 anos, podendo variar o tempo conforme as condições ambientais [15,16].

Diante desse cenário, tem surgido um grande interesse mundial no desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que viabilizem a redução do impacto ambiental e que ainda movimentem a economia. No Brasil a reciclagem tem se manifestado como uma boa solução para esse problema; apresentando um grande potencial de crescimento associado a benefícios ambientais, sociais e econômicos.

3.2. Embalagens Plásticas Recicladas

O processo de reciclagem é caracterizado pela transformação de materiais, mas para que essa operação ocorra é necessário que os seus componentes sejam previamente separados de forma a viabilizar a sua recuperação. Esses materiais podem vir de duas fontes: resíduos gerados por processos industriais ou produtos pós-consumo. A recuperação de resíduos é feita por meio de uma série de tratamentos que possibilitem que materiais já processados sejam utilizados como matéria-prima no processo gerador ou em outros processos [17].

Por meio da reciclagem, é possível reduzir os impactos causados pelo excesso de resíduos, assim como a crescente necessidade de matérias-primas demandada para atender as exigências de consumo da população [18]. Neste processo é possível obter também benefícios econômicos como a redução dos gastos públicos com o tratamento de resíduos nas áreas de deposição e na redução do consumo de água e energia na produção. Do ponto de vista social, a reciclagem fomenta a geração de novos empregos e proporciona a inclusão social de cidadãos menos qualificados na massa trabalhadora da sociedade ativa [19].

Segundo um estudo realizado pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) sobre o perfil da indústria do plástico no Brasil no ano de 2019, foi verificado um faturamento de 2,4 bilhões de reais pelo setor de reciclagem de material plástico, contando com mais de 1000 empresas distribuídas no Brasil (com maior concentração no Sul e Sudeste) e mais de 10 mil empregos formais registrados [14].

Com o objetivo de uniformizar o conceito sobre as categorias de reciclagem de plástico, a Sociedade Americana de Ensaios de Materiais (ASTM) estabeleceu uma divisão de quatro categorias dos tipos de reciclagem: primária, secundária, terciária e quaternária [21].

Reciclagem primária é aquela na qual a matéria-prima utilizada é obtida através de uma fonte absolutamente segura e limpa, como por exemplo, os resíduos adquiridos na indústria de plástico. O processo utilizado normalmente abrange a seleção dos resíduos, etapa de moagem (onde o material atinge o formato de floco), lavagem, secagem e processamento em equipamentos como extrusoras e injetoras. O resultado obtido nessa etapa é o material reciclado com propriedades semelhantes à resina virgem [21].

A reciclagem secundária é realizada com matéria prima originada de resíduos sólidos urbanos. Este processo também é fundamentado nas etapas de seleção, moagem, lavagem, secagem e processamento. Mesmo que a matéria prima da reciclagem secundária seja proveniente do setor industrial, por definição, o resultado final é sempre um material reciclado com propriedades finais inferiores à resina virgem [21].

Na reciclagem terciária o processo utilizado para o plástico ser reciclado é baseado na despolimerização, isto significa que a nível químico ocorre a decomposição química controlada do material, obtendo como produtos os oligômeros, monômeros e substâncias de baixa massa molar, que futuramente poderão ser usados em novos processos de polimerização, processamento, industrialização e conseqüentemente utilização [21].

Já para a reciclagem quaternária o processo empregado para o plástico ser reciclado é baseado na sua combustão e tem como objetivo o aproveitamento do seu conteúdo energético. O principal produto desse tipo de reciclagem é a energia, porém há também a emissão de gases como dióxido de carbono quando ocorre a combustão completa [21].

De acordo com a ASTM [17], devido à necessidade de mencionar o processo de reciclagem que o plástico vai passar, difundiu-se outra classificação, que desdobra a reciclagem do plástico em reciclagem mecânica, química e energética:

A reciclagem mecânica ocorre quando o material plástico transita pelas etapas de seleção, moagem, lavagem, secagem, aglutinação e processamento, dando origem ao grânulo ou uma peça plástica reciclada. Dentro dessa classificação pode ocorrer também a aditivação do polímero buscando o aprimoramento das suas propriedades finais. Fatores como qualidade de cada etapa do processo e da própria matéria prima vão definir se as propriedades do reciclado vão apresentar equivalência às da resina virgem [17].

Na reciclagem química o material plástico passa pelo processo de despolimerização para obter a destruição da sua estrutura polimérica, incluindo a cadeia principal. A série de possíveis produtos que podem ser gerados é a mesma da reciclagem terciária [17].

Na reciclagem energética o material plástico passa pelo processo de combustão. Os produtos finais obtidos também são os mesmos que os da reciclagem quaternária. O material plástico não deixa de ser despolimerizado nesse processo, no entanto, não há controle dos produtos que possam ser produzidos a partir dessa despolimerização, apenas da energia desprendida do processo [17].

Na tentativa de aproveitar, enquanto possível, as qualidades e as propriedades inerentes de cada material, na obra “Resíduos plásticos e Reciclagem: Aspectos Gerais e Tecnologia” [21], é sugerida uma hierarquia para promover a reciclagem dos plásticos de uma forma mais sustentável.

A primeira alternativa sugerida seria a reciclagem mecânica, com o polímero puro ou restabelecido, sem misturá-lo com outros tipos de materiais, aditivos ou cargas para sua modificação. No segundo nível hierárquico, ainda utilizando a reciclagem mecânica, acontece o reprocessamento de dois polímeros juntos, formando uma blenda (caso indicado quando há uma dificuldade de separação dos tipos de plásticos entre si, como no caso dos resíduos pós-consumo e quando há a presença expressiva de dois tipos de plásticos) [21].

Seguindo ainda uma ordem de sustentabilidade para a reciclagem mecânica de plástico, seria realizada uma mistura de diferentes tipos de plásticos, primeiramente sem agentes para compatibilização e posteriormente com adição de compatibilizantes para resultar em produtos com qualidade superior. Esgotadas as chances de realização da reciclagem mecânica, seria recomendada a reciclagem química, promovendo a despolimerização dos plásticos; como última alternativa de reciclagem, seria a queima, mesmo que com aproveitamento da energia ocorra eliminação do material [21].

A reciclagem mecânica é a mais utilizada por não necessitar de muita tecnologia para sua implantação, é aplicada majoritariamente na reciclagem de polímeros termoplásticos, porém dependendo de sua composição também pode ser utilizada para borracha. Atualmente, do ponto de vista econômico e ambiental, a reciclagem mecânica é a opção mais promissora [17].

As maiorias das empresas brasileiras também utilizam em seus processos a reciclagem mecânica, isso ocorre devido a fatores como o preço da mão-de-obra, investimento relativamente

baixo para a instalação da planta de reciclagem, disponibilidade de matéria-prima, mercado crescente para a venda de polímeros reciclados, entre outros [22].

O processo de reciclagem mecânica no Brasil continua apresentando um crescimento em volume e um aumento da diversidade dos produtos. Isso acontece, em parte, por causa do aumento do preço da resina virgem e da qualidade da resina reciclada devido ao aumento do nível de profissionalismo do setor. Além do mais, estão sendo produzidos diversos estudos com objetivo de aperfeiçoar o desenvolvimento de processos que tornem as propriedades da resina reciclada similares às da resina virgem, o que proporciona conseqüentemente avanços científicos para a área de reciclagem mecânica [22].

Para o PET essa tendência não é diferente, pois no que tange a reciclagem do PET no Brasil, o principal processo utilizado é o de reciclagem mecânica para embalagens, que além dos benefícios citados acima ainda apresenta uma redução relevante na energia utilizada para a produção da nova matéria prima [23].

3.3. Dados Gerais de Reciclagem de Plásticos e do PET

Baseado em dados de um estudo realizado em 2018 pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) em parceria com a MaxiQuim e a Braskem, estima-se que foram produzidas 3,4 milhões de toneladas de resíduos plásticos pós-consumo, sendo 991 mil toneladas destinadas à coleta seletiva, cooperativas, centrais de triagem e / ou sucateiros. Dessa parcela, 234 mil toneladas ainda foram perdidas no processo de reciclagem (devido à contaminação, triagem desqualificada etc.) e eventualmente destinadas para aterros. Portanto, a quantidade total de resíduos plásticos pós-consumo reciclados mecanicamente em 2018 foi de 757 mil toneladas. A maioria do material plástico reciclado teve como origem o uso doméstico (54,3%); sendo que a porcentagem remanescente pode ser dividida entre pós-consumo não doméstico (17,3%) e resíduo pós-industrial (28,4%) [24].

Segundo o 11º Censo da Reciclagem de PET no Brasil, realizado pela Associação Brasileira da Indústria do PET (ABIPET), a reciclagem do PET apresentou uma participação expressiva de 278 mil toneladas dentro dos materiais plásticos reciclados. Para realização do estudo a ABIPET entrevistou 160 empresas, sendo que uma parcela de 22% pertence a recicladoras; 70% a aplicadoras (empresas caracterizadas por comprar e usar PET reciclado em seus produtos) e 8% que fazem a reciclagem e aplicam o material na fabricação de itens que retornam ao mercado [24, 25].

A reciclagem de embalagens PET vem crescendo ao longo dos anos no Brasil, em 1998 o país apresentou a modesta marca de 13 mil toneladas de material reciclado, tendo um expressivo aumento para 311 mil toneladas em 2019. A Figura 1 mostra como a reciclagem do PET tem sido crescente ao longo dos últimos anos [26].

Figura 1 – Censo da Reciclagem do PET no Brasil.

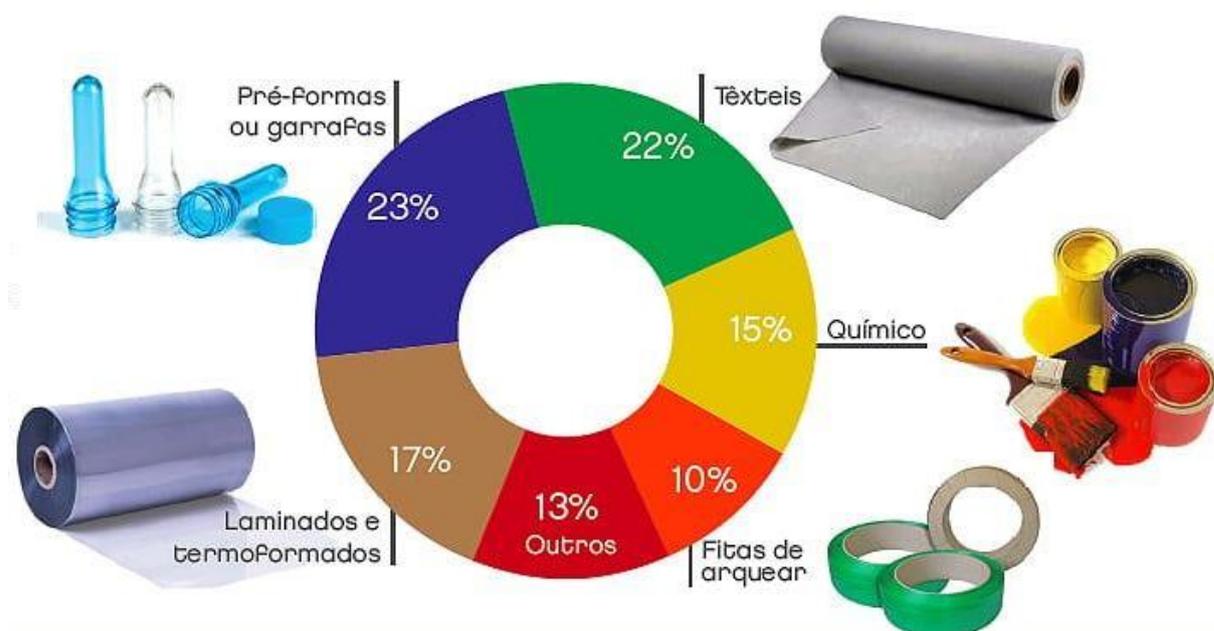


Fonte: 11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 1

Ainda baseado no censo realizado pela ABIPET em 2019, foi apurado que devido às limitações do sistema de coleta, o índice médio de ociosidade das empresas que trabalham com reciclagem ultrapassava 30%. Como esse investimento que já foi realizado no setor, há perspectivas que a indústria possuirá facilidade em absorver qualquer eventual crescimento da reciclagem [25].

O crescimento de PET reciclado está relacionado também à versatilidade da aplicação do material, como é visto na Figura 2.

Figura 2 – Aplicações para o PET Reciclado.



Fonte: 11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 2.

Os produtores brasileiros de pré-formas e garrafas são os principais compradores e aplicadores de PET reciclado, representando 23% do total, em um processo denominado como “bottle to bottle”. Essa grande relevância se deve essencialmente em consequência do aumento da produção de embalagens em grau alimentício (food grade), que tem apresentado uma notória evolução tecnológica [25].

3.4. Desafios Relacionados à Reciclagem

O fato de o material ser reciclável não é uma garantia de que ele será reciclado. Existe um longo caminho até o processo de transformação da matéria em outro tipo produto.

Se os plásticos não forem separados corretamente, pode ocorrer o comprometimento das propriedades finais do produto reciclado em função das variações físicas e químicas que apresentam entre si. A presença de rótulos, etiquetas e tintas de impressão também podem gerar variações dentro do processo de reciclagem, porém o maior problema é a grande diversidade de materiais plásticos encontrados nos resíduos sólidos urbanos. Estruturas e composições químicas

diferentes produzem incompatibilidade, tornando diferentes plásticos difíceis de misturar; portanto, é necessária uma separação criteriosa [21].

Para minimizar esse problema, é necessário que a coleta seletiva apresente uma boa cobertura em todo o país. A coleta seletiva é a coleta que ocorre de maneira a separar diferentes tipos de resíduos, determinada conforme a sua constituição ou processo de composição. O conceito de coleta seletiva é baseado na separação de resíduos que possuem diferentes características pelos geradores (por exemplo, cidadãos, empresas e outras instituições), além de também serem disponibilizados para a coleta seletiva separadamente [27].

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos, a coleta seletiva deve ser adotada pelos municípios brasileiros para conter os impactos ambientais. Porém, não é apenas a prefeitura que deve seguir essa diretriz para controlar o problema de geração de lixo. Além das instituições públicas municipais, as empresas privadas e cidadãos também devem fazer a sua parte realizando a triagem dos resíduos. A coleta seletiva é uma etapa essencial, pois promove a conversão dos resíduos que vão ser processados por cooperativas de reciclagem [28].

Sob a perspectiva operacional do gerenciamento da coleta seletiva de materiais reciclados, existem três modelos de coletas mais aplicados:

O primeiro modelo é o “porta a porta”; que é o tipo de coleta mais utilizado nos programas de coleta seletiva no Brasil. Esse modelo consiste na separação dos materiais recicláveis feita pelo próprio gerador do resíduo, para posteriormente ser coletado por veículos específicos. Esse sistema traz maior comodidade aos cidadãos, porém exige um maior sistema de infraestrutura tanto na demanda de frota de veículos como recursos humanos para sua realização [29].

O segundo modelo é o de “Coleta Seletiva em Postos de Entrega Voluntária”, em que o próprio gerador tem que se deslocar até um Posto de Entrega Voluntária (PEV) para fazer o depósito dos seus resíduos. Apesar de apresentar um menor custo de operação para o município, ainda exige a manutenção desses espaços e exige uma maior disponibilidade e consciência do cidadão [29].

E a terceira modalidade é a “Coleta Seletiva por Trabalhadores Autônomos” em que a coleta é realizada por trabalhadores (autônomos) ou que apresentam algum vínculo com associações ou cooperativas, podendo ou não ter a atuação do governo municipal no planejamento, com investimentos ou subsídios. Neste modelo os trabalhadores autônomos geralmente recolhem

material reciclável disposto em via pública, proveniente de residências, ou gerados pelo comércio/serviços ou em indústrias, que podem ou não estar previamente segregados. Essa terceira opção pode gerar renda e inclusão, porém apresenta elevado risco de acidentes, pois muitas vezes esses trabalhadores não apresentam os equipamentos adequados para o trabalho [29].

3.5. Comportamento do Consumidor

Diversos estudos sobre os hábitos de consumo indicam que os consumidores afirmam que tem a intenção de comprar de forma sustentável, porém suas práticas cotidianas parecem não refletir suas afirmações. Embora estejam cientes da importância e da necessidade de priorizar a aquisição de produtos ecologicamente corretos, muitos ainda são céticos em relação a seu impacto ou tomam suas decisões em função do preço [30].

Os primeiros modelos para explicar o comportamento pró-ambientais dos consumidores foram desenvolvidos na década de 1970. Esses modelos partiram do pressuposto de que se um indivíduo aprimorar seus conhecimentos ambientais aumentaria consequentemente a sua consciência e desenvolveria um comportamento ecologicamente correto [10]. Porém, foi constatado que não bastava analisar o comportamento do consumidor sob uma única perspectiva, pois só o aumento do conhecimento não acarretou em um aumento significativo do comportamento pró-ambiental. [31].

Ao longo dos anos esse estudo foi se desenvolvendo e foram surgindo novos modelos para explicar as motivações do indivíduo para agir em prol do meio ambiente. Com base em uma revisão realizada sobre esses modelos, foi sugerido pelo menos três conjuntos de fatores que explicam as motivações do indivíduo: os fatores demográficos, fatores externos (econômicos, sociais, culturais e institucionais) e fatores internos (consciência, valores, atitudes, emoção, motivação, conhecimento ambiental, locus de controle, responsabilidades e prioridades de compra) [31].

Nesse contexto, a educação ambiental acaba surgindo como oportunidade para fortalecer esse conjunto de fatores para o enfrentamento da questão ambiental. A educação é imprescindível para a mudança de comportamento do cidadão e consequentemente para a incorporação de escolhas e ações sustentáveis na vida cotidiana. A mudança de hábitos voltada ao consumo consciente é um processo lento, porém ao ser incorporado, o cidadão mesmo sabendo que os riscos ambientais não vão se resolver imediatamente, ainda se sente motivado a praticá-las [32].

4. Material e Métodos

4.1. Base de dados

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizadas informações de diversas fontes de consulta devido à dificuldade de encontrar dados referentes à reciclagem do PET no Brasil. A Associação Brasileira da Indústria de PET (ABIPET) é a principal responsável pela realização dos Censos de Reciclagem de PET no Brasil. A maior parte dos dados utilizados referentes à reciclagem de PET são informações retiradas diretamente dos Censo da ABIPET que foram divulgados a público, porém, algumas dessas informações apresentadas foram encontradas em outros repositórios que referenciavam os próprios estudos da ABIPET, que devido à força de acordo entre associados patrocinadores e o compromisso com os entrevistados que a ABIPET possuía, essas informações não foram disponibilizadas diretamente ao público.

4.2. Tratamento dos dados

Para a realização deste trabalho a ferramenta utilizada para fazer o tratamento de dados, construção de gráficos e tabelas foi o Excel do pacote computacional da Microsoft Office 365.

Com o objetivo de identificar uma possível dependência linear entre as variáveis que foram analisadas no artigo, foi utilizada também a ferramenta computacional Excel para a criação do coeficiente de correlação linear de Pearson (r).

O coeficiente de correlação linear de Pearson é calculado através da fórmula:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\left[\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \right] \left[\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 \right]}}$$

Sendo X os valores da primeira variável e Y os valores da segunda variável, consideramos n medidas de pontos x_i e y_i de i até n, e as médias das amostras para primeira variável (\bar{x}) e para segunda variável (\bar{y}) [36].

O coeficiente linear de Pearson pode variar de -1 a 1. O sinal indica a direção positiva ou negativa do relacionamento, ou seja, se a correlação apresentar um r negativo perfeito entre as duas variáveis, significa dizer que se uma aumenta a outra sempre diminui. Enquanto que se a

correlação perfeita apresentar r positivo subentende-se que se os valores aumentarem em uma variável, os valores da outra variável vão aumentar também [33, 34,35]

O valor de -1 até 1 sugere a força da relação entre as variáveis. Essa intensidade diz respeito ao grau de relacionamento entre duas variáveis. Quanto mais próximo dos extremos do intervalo, (-1 e +1) mais intensa é a correlação e quanto mais próximo do centro do intervalo (0), mas fraca é a correlação linear [34].

Uma correlação com o valor igual a zero indica apenas que não há relação linear entre as variáveis [33]. No entanto, pode existir outro tipo de dependência que seja "não linear". Deste modo, o resultado $r=0$ deve ser investigado de outra maneira [35].

Em aplicações práticas, os valores extremos (-1, 0 ou 1) raramente são encontrados, sendo assim, é importante argumentar como a magnitude dos coeficientes pode ser interpretada. Para esse trabalho foi utilizada a classificação de magnitude feita por Dancey e Reidy, que apontam para seguinte classificação: $r = 0,10$ até $0,3$ (fraco); $r = 0,40$ até $0,6$ (moderado); $r = 0,70$ até 1 (forte) [33].

Para construção da projeção da porcentagem de PET reciclado é importante evidenciar que não foram incluídos dados referentes ao período de pandemia de COVID 19, pois as Associações que tratam do tema de reciclagem de PET no Brasil ainda não divulgaram dados referentes a esse período.

A ferramenta utilizada para construção dessa projeção também foi o Excel do pacote computacional da Microsoft Office 365.

O modelo utilizado para criação da projeção foi o método de previsão com suavização exponencial simples, que é uma das principais classes de modelos usados em previsão de séries temporais. A suavização exponencial simples, apresenta-se como a condição específica mais elementar de suavização exponencial, esse modelo é utilizado quando não existe um padrão perceptível de sazonalidade ou tendência na série [37].

O modelo é dado pela seguinte fórmula:

$$y_{T+1|T} = \alpha y_T + \alpha(1-\alpha)y_{T-1} + \alpha(1-\alpha)^2 y_{T-2} + \dots$$

Onde y_T é a observação no tempo (t) de uma série temporal e α é o parâmetro de suavização. Este modelo de suavização exponencial assume que os pesos das observações

anteriores diminuem exponencialmente à medida que se afastam do ponto que estamos tentando prever [38].

O parâmetro de suavização α deve estar situado no intervalo de $0 \leq \alpha \leq 1$. Para este modelo de suavização, a previsão para o próximo período da série é feita através de uma média ponderada das observações passadas em que os pesos vão decrescer de maneira exponencialmente com uma taxa α [38].

5. Resultados e Discussões

Utilizando as premissas citadas nos Materiais e Métodos, foram levantados os dados referentes ao consumo de PET no Brasil e sobre a quantidade de PET reciclado, como mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Porcentagem de PET reciclado

Ano	PET Reciclado (Mil Toneladas)	Consumo de PET no Brasil (Mil Toneladas)	% PET Consumido Que Foi Reciclado
2014	314	608	52%
2015	274	598	46%
2016	250	605	41%
2017	260	611	43%
2018	278	550	51%
2019	311	570	55%

Fonte: 11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 1 e

Para construção da porcentagem de PET consumido que foi reciclado, foi feita a divisão simples da quantidade de PET reciclado pela quantidade de PET consumido no Brasil. Com base nas informações obtidas, foi construída a Figura 3, que expressa o acompanhamento da porcentagem de reciclagem de PET no Brasil nos últimos 6 anos.

Figura 3 – Porcentagem de PET Reciclado no Brasil de 2014 até 2019.



Fonte: Próprio autor

A Figura 3 apresenta uma certa variação ao longo dos anos, porém, observa-se que há redução da porcentagem de PET reciclado nos anos de 2015 e 2016. Esses anos foram marcados por uma das piores recessões já registradas na história do Brasil segundo os dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), apresentando uma queda do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro por dois anos consecutivos [39].

Em decorrência desse fator foi feita uma investigação com o intuito de entender se existia uma correlação entre a variação do PIB e a porcentagem de PET reciclado. Para esse estudo foi utilizado o coeficiente de correlação Pearson (r). Para construção do índice de correlação foram utilizadas as informações da Tabela 2.

Tabela 2 – Porcentagem de PET reciclado x PIB

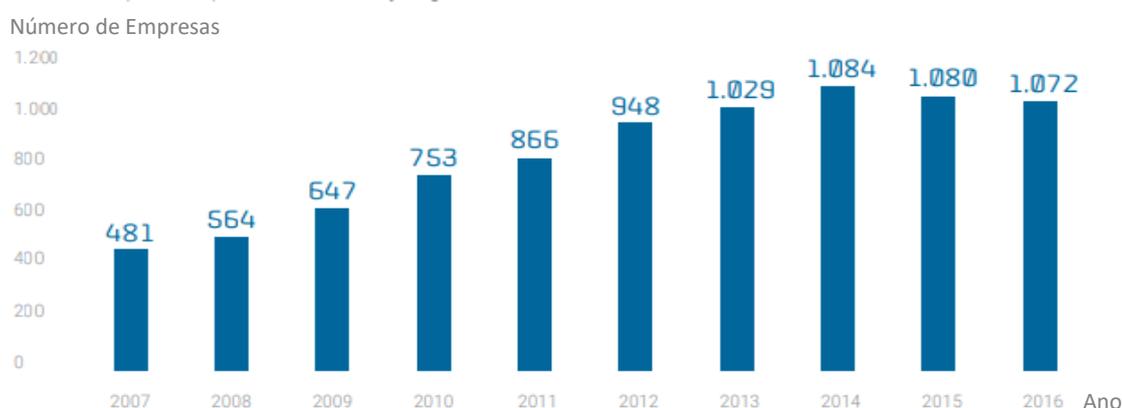
Ano	PIB	Porcentagem de PET Consumido Reciclado
2014	0,50%	52%
2015	-3,55%	46%
2016	-3,31%	41%
2017	1,06%	43%
2018	1,12%	51%
2019	1,14%	55%

Fonte: 11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 1, BBC News Brasil. PIB, 2021.

O índice de Pearson obtido pelo cruzamento das variáveis do Produto Interno Bruto e porcentagem de PET reciclado foi de $r = 0,58$. Dentro da escala estabelecida como referência para este trabalho, a correção das variáveis foi considerada “moderada”.

A correlação dessas variáveis fica mais evidente com os dados mapeados pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) envolvendo as informações da indústria de transformação de plástico durante o período. Com base nos dados levantados pela ABIPLAST como mostra a Figura 4, o Brasil apresentou um aumento da quantidade de empresas recicladoras de material plástico até 2014, e a partir 2015, em que o Brasil apresentou um PIB negativo, refletiu no primeiro ano de decréscimo do número de empresas recicladoras de plástico no país [40].

Figura 4 – Número de empresas recicladoras de material plástico no Brasil.



Fonte: Perfil 2017 Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico. 2017. 28 p.

Com a redução do número de empresas recicladoras de plástico ocorreu também uma redução no número de empregos na indústria de reciclagem de material plástico no Brasil de aproximadamente 4% entre 2014 e 2016 [41].

Outro aspecto analisado foi a correlação entre o aumento da coleta de resíduos sólidos urbanos no Brasil com a porcentagem de PET reciclado. Para a construção do índice de Pearson entre essas variáveis foram utilizadas as informações da Tabela 3.

Tabela 3 – Porcentagem de PET reciclado x Cobertura de coleta no Brasil

Ano	Cobertura de Coleta no Brasil	Porcentagem de PET Consumido Reciclado
2014	90,68%	52%
2015	90,80%	46%
2016	91,01%	41%
2017	91,12%	43%
2018	91,24%	51%
2019	92,01%	55%

11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 1, Panorama dos resíduos sólidos no Brasil (2014 – 2020)

O índice de Pearson entre a cobertura de coleta no Brasil e a porcentagem de PET consumido reciclado foi de $r = 0,51$, o que é considerada uma correlação moderada. O fato de o índice ter apresentado uma correlação moderada pode ser entendido pela maneira de como a coleta de resíduos sólidos urbanos é realizada hoje. Apesar de o Brasil ter uma cobertura de coleta de 92,01% em seu território, isso não quer dizer que esses resíduos que são recolhidos acabam em um destino adequado, pois segundo a Abrelpe, apenas 59,5% destes resíduos seguiram para uma disposição final adequada em aterros sanitários no ano de 2019, sendo que 23% foram destinados em para Aterros controlados e 17,5% ainda foram destinados para Lixões, dificultando assim um dos processos essenciais para aumentar a reciclagem que é separação correta de resíduos. [1].

Para investigar o impacto da separação adequada dos resíduos sólidos urbanos no percentual de reciclagem de PET, foi feito também um levantamento de dados da porcentagem de municípios no Brasil que apresentaram iniciativas de coleta seletiva. Nesse ponto é importante destacar que em muitos municípios em que esses dados foram levantados as atividades de coleta

seletiva não abrangem a totalidade de suas áreas urbanas. Os dados levantados estão expressos na Tabela 4.

Tabela 4 – Porcentagem de PET reciclado x Porcentagem de Municípios com Iniciativas de Coleta Seletiva no Brasil

Ano	Porcentagem de Municípios com Iniciativas de Coleta Seletiva no Brasil	Porcentagem de PET Reciclado
2014	64,80%	46%
2015	69,28%	41%
2016	69,62%	43%
2017	70,40%	51%
2018	73,07%	51%
2019	73,10%	55%

Fonte: 11º Censo da Reciclagem do PET no Brasil, 2019, p. 1, Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2014 – 2020.

O índice de Pearson encontrado entre a porcentagem de municípios com iniciativas de coleta seletiva no Brasil e porcentagem de PET reciclado foi de $r=0,60$, o que também indica uma correlação moderada. Para essa correlação, era esperado um coeficiente alto entre essas duas variáveis, pois a separação correta dos resíduos favorece diretamente as atividades que englobam os primeiros passos da reciclagem. Porém, segundo a própria ABRELPE, a coleta seletiva ocorre ainda de forma incipiente nos municípios brasileiros. Segundo o atual diretor da própria Associação, Carlos RV Silva Filho, isso ocorre principalmente devido à falta de estrutura que o mercado apresenta para absorver esses resíduos e as dificuldades envolvendo a logística juntamente estruturada com sistema de logística reversa [42].

Além disso, um estudo recente realizado pelo CEMPRE, apontou que outro desafio a ser enfrentado pelos municípios para aderirem à prática de coleta seletiva é o alto custo da operação. Segundo o censo realizado em 2018 por essa Associação, o custo médio para a realização de coleta seletiva nos municípios participantes do estudo custava em média 4,6 vezes a mais do que o custo da coleta convencional [43].

Outro ponto a ser questionado é o grande contraste entre os dados apresentados por diferentes instituições sobre a abrangência da coleta seletiva no Brasil. Em uma matéria realizada pela TV Senado sobre os 10 anos de implementação da política nacional de resíduos sólidos, os

dados apresentam um cenário bem mais crítico, reforçando o ponto vista de que a coleta seletiva ainda ocorre de forma muito incipiente, pois apenas 17% da população brasileira vivem em locais onde os resíduos são coletados separadamente entre orgânicos e recicláveis [44].

Esse contraste de dados é reforçado em um estudo realizado sobre as avaliações metodológicas das pesquisas realizadas sobre coleta seletiva no Brasil. A conclusão é que existe um contraste muito grande entre as medições de coletas seletivas realizadas pelas principais instituições (IBGE, CEMPRE, ABRELPE, SNIS) que avaliam esse indicador [45].

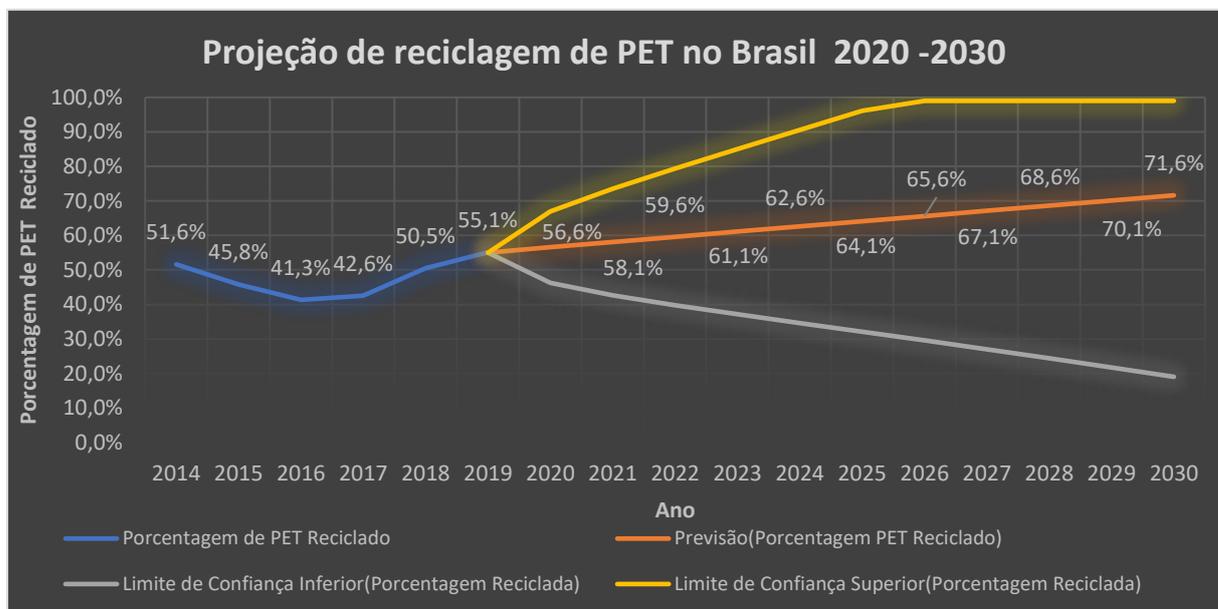
A pesquisa propõe que essa disparidade pode ser verificada através do conjunto da análise de três principais fatores: o método amostral escolhido, os procedimentos adotados para o cálculo dos resultados e a linguagem utilizada nos questionários. Porém a pesquisa concluiu que as medições realizadas pelas principais instituições também não foram satisfatórias e apresentaram apenas um panorama preliminar do contexto da coleta seletiva no Brasil. O estudo sugere um aperfeiçoamento dos métodos de investigação, pois a ausência de informações e dados, que em sua maioria se apresentam dispersos, desconexos e heterogêneos são um dos principais problemas para o gerenciamento de resíduos sólidos [45].

Diante desses argumentos fica evidente que para estruturação de uma correlação entre os dados estudados são necessárias informações ainda mais específicas sobre as volumetrias apresentadas, pois ainda há uma grande lacuna da população que não tem acesso a esse tipo de iniciativa.

Para entender o futuro da reciclagem de PET, foi construída uma projeção da porcentagem de PET reciclado até 2030. Mesmo com a limitação relacionada a uma base histórica de dados muito restrita, foi utilizado um modelo de previsão temporal com suavização exponencial simples para se discutir principalmente sobre alguns direcionadores que podem aumentar a quantidade de PET reciclado.

Usando as informações obtidas na Tabela 1, foi realizada a projeção na Figura 5.

Figura 5 – Projeção para reciclagem de PET no Brasil de 2020 até 2030.



Fonte: Próprio autor

A Figura 5 apresenta três informações, a projeção produzida (linha laranja na Figura 5) com o complemento de mais duas estimativas (uma representando o limite de confiança superior, linha amarela na Figura 5, e a outra o inferior de confiança inferior, linha cinza na Figura 5). Para análise deste estudo foi avaliada a projeção (linha laranja na Figura 5). Através do gráfico é possível estimar que o Brasil apresente um cenário favorável para a reciclagem de PET no país, com uma projeção de aumento na reciclagem de 16,5% até 2030.

Associado ao alto índice médio de ociosidade das empresas que trabalham com reciclagem no Brasil, esse potencial aumento poderia ser acomodado sem grandes dificuldades já que existe uma estrutura de reciclagem do material maior do que a demanda atual [46].

Algumas ações apontadas acima podem também favorecer a concretização desse cenário. O aumento da cobertura da coleta seletiva que foi o ponto de maior impacto encontrado entre as informações avaliadas e ainda apresenta um potencial de crescimento muito grande, favorecendo toda a cadeia de reciclagem de PET.

Para o aumento da coleta seletiva é importante destacar que essa etapa depende diretamente também da contribuição da sociedade civil e da iniciativa privada, pois se a separação dos resíduos não for realizada pelas fontes geradoras, não há sentido em existir uma operação de coleta seletiva.

O primeiro passo para essa mudança seria a conscientização da população sobre a importância da redução da taxa do consumo individual, é preciso que aconteça uma modificação do modo de pensar sobre consumo, em que todo indivíduo entenda que possui uma responsabilidade individual nesse processo, sem atribuir a culpa somente no coletivo ou entidades terceiras [47].

Partindo desse ponto de vista, a cidadania e a educação ambiental são a base para estabelecer o conjunto de ações para que os resíduos que são coletados cheguem à etapa de reciclagem. Com essa base bem consolidada, o cidadão passa a se tornar protagonista dessas mudanças, pois coadjuvante às políticas públicas, ele vai buscar discutir e divulgar ideias e ações que possam auxiliar na questão ambiental [47].

Por outro lado, existe também a responsabilidade da iniciativa privada, que muitas vezes age de forma imprudente para se beneficiar do foco em produtos verdes. Essa prática é tratada como *greenwashing* que se resume apenas uma manobra publicitária que utiliza a proteção ambiental meramente como uma técnica de apelo ao consumidor e que na prática não colabora em nada para o meio ambiente [48].

Essa estratégia acaba dificultando ainda mais a aceitação do consumidor, que se sente enganado diante dessa situação. Segundo um relatório divulgado pela Terrachoice, a quantidade de marketing de lavagem verde nos rótulos aumentou 200% de 2009 a 2010. De acordo com pesquisas realizadas no Brasil e no mundo mostram que mais de 80% dos indivíduos têm dúvidas se as empresas têm realmente realizado comportamentos voltados às práticas de responsabilidade socioambiental que são divulgados ao público [49].

Com o aumento da educação ambiental esse tipo de atividade poderia estar cada vez menos presente na realidade do consumidor brasileiro, pois é uma prática que pode ser denunciada através de vários canais de defesa do consumidor como: PROCON, Consumidor.gov.br e o CONAR. A denúncia dessas práticas seria algo extremamente benéfico para a questão ambiental no país, pois daria oportunidade e visibilidade para as empresas que possuem um comprometimento verdadeiro não apenas com a reciclagem, mas com todas as alternativas de minimizar o impacto ambiental gerado pela humanidade [49].

6. Conclusão

O cenário de reciclagem de embalagens plásticas é um tema que tem ganhado bastante relevância no Brasil por ser um viabilizador da redução dos problemas gerados pelos resíduos sólidos urbanos. Além de reduzir o impacto ambiental, a cadeia da reciclagem tem apresentado benefícios sociais e econômicos, contando com mais de 10 mil empregos formais registrados e fazendo girar um faturamento de 2,4 bilhões de reais no ano de 2019. [14]

Dentro da classe de materiais plásticos, o PET ganha destaque no assunto por ser uma embalagem que normalmente tem um curto ciclo de vida e conseqüentemente oferece disponibilidade de matéria descartada. O PET exhibe também uma grande diversidade de aplicações para o PET reciclado, tornando-o assim um material de grande interesse econômico.

O Brasil ainda apresenta uma grande oportunidade de intensificar a porcentagem de PET reciclado em seu território, pois além de já possuir um setor desenvolvido para realizar esse tipo de tratamento, apresenta uma estrutura pronta para acomodar o aumento da reciclagem de embalagens PET.

A sociedade civil e a iniciativa privada também são responsáveis pela construção desse cenário, pois estão diretamente envolvidos em etapas que podem auxiliar o desenvolvimento da reciclagem, como por exemplo a separação de resíduos e a participação ativa na construção de iniciativas que de fato viabilizem o processo.

Baseado nos estudos de correlação realizados neste trabalho, uma alternativa importante para o aumento da reciclagem de PET é o fornecimento de um destino adequado para o produto descartado, pois o material ser reciclável não quer dizer que ele vai ser reciclado. O Brasil ainda tem um potencial muito grande de crescimento quando o assunto é coleta seletiva. O aumento da coleta seletiva nos municípios tem mostrado resultados positivos em relação ao crescimento da porcentagem de PET reciclado, pois além de ajudar a facilitar o trabalho de reciclagem, ajuda a preservar as propriedades do material, sendo assim, um bom direcionador para caminhos mais sustentáveis.

7. Referências

[1] ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2020. 2020. Disponível em: <<https://abrelpe.org.br/panorama-2020/>>. Acesso em: 12 dez. 2020.

- [2] VIVIANA MARIA ZANTA, V.M.Z; CYNTHIA FANTONI ALVES FERREIRA, C.F.A.F. **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos**. São Paulo: [S.n.], 2003. p. 65.
- [3] PRESIDÊNCIA da República Casa Civil: LEI Nº 12.305. *In: Presidência da República Casa Civil: LEI Nº 12.305*. 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm. Acesso em: 19 maio 2021.
- [4] MINELLE ENÉAS DA SILVA, M.E.S; ALICE PAZ MARQUES DE OLIVEIRA, A.P.M.O; CARLA REGINA PASA GÓMEZ, C.R.P.G. INDICADORES DE CONSUMO CONSCIENTE: uma avaliação do recifense sob a ótica do consumo sustentável. **Revista Eletrônica de Ciência Administrativa**, Campo Largo – PR, v. 12, n. 2, p. 173-190, maio-ago/2013 2013. Disponível em: <<http://www.periodicosibepes.org.br/index.php/recadm/article/view/1397/708>>. Acesso em: 14 dez. 2020.
- [5] CIESP CAMPINAS. **Artigos Linha do tempo do Consumo Consciente e da Sustentabilidade**. 2010. Disponível em: <<https://www.ciespcampinas.org.br/site/artigos/193/2010/10/linha-do-tempo-do-consumo-consciente-e-da-sustentabilidade/#:~:text=%E2%80%9C%20o%20uso%20de%20servi%C3%A7os,sem%20comprometer%20as%20necessidades%20das>>. Acesso em: 16 dez. 2020.
- [6] THOMAS PEREIRA KLEN, T.P.K **DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA MENSURAÇÃO DO GRAU DE MATURIDADE E POTENCIAL DE ORGANIZAÇÕES NO ÂMBITO DA ECOLOGIA INDUSTRIAL**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- [7] IPEA - CENTRO DE PESQUISA EM CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE. **<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>**. 2020. Disponível em: <<https://www.ipea.gov.br/cts/pt/central-de-conteudo/artigos/artigos/217-residuos-solidos-urbanos-no-brasil-desafios-tecnologicos-politicos-e-economicos>>. Acesso em: 20 dez. 2020.
- [8] MONITOR MERCANTIL, **Brasil reciclou 55% das embalagens PET descartadas no ano passado**. 8 jul. 2020. Disponível em: <https://monitormercantil.com.br/brasil-reciclou-55-das-embalagens-PET-descartadas-no-ano-passado/>. Acesso em: 21 maio 2021.
- [9] LANDIM, A.P.M.L et al. Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. **Polímeros**, v. 26, p. 83, 19 jan 2016. Disponível em: <<https://www.scielo.br/pdf/po/v26nspe/0104-1428-po-0104-14281897.pdf>>. Acesso em: 21 dez. 2020.
- [10] OTTONI, B.L.O **A relação da comunicação e as embalagens biodegradáveis: um paradigma para a destinação final**. 2016. Dissertação (Dissertação) - Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Bauru.
- [11] PINHO, J. B.. **Comunicação em Marketing: Princípios da comunicação mercado logica**. Campinas, São Paulo: Papirus, 2001

[12] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **ESTUDO ABRE MACROECONÔMICO DA EMBALAGEM E CADEIA DE CONSUMO**. 2020. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/dados-do-setor/ano2019/>>. Acesso em: 22 dez. 2020.

[13] FORMIGONI, Alexandre . **Reciclagem de PET no Brasil**. 2012. Trabalho de Conclusão de Curso () - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

[14] ABRELPE. **Perfil 2019**. 2019. Disponível em: <<http://www.abiplast.org.br/publicacoes/perfil2019/>>. Acesso em: 22 dez. 2020.

[15] PACHECO, Elen; HEMAIS, Carlos . **Mercado para produtos reciclados à base de PET/HDPE/Ionômero**. 2003.

[16] Câmara dos Deputados. **O que você Faz?**. Câmara dos Deputados. 2020 p. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/tv/427087-garrafas-PET/>. Acesso em: 28 mai. 2021.

[17] MADEIROS, K.M.M; LIMA, C.A.P.L. **RECICLAGEM DE MATERIAIS POLIMÉRICOS: UMA REVISÃO DE LITERATURA**. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, .5, CIDADE, ANO. Anais... Disponível em: <http://editorarealize.com.br/editora/anais/conapesc/2020/TRABALHO_EV138_MD4_SA23_I_D1194_11112020185904.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2021.

[18] MELO, J.R.M; CINTRA, L.S.C; LUZ, C.N.M.L. **EDUCAÇÃO AMBIENTAL: RECICLAGEM DO LIXO NO CONTEXTO ESCOLAR**. Revista Multidebates, Palmas, ano 2020, 11 jan. 2021.

[19] LINO, F.A.M.L **Impacto energético de resíduos recicláveis em região metropolitana brasileira**. 2010. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.01.010>. Trabalho de Conclusão de Curso (Faculdade de Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

[20] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Estudo sobre a indústria de reciclagem do plástico no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/sustentabilidade/picplast-divulga-estudo-sobre-a-industria-de-reciclagem-do-plastico-no-brasil/>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

[21] 1998 o país

[22] CRUZ, S.A.C **Polímeros reciclados para contato com alimentos**. 2011. <https://doi.org/10.1590/s0104-14282011005000052>. Artigo de Revisão (Centro de Engenharia e Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas) - Universidade Federal do ABC, Santo Andre.

[23] **Reciclagem do PET**. Portal São Francisco. Disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/meio-ambiente/reciclagem-do-PET>. Acesso em: 2 jun. 2021.

[24] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMBALAGEM. **Estudo sobre a indústria de reciclagem do plástico no Brasil**. 2020. Disponível em: <<https://www.abre.org.br/sustentabilidade/picplast-divulga-estudo-sobre-a-industria-de-reciclagem-do-plastico-no-brasil/>>. Acesso em: 15 jan. 2021.

[25] CicloVivo. **Brasil recicla 311 mil toneladas de garrafas PET em 2019: Volume corresponde a 55% das embalagens descartadas, 12% a mais do que em 2018 – faturamento passou dos R\$ 3,6 bilhões.** 2020. Disponível em: <https://ciclovivo.com.br/inovacao/negocios/brasil-recicla-311-mil-toneladas-de-garrafas-PET-em-2019/>. Acesso em: 14 jun. 2021.

[26] LANDIM, Ana Paula *et al.* **Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil.** 2016. Monografia (Departamento de Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/po/a/Mnh695j5cVys99xsSSx54WM/?lang=pt#>. Acesso em: 17 jun. 2021.

[27] GOVE. **Coleta seletiva no Brasil e a experiência do Programa Recicla Santos.** 2020. Disponível em: <https://www.gove.digital/outras-tematicas/programa-recicla-santos-boas-praticas/>. Acesso em: 29 jun. 2021.

[28] VGR Gestão de Resíduos Online. **Qual a relação entre coleta seletiva de resíduos e a reciclagem?**. 2018. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/qual-a-relacao-entre-coleta-seletiva-de-residuos-e-a-reciclagem/>. Acesso em: 15 jun. 2021.

[29] MIRANDA, Nathallia ; MATTOS, Ubirajara . **Revisão dos Modelos e Metodologias de Coleta Seletiva no Brasil.** 2016. Dissertação - Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

[30] TAMBOSI, S.A.V.T et al. PROPOSTA DE REDIMENSIONAMENTO DE ESCALAS SOBRE CONSUMO SUSTENTÁVEL, CONSCIÊNCIA AMBIENTAL E INTENÇÃO DE COMPRA DE PRODUTOS ECOLÓGICOS, A PARTIR DA ÓTICA DE UNIVERSITÁRIOS BRASILEIROS. **Revista de Administração da UFSM**, Santa Maria, 2015.

[31] POPOVIC, I.P Factors Influencing Consumers Decision to Purchase Food in Enviromentally Friendly Packaging: What Do We Know and Where Do We Go form Here?. 2019. Revisão de Literatura (ESPECIALIZAÇÃO EM ...) - Vrije Universiteit Amsterdam, Amsterdam.

[32] ARAÚJO, THAÍS; QUEIROZ, ADRIANE. ECONOMIA CIRCULAR: BREVE PANORAMA DA PRODUÇÃO CIENTÍFICA ENTRE 2007 E 2017. *In: XIX ENGEMA*, 19. 2017. 6-7 p. Disponível em: <http://engemausp.submissao.com.br/19/anais/arquivos/417.pdf>. Acesso em: 11 mai. 2021.

[33] FILHO, Dalson; JÚNIOR, José. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, v. 18, p. 32, 2009. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/politica hoje/article/viewFile/3852/3156>. Acesso em: 26 mai. 2021.

[34] Coeficiente de correlação de Pearson: **Glossário**. EESC.USP. Disponível em: <http://www5.eesc.usp.br/saate/index.php/saate/Indicar-a-T%C3%A9cnica/Associar/2.%C3%81rvore-de-decis%C3%A3o/Gloss%C3%A1rio/Coeficiente-de-correla%C3%A7%C3%A3o-de-Pearson>. Acesso em: 1 jun. 2021.

[35] CARMO, Vera. **CORRELAÇÃO**. 4 slides. Disponível em: http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Correlacao/Correlacao_Pearson_Spearman_Kendall.pdf. Acesso em: 27 mai. 2021.

- [36] Microsoft. **PEARSON : (Função PEARSON)**. 2019. Disponível em: <https://support.microsoft.com/pt-br/office/pearson-fun%C3%A7%C3%A3o-pearson-0c3e30fc-e5af-49c4-808a-3ef66e034c18>. Acesso em: 2 jun. 2021.
- [37] IMES. **Métodos Básicos de Previsão**. Disponível em: <http://www.bertolo.pro.br/MetodosQuantitativos/Simulacao/MetodosBasicosDePrevisaoDeSeriesTemporaisNoExcel.pdf>. Acesso em: 3 jun. 2021.
- [38] Curso-r. **Suavização exponencial simples**. 2019. Disponível em: <https://blog.curso-r.com/posts/2019-02-10-ses/>. Acesso em: 4 jun. 2021.
- [39] BBC News Brasil. **PIB: Pandemia agrava o que já seria pior década de crescimento no Brasil em mais de um século**. BBC News Brasil. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/brasil-56257245>. Acesso em: 4 jun. 2021.
- [40] ABIPLAST. **Perfil 2017: Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico**. 2017. 28 p. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil-2017.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2021.
- [41] ABIPLAST. **Perfil 2016: Indústria Brasileira de Transformação e Reciclagem de Material Plástico**. 2016. 27 p. Disponível em: <http://www.abiplast.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Perfil-2017.pdf>. Acesso em: 4 jun. 2021.
- [42] Agência Brasil. <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-12/destinacao-inadequada-de-lixo-cresce-16-em-uma-decada>. Agência Brasil. 2020. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/saude/noticia/2020-12/destinacao-inadequada-de-lixo-cresce-16-em-uma-decada>. Acesso em: 5 jun. 2021.
- [43] CEMPRE. **Pesquisa Ciclosoft 2018: Radiografando a Coleta Seletiva**. 2018. Disponível em: <https://cempre.org.br/wp-content/uploads/2020/08/Pesquisa-Ciclosoft-2018.pdf>. Acesso em: 5 jun. 2021.
- [44] TV Senado. **Resíduos Sólidos: apenas 1 em cada 5 municípios tem coleta seletiva**. TV Senado. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/tv/programas/noticias-1/2020/09/residuos-solidos-1-em-cada-5-municipios-tem-coleta-seletiva>. Acesso em: 6 jun. 2021.
- [45] CANKE, Leonardo; NASCIMENTO, Elimar. **A coleta seletiva nas pesquisas brasileiras: uma avaliação metodológica**. Dissertação () - Universidade de Brasília, 2018. Disponível em: [https://www.scielo.br/j/urbe/a/C5NJZ9MSPRg8tBwz8yd4KXJ/?lang=pt&format=pdf#:~:text=A%20primeira%20%E2%80%93%20talvez%20a,o%20IBGE%20\(2012\)%2C%2032](https://www.scielo.br/j/urbe/a/C5NJZ9MSPRg8tBwz8yd4KXJ/?lang=pt&format=pdf#:~:text=A%20primeira%20%E2%80%93%20talvez%20a,o%20IBGE%20(2012)%2C%2032). Acesso em: 6 jun. 2021.
- [46] **A irresistível ascensão da reciclagem de PET**. Disponível em: <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/a-irresistivel-ascensao-da-reciclagem-PET/>. Acesso em: 12 jun. 2021.
- [47] MENDES, S.; AMORIM, M. C. de C. T. **Educação ambiental para a implantação da coleta seletiva em Junqueirópolis /SP**. Formação Online, v. 26, n. 48, p. 132-151, 2019.

[48] LEVATO, Marcos. GREENWASHING NO BRASIL: quando a sustentabilidade ambiental se resume a um rótulo. *In*: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DIREITO AMBIENTAL E ECOLOGIA POLÍTICA, 1.

[49] ARAUJO, M.A.C.A **Embalagens sustentáveis: uma revisão da literatura**. 2018. <https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/16414>. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em administração) - Universidade Federal da Paraíba, Paraíba.