

# VI ENEI Encontro Nacional de Economia Industrial

Indústria e pesquisa para inovação: novos desafios ao desenvolvimento sustentável

30 de maio a 3 de junho 2022

## Inovação tecnológica ambiental: uma análise sobre o desempenho das firmas brasileiras

Vitória Laboury Rodrigues de Souza\*;  
Rosa Livia Montenegro\*\*

**Resumo:** O desenvolvimento econômico sustentável vem sendo pauta de discussão relevante nas últimas décadas. Questões relacionadas ao meio ambiente, especialmente sobre como as firmas se mantêm competitivas mediante às restrições de impactos ambientais se tornaram relevantes no âmbito das inovações. Nesse contexto, observa-se o esforço das firmas brasileiras quanto ao desenvolvimento de tecnologias verdes (ecoinovações) como forma de solução para os possíveis impactos ambientais gerados. Dessa forma, a presente pesquisa analisou os determinantes de ecoinovações nas firmas brasileiras. Em outras palavras, quais setores estariam mais envolvidos no desenvolvimento de tecnologias verdes e os principais fatores e obstáculos apontados pelas firmas inovadoras. Para isso, foi realizada a análise de componentes principais (ACP) com base em 66 setores industriais presentes na Pesquisa de Inovação (PINTEC) para o ano de 2017. Os resultados identificaram que fatores como a reputação da firma e existência de normas ambientais contribuem para a implementação de inovação ambiental. Além disso, foram apontados como obstáculos para a implementação de tecnologia elevados custos de inovação, dificuldade de financiamento e riscos econômicos. Assim, foi possível observar que o papel do Governo brasileiro é fundamental na promoção de regulamentações que favoreçam a adesão das firmas ao desenvolvimento de ecoinovações. Mais especificamente, o apoio governamental viabiliza, desde a disponibilidade de recursos voltados para o desenvolvimento de tecnologias ambientais, à criação de legislações ambientais que incentivem o uso destas tecnologias, proporcionando também o maior desenvolvimento de pesquisas em busca de novas soluções para os problemas enfrentados pelas empresas brasileiras.

**Palavras-chave:** Economia da tecnologia; Ecoinovação; Tecnologia ambiental; Desenvolvimento econômico; PINTEC.

**Código JEL:** O30; O33; C26

**Área Temática:** Área 7.2 Ecoinovações

### Environmental technological innovation: an analysis of the performance of Brazilian firms

**Abstract:** Sustainable economic development has been a relevant agenda of discussion in the last decades. Issues related to the environment, especially about how companies remain competitive in the face of restrictions on environmental impacts, have become relevant in the context of innovations. In this context, it has been observed that Brazilian companies are committed to the development of green technologies (eco-innovations) as a solution to the possible environmental impacts generated. Thus, this paper analyzed the determinants of eco-innovations in Brazilian firms. In other words, which sectors are more involved in the development of green technologies and the main factors and obstacles identified by innovative firms. To this purpose, principal component analysis (PCA) will be performed based on the 66 industrial sectors present in the Pesquisa de Informação (PINTEC) for the year of 2017. The results showed that factors such as the firm's reputation and existence of environmental standards contribute to the implementation of innovation. In addition, high innovation costs, difficulty in financing, and economic risks were pointed out as obstacles to technology implementation. Thus, it was possible to observe that the role of the Brazilian government is fundamental in promoting regulations that favor the adherence of firms to the development of eco-innovations. More specifically, government support makes feasible, from the availability of resources directed to the area, to the creation of environmental legislation that encourage the use of these technologies, also providing greater development of research in search of new solutions to the problems faced by Brazilian companies.

**Keywords:** Technology economics; Eco-innovations; Environmental technology; Economic development; PINTEC

\* Economista pela Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF). E-mail: vitorialaboury99@gmail.com

\*\* Professora Adjunta da UFJF. E-mail: rosa.livia@ufjf.br

## 1. Introdução

Com o desenvolvimento de tecnologias e o rápido aumento populacional, a preocupação com o meio ambiente e com o crescimento econômico sustentável impulsiona a criação de uma nova trajetória tecnológica, a ambiental. Dessa forma, as Organizações das Nações Unidas (ONU) criaram a Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), em 1987, que teve como objetivo construir uma agenda mundial para se discutir a pauta ambiental conciliando o desenvolvimento econômico e tecnológico (NASCIMENTO, 2012).

Para o alcance desse objetivo o Manual de Oslo, criado pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE), baseia-se como um instrumento para classificar os termos que dizem respeito a inovação e meio ambiente, além de ser a principal fonte internacional de coleta e uso de dados sobre atividades inovadoras da indústria. Segundo a versão mais recente do Manual de Oslo, a inovação deve ser classificada de acordo com o conceito de processo de produção, incorporando todas as atividades utilizadas, como: mão de obra, capital, bens e serviço, levando a ideia de inovação a um processo sistêmico (KOELLER *et al*, 2020).

A respeito das tecnologias ambientais, Jabbour (2010) caracteriza a tecnologia ambiental como sendo o desenvolvimento de *hardwares* e *softwares*, que por meio de novos designs+, equipamentos e procedimentos operacionais, melhoram o desempenho ambiental. Essas tecnologias podem ser classificadas como tecnologia de controle e prevenção da poluição, tecnologia de mensuração e organizacionais e, por fim, tecnologia de impacto ambiental nulo. Estudos internacionais, como o apresentado por Borghesi *et al* (2013), buscam entender o estímulo de empresas e indústrias ao desenvolvimento deecoinovações, analisando os determinantes que as levam a inovarem. O objetivo do estudo consistiu em aprofundar as questões levantadas sobre a dinâmica de ferramentas de políticas ambientais e os impactos nas atividades inovadoras.

Além disso, o estudo analisou a relação entre o incentivo do governo para implementação de leis e normas com base nas regulamentações, com base na pesquisa realizada no Reino Unido, por Kesidou e Demirel (2012), que destacou três fatores para a implementação deecoinovações: a demanda, a capacidade organizacional e o rigor da regulamentação. Os resultados mostraram que as empresas inovam o mínimo se houver apenas a demanda da sociedade, exclusivamente como forma de aumentar seu mercado.

Assim, para se obter um resultado favorável de investimento em tecnologia, foi observado que a capacidade organizacional é importante para o fomento ecológico e também para estimular mais recursos levantados para o desenvolvimento de inovações (KESIDOU; DEMIREL, 2012).

Isto posto, no Brasil, o investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) segue a mesma lógica mundial de uma gestão pública, com a criação de normas que estabelecem uma demanda por diminuição do impacto gerado, incentivos tecnológicos e fiscais. Porém, o País enfrenta obstáculos significativos para conseguir obter um resultado favorável no desenvolvimento de novas tecnologias, como a dificuldade financeira de começar a implementar um projeto, as barreiras de conhecimento e aprendizado, além de dificuldades de inovação por pequenas empresas (CAVALCANTE; CAMÕES, 2016; CABRAL; SOUZA; CANÊDO-PINHEIRO, 2020). Para Andrade (2004), o avanço tecnológico demanda um rearranjo cultural, institucional e organizacional, para se discutir a estrutura demandada no processo inovativo. Desse modo, a inovação ambiental não deve ser observada como um fator isolado na empresa, e sim, de forma mais ampla e que demanda de outros elementos econômicos e políticos para ser compreendida e se desenvolver de maneira sistêmica. Por isso, ao contrário do que é observado em estudos que analisam a inovação no Brasil, o enfoque consiste nos altos custos gerados e na dificuldade de se investir em atividades inovadoras. O presente trabalho tem por objetivo averiguar a motivação das empresas brasileiras para implementaremecoinovações, também chamadas de inovações ambientais, além de fazer uma análise setorial das empresas e indústrias brasileiras que mais inovam.

Sendo assim, para analisar o panorama e o desempenho das empresas brasileiras quanto ao desenvolvimento tecnológico ambiental, o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) disponibiliza a base de dados da Pesquisa de Inovação (PINTEC). A PINTEC tem como objetivo construir indicadores setoriais, nacionais e regionais, das atividades de inovação tecnológica nas empresas industriais brasileiras. Ademais, a partir da análise de dados sobre a PINTEC, será possível

caracterizar e identificar as atividades inovadoras e os determinantes que levam as empresas brasileiras a inovarem. Assim, a metodologia aplicada para analisar a base de dados será a análise de componentes principais (ACP).

Portanto, ao utilizar a base de dados fornecida pela PINTEC (2017) será possível analisar os investimentos realizados nas inovações tecnológicas ambientais pelas empresas brasileiras. Esses dados permitem analisar vários fatores que levam à implementação tecnológica realizada no País.

Em síntese, o presente estudo consiste em investigar os determinantes que levam as empresas brasileiras a desenvolverem tecnologias ambientais, além de identificar qual o papel dos principais determinantes que levam as empresas a adotarem inovações ambientais. Será possível verificar as características e o perfil das empresas brasileiras mais propensas a implementar inovações, e entender quais condicionantes são fundamentais para que eles possam ser sistematicamente estimulados (MONTENEGRO; CARVALHO, 2017). Além disso, a pesquisa identificará determinantes específicos como, por exemplo: redução do impacto ambiental, apoio governamental, aumento da capacidade produtiva e manutenção da empresa no mercado.

Sendo assim, a principal hipótese levantada para entender os processos deecoinovação no Brasil é a de que existe uma relação direta entre o papel do governo, impondo regulamentações, com a implementação de tecnologias verdes nas empresas. Assim como, a hipótese de que o desenvolvimento de habilidades tecnológicas, por incentivo a pesquisas e troca de tecnologias entre empresas e outras instituições, estimula a implementação de ecoinovações nas empresas. E por último, a hipótese de que o fator demanda impulsiona as empresas a adotar tecnologias ambientalmente sustentáveis (KESIDOU; DEMIREU, 2012; ALDIERI et al, 2019; ARRANZ et al, 2019; BANERJEE; GRUPTA; MCIVER, 2019).

Logo, também será levado em consideração para a análise os principais obstáculos enfrentados como, a dificuldade de financiamento para que as empresas busquem inovar e os investimentos elevados que as inovações demandam. Do mesmo modo, alguns fatores como os tipos de tecnologias empregadas e os setores de atividade econômica serão investigados. Ademais, será feita uma apresentação da literatura teórica e empírica de inovação ambiental; a análise da pesquisa e o tratamento da base de dados da PINTEC 2017, de acordo com os determinantes ambientais das empresas brasileiras; por fim, caracterizar e interpretar os resultados da metodologia aplicada de acordo com as características das tecnologias ambientais. Assim, o presente estudo visa contribuir com a tomada de decisão de políticas públicas voltadas para inovação ambiental no país, também auxiliar as firmas a compreender e desenvolver o processo de ecoinovações e ao final contribuir para a literatura.

Em suma, o artigo será dividido em cinco seções, com a inclusão desta introdução. A segunda seção apresenta o referencial teórico e empírico da inovação ambiental. A terceira seção aborda a metodologia de análise de componentes principais e a explicação da base de dados utilizada. A quarta seção apresenta os resultados encontrados na ACP. A quinta seção apresenta a conclusão dos resultados encontrados.

## **2 Referencial teórico**

### **2.1 O papel da ciência e da tecnologia e seus paradigmas**

Desde a Revolução Industrial (século XVIII), com a mecanização do processo produtivo, observa-se continuamente a inserção de novas tecnologias. Para Tigre (1998), a história econômica da tecnologia pode ser dividida em três paradigmas. O primeiro, corresponde a revolução industrial britânica, na qual os neoclássicos consideravam a tecnologia empregada nas firmas uma variável exógena (sendo incorporada nos trabalhadores e nas máquinas), dessa forma, a tecnologia não era vista pelos economistas como fator principal para as mudanças da estrutura econômica que aconteceram no período.

O segundo paradigma, acontece na virada do século XIX para o XX, tendo seu marco histórico na década de 1920, as mudanças de inovação técnicas e organizacionais ocorridas no período passado, como o telégrafo, ferrovias e navios à vapor, proporcionaram uma nova dinâmica na economia mundial. Assim, surgiram três novas áreas de inovação que introduziram novos modelos de firma e mercado, que são a eletricidade, o motor a combustão e as inovações organizacionais conhecidas como “fordista-taylorista”, tais inovações fizeram com que o centro econômico mudasse da Inglaterra para os Estados Unidos.

Desse modo, os economistas começaram a analisar o processo de concentração de produção, que primeiramente foi analisado por Marx ([1867] 1983/1984, apud COSTA, 2016) que considerava a centralização do capital uma tendência do capitalismo. Nesse sentido, Schumpeter incorpora a ideia da importância das grandes empresas e da concentração da produção para o progresso técnico (TIGRE, 1998). Para Schumpeter (1982, apud PAIVA *et al.*, 2018), a inovação tecnológica é um processo intrínseco ao desenvolvimento capitalista, junto com o crédito bancário e o empreendedorismo. A inovação representa um papel fundamental no desenvolvimento econômico, pois seu caráter dinâmico e agregador torna-se fundamental para as mudanças que ocorrem na economia.

Da mesma forma, Tigre (1998) classifica o terceiro paradigma como sendo o da tecnologia da informação (TI), tendo início na década de 1980. A partir do período supracitado, com a globalização as empresas foram impulsionadas a buscarem mais competitividade nos seus negócios e, principalmente, no desenvolvimento de tecnologias que proporcionem o aumento de produtividade no processo de geração, distribuição e exploração do conhecimento. O paradigma da TI, permitiu que a tecnologia pudesse se “pulverizar” em diversos setores trazendo grandes transformações para distintas áreas, como por exemplo: saúde, indústria criativa, serviços de transporte, nanotecnologia, agricultura, educação e outras. Todas as transformações observadas causaram mudanças no estilo de vida e da dinâmica econômica mundial para atender as novas exigências do mercado (PEREZ, 2014).

Para os economistas neo-schumpeterianos, a inovação não é vista como uma variável isolada na economia, ela representa o desenvolvimento da sociedade, tendo um conceito dinâmico e endógeno ao processo de desenvolvimento econômico. Assim, incorporaram o processo técnico como elemento fundamental para o processo evolucionário. Da mesma forma, a constante procura da firma em introduzir mudanças nos seus produtos e processos, correspondem ao processo de seleção de mercado e ao dinamismo da economia. Vale destacar que os paradigmas tecnológicos que possibilitam entender melhor a dinâmica que levam as empresas a inovarem, são os responsáveis por delimitar o avanço tecnológico das firmas, sendo a combinação de inovação de produto, processo, técnica, organização e administração (VIEIRA, 2010).

A teoria evolucionária fornece um caráter coletivo da construção da tecnologia, com agentes apresentando diferentes soluções e resultados que proporcionam um acúmulo de conhecimento e a diferenciação de patentes. A inovação é capaz de representar o estágio desenvolvido de uma sociedade, ela provoca a integração de diferentes agentes e grupos, trazendo para o processo de aprendizado uma natureza sistêmica, integrada e linear (COSTA, 2016), sendo intrínseca ao processo de crescimento econômico, globalização e inovação.

Por isso, para Freeman e Perez (1988, apud VIEIRA, 2010) o paradigma tecnoeconômico é a combinação da inovação de diversos tipos que abre a oportunidade de novos investimentos e lucros, propondo uma melhor organização de produtos e qualificação de mão-de-obra, inovações que levam a utilização de um novo fator-chave, novos padrões de investimentos, entradas de novas firmas empreendedoras e o aumento da participação de grandes empresas nos mercados onde o fator-chave é produzido.

Devido a esse aspecto plural e recente da análise das inovações verdes é difícil criar um padrão para o estudo das mesmas. Principalmente, ao analisar como a economia se comporta de fato com a introdução desse novo fator, e quando alargamos essa análise para uma escala global, onde é observado diferentes abordagens e inserção de tecnologia na sociedade. Por esses motivos, nas últimas décadas é possível observar o aumento de conferências dos líderes mundiais com enfoque na introdução de tecnologias que iram auxiliar na preservação do meio ambiente. E principalmente, entender a real situação ambiental global, dando espaço para que a pauta seja amplamente discutida por todos.

## **2.2- Determinantes da capacidade das firmas no desenvolvimento deecoinovações**

Dessa forma, o conceito de sustentabilidade, começou a ser discutido com mais afinco na década de 1970, após a humanidade começar a sentir os efeitos de anos de exploração dos recursos naturais e o uso de elementos radioativos. Com isso, os pesquisadores começaram a discutir tais impactos para a sobrevivência da espécie humana no planeta e o que poderia ser feito para frear a degradação ambiental (VERASZTO; SILVA; DE MIRANDA, 2005).

Para se discutir o desenvolvimento sustentável (DS) em uma escala global a ONU criou a

Comissão Mundial do Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMMAD), sendo palco para a criação de uma agenda focada no meio ambiente e responsável pelos debates de Estocolmo (1972) e Rio (1992), esses fóruns tiveram como objetivo entender a situação ambiental em diversos países e, principalmente, criar uma pauta de comprometimento dos mesmos em reduzir a poluição e proporcionar melhores condições para o desenvolvimento de tecnologias e a sua inserção nas empresas. Dessa forma, o desenvolvimento sustentável tem como principal finalidade a construção de um mundo em que consiga suprir suas necessidades sem afetar a vida futura das nações (NASCIMENTO, 2012).

Diante disso, o marco histórico da inserção da discussão sobre meio ambiente em todo o mundo acontece a conferência RIO-92, no Rio de Janeiro, trazendo não apenas uma visibilidade midiática para questão, mas também incorporando um caráter político. Contudo, apesar de produzir documentos ambientais importantes como a Declaração do Rio de Janeiro sobre o Meio Ambiente e a Agenda 21, uma das principais críticas a conferência foi a falta de uma resolução com prazos estabelecidos e metas específicas a serem atingidas pelos países. Em 2012, aconteceu a segunda conferência no Rio de Janeiro, a RIO +20, com o propósito de formular um plano para que a humanidade se desenvolvesse garantindo a proteção do meio ambiente e de todos, mas, mais uma vez, um acordo formal delimitando prazos e comprometimento dos países e quais ações específicas deveriam ocorrer para um desenvolvimento verde não aconteceu (PESSINI; SGANZERLA, 2016).

Uma questão importante que pode ser levantada dessa discussão é o diferente nível de comprometimento e capacidade inovativa que existe entre os países. Em relação ao comprometimento das pautas de sustentabilidade, podemos levar em conta países extremamente importantes para economia mundial, que emitem uma grande quantidade de CO<sub>2</sub>, como os Estados Unidos e a China, mas que não se comprometem em acordos internacionais por causa de questões econômicas, esse não comprometimento tem impacto em toda a cadeia de esforços necessárias para a sustentabilidade mundial. Além disso, na conferência Rio +20 grandes representantes mundiais dos países do G8 não compareceram, demonstrando certo retrocesso no movimento ambiental dos principais geradores de tecnologia e poluição (STEIL; TONIOL, 2013).

Contudo, essas conferências permitiram a criação de uma base sólida de conceitos voltados ao DS. Como o Manual de Oslo, documento que vem sendo muito importante para a criação de conceitos e análise do desenvolvimento tecnológico no mundo, ele permitiu classificar uma inovação sendo um produto ou um novo processo ou aprimoramento que se difere dos já existentes, tal discussão propõe uma abertura para o entendimento da absorção e difusão de tecnologia em todo o mundo (KOELLER et al, 2020).

Para Albuquerque (1996), os países podem ser divididos em três categorias de inovação, aqueles onde o sistema de inovação capacita os países a se manter na liderança do processo tecnológico internacional; a segunda categoria seria de países cujo o objetivo principal é a difusão de tecnologia, tendo uma capacidade de absorver os avanços gerados nos centros mais avançados; e, por último, os países onde o sistema de inovação não se completa, por não possuírem uma infraestrutura necessária.

Para Freeman (2002), diferenças sociais, culturais e políticas possuem grande impacto no processo industrial e tecnológico mundial, embora tenham velocidades diferentes. Em uma análise histórica feita após a Segunda Guerra Mundial, foi constatado a diferença de comportamento do desenvolvimento dos países que já investiam em indústrias e tecnologias e dos países que iniciaram esse processo logo depois da guerra. Além disso, fatores como proximidade de países já consolidados tecnicamente com países em desenvolvimento também pode ser um elemento facilitador de troca de experiências e tecnologias. Assim, se for analisado diretamente a questão da difusão de inovação ambiental e sua distribuição pelo mundo, deve ser levado em consideração uma série de fatores que auxiliam e dificultam o melhor aproveitamento dessas tecnologias, pois demandaria uma maior cooperação global para inserir a sustentabilidade como uma forma de progresso econômico.

Por isso, a adesão por parte dos empresários ao processo de um desenvolvimento mais sustentável, pode ser explicada pela busca constante do crescimento econômico por eles. Para se alcançar esse desenvolvimento duradouro no sistema, é introduzido um elemento essencial, a inovação. A inovação representa um conceito amplo e dinâmico, onde as empresas buscam a maior eficiência alinhada ao crescimento econômico. Dessa maneira, levando em consideração esse conceito, a ecoinovação é o resultado da interseção de duas dimensões da sustentabilidade, a economia e a social

(BARBIERI *et al.*, 2010).

Com relação aos aspectos distintos que favorecem ou dificultam a adoção de inovações ambientais, segundo Kemp e Pearson (2007) a ecoinovação é a produção ou a incorporação de um produto, processo, serviço e sistema organizacional que seja novo para o mercado e que resulte em redução dos riscos ambientais, da poluição ou outro impacto negativo quando comparado a alternativas já existentes. Portanto, inovações ambientais podem apresentar diferentes níveis tecnológicos. Para Kuehr (2007) as ecoinovações podem ser divididas em quatro categorias:

- 1) Tecnologia de mensuração ambiental: são ferramentas, instrumentos, máquinas e um sistema complexo que pode mensurar e controlar o ambiente. Uma categoria com tecnologias que podem fornecer um conhecimento necessário das informações para um ecossistema balanceado. Nesse sentido, essas tecnologias não vão necessariamente diminuir os impactos causados no meio ambiente, mas vão ser capazes de identificar o que impacta negativamente nele;
- 2) Tecnologia de controle da poluição: são processos ou matérias que tenham sido desenvolvidos para minimizar ou neutralizar os efeitos nocivos devido à sua utilização, sem necessariamente alterar o processo original. Esse tipo de tecnologia tem uma função acrescentar ou reparar, além de haver um grau de cuidado posterior com um efeito transformador sobre as emissões;
- 3) Tecnologias de prevenção: engloba modificações ao processo de minimizar ou eliminar qualquer efeito nocivo ao meio ambiente, como por exemplo a introdução de controle e alteração de matérias primas;
- 4) Tecnologias ambientais de impacto nulo: são inovações que, de fato, não geram nenhum impacto durante seu processo de desenvolvimento até sua utilização.

Ademais, a partir da análise de políticas ambientais, mudança tecnológica e atividade de patentes realizada pela Organização de Cooperação e de Desenvolvimento Econômico (OCDE) em 2008, quanto mais globalizado o mercado que a firma estiver instalada, mais provável que a firma inovará e, assim, o mercado servirá como um condutor de inovação. Portanto, firmas que possuem maiores investimentos e recursos internacionais são mais propensas a investir em P&D. Dessa forma, diferentes bases de mercado podem afetar a dinâmica de diferente maneira na trajetória tecnológica da economia. Se os objetivos das políticas não forem ajustados à medida que há o aumento de informação sobre os custos de redução ou impactos ambientais, os efeitos encontrados não serão os mesmo que os esperados.

Na situação específica de políticas públicas para inovações ambientais, existe duas externalidades. A primeira é positiva em relação com a repercussão da informação resultando em um processo de inovação, a segunda é negativa associada com os impactos ambientais. No caso de externalidades ambientais, aquelas que são responsáveis por emissão de poluição recebem o “benefício cheio” por fazerem, mas sem pagar o custo total, uma vez que elas não perderiam espaço no mercado e vendas, continuando com as mesmas margens de lucro, mesmo emitindo poluição. Dessa forma, o preço da poluição é muito baixo, mesmo ele provocando externalidades no futuro que prejudicariam diretamente a empresa emissora de poluentes (OCDE, 2008).

Dado esse caráter plural da inovação, a Agenda 21 proposta pela ONU (1992, apud KUEHR, 2007) define que as tecnologias ambientais não são apenas tecnologias individuais, mas sim um sistema total que inclui desde o conhecimento prévio, procedimentos, bens e serviços, e equipamentos bem como os procedimentos organizacionais e de gestão. Assim, a transferência de tecnologias, o desenvolvimento de recursos humanos e o desenvolvimento da capacidade local de escolha de tecnologia, são essenciais para uma abordagem completa na discussão. Por consequência, para uma escolha correta da ecoinovação, deve-se levar em conta as prioridades socioeconômicas, culturais e determinantes ambientais a nível nacional.

### **2.3 - Referencial Empírico: experiências internacionais e nacionais**

Kesidou e Derimel (2012) discorrem sobre os fatores determinantes para a ecoinovação no Reino Unido, propondo como base três fatores chaves: o fator de demanda, capacidades organizacionais, e rigor da regulamentação ambiental. Nesse caso, para o fator demanda, o estudo demonstrou que não há uma relação direta nas exigências dos clientes e sobre o nível de inovação da empresa, isto é, a empresa investe o mínimo em inovações ambientais em resposta a pressão da sociedade.

Já o fator capacidades organizacionais apresenta uma resposta positiva das empresas e se mostra

extremamente eficaz na difusão de tecnologia ambiental. Em outras palavras, é possível que as empresas que se dedicam a um sistema de organização ambiental aumentem o nível de recursos alocados às atividades deecoinovações. Esse sistema pode ser dividido em dois tipos, o primeiro é a organização dos recursos e o segundo é o monitoramento da performance ambiental, assim firmas que apresentam capacidade de reduzir recursos, reciclagem, controle de poluição e produtos com um *design* “verde”, são mais propensas a investirem em inovações.

Por fim, o rigor da regulamentação ambiental amplia, ainda mais, o desenvolvimento daecoinovação à medida que as empresas respondem positivamente às regulamentações ambientais. Portanto, pode ser observado que a regulamentação do governo tem grande impacto nas firmas que possuem maior investimento emecoinovações e naquelas que possuem menor investimentos. Assim, mostrando-se eficaz em incentivar as firmas que estão menos ligadas a questões ambientais, a aumentar a eficiência e reduzir custos, e aquelas que já apresentam inovações se tornam mais vantajosas no mercado de tecnologia e produtos ecológicos (KESIDOU; DERIMEL, 2012).

A análise de instrumentos políticos como forma de aumentar o uso de tecnologias ambientais, também é discutido em outras pesquisas. Para Aldieri *et al* (2019), a diversidade de tecnologia e a troca de experiências entre empresas são fatores determinantes para o desenvolvimento de um ambiente propício aecoinovações. Além disso, políticas relativas e uma estratégia industrial de crescimento têm impactos positivos nas inovações de países desenvolvidos, como os Estados Unidos, Japão e o continente Europeu. O que pode ser observado é que ambientes onde há a comunicação e a troca de inovação entre as instituições, existem “bolsas” de tecnologia ambiental mais desenvolvidas.

Já no estudo realizado na Alemanha por Claussen e Fichter (2019), os autores buscaram encontrar também os fatores que levam a difusão de tecnologias verdes de produtos e serviços. Assim, foi possível destacar dois fatores que realmente impulsionam a propagação de inovação ambiental no país, principalmente em empresas de menor porte. Visto que a introdução e difusão de novas tecnologias acontece de forma lenta pelo mundo, mesmo com o cenário de grandes desafios ambientais e as mudanças climáticas acontecendo por todo o planeta.

Dessa forma, o primeiro fator estaria relacionado ao desenvolvimento competitivo por parte do preço e da vantagem comparativa com produtos já existentes. Tal fator tem como resultado ampliar a demanda pelo público-alvo para os novos produtos (ecoinovações). O segundo fator teria relações com os fornecedores da própria tecnologia ambiental, como o objetivo de aumentar o nível da sua reputação e a disponibilidade dos serviços prestados (CLAUSEN; FICHTER, 2019).

Em outra análise mais específica das firmas de todo o mundo, pode ser observado que o nível da firma, como seu tamanho, sua performance financeira e a idade da empresa, é um fator que conta para a prática mais sustentável. Além disso, a pesquisa aponta a grande importância de políticas voltadas para o fomento de inovações ambientais. Assim, o nível industrial e o nível de fator do país influenciam na tomada de decisão das firmas. Neste caso, o uso de iniciativas de políticas regulatórias para o nível industrial, assim como o foco do governo em priorizar a qualidade institucional, tem potencial para melhorar significativamente o impacto do nível da firma em inovação ambiental em um nível nacional (BANERJEE; GUPTA; MCIVER, 2019).

Por esses motivos plurais, a complexidade do processo de introdução deecoinovadores é um dos principais entraves encontrados pelas firmas. Primeiramente, a incerteza do processo e do mercado são fatores de inibição observados tanto em países desenvolvidos quanto em países em desenvolvimento. Por ser uma demanda relativamente recente e que ainda precisa se consolidar em aspectos como conhecimentos específicos, entendimento do processo inovador e, o mais importante, adesão da sociedade como um todo as firmas apresentam dificuldades em absorver essa tendência. A questão chave abordada na literatura envolve os altos custos da execução de novas tecnologias, sendo preciso a aquisição de empréstimos e financiamentos. Além disso, a falta de conhecimento, pessoal qualificado e informação, também são fatores prejudiciais para a execução de projetos que propõem a inovação ambiental. Por fim, a incerteza do retorno dos investimentos e da procura por bens de inovação ambiental tornam-se o ônus na decisão final da empresa que deseja investir na implementação dasecoinovações (ARRANZ *et al*, 2019).

Dado esses entraves, é de se esperar que países não desenvolvidos tenham ainda mais dificuldade

em inovar. Além disso, esses países não possuem toda a estrutura prévia de conhecimento, infraestrutura e pessoas capacitadas. Contudo, em estudo realizado para os BRICS (Brasil, Rússia, Índia, China e África do Sul) apresenta resultados positivos para políticas voltadas para o meio ambiente em médio prazo. Dessa forma, a demanda por tecnologias sustentáveis tem uma grande influência para a regulamentação do sistema do país, gerando, também, impactos positivos em países vizinhos. A habilidade em tecnologia ambiental, é a chave para o desenvolvimento direto em P&D e esforços inovativos para um desenvolvimento mais sustentável. Como ainda, as ecoinovações tem efeito positivo na produção de energia nos países dos BRICS, podendo melhorar a estrutura tecnológica de problemas espaciais, além de mais eficiência na performance ambiental de todo o país (ALDIERI; KOTSEMIR; PAOLO VINCI, 2019).

Em suma, é importante perceber que a ecoinovação origina-se tanto de fatores internos quando fatores externos da organização, é a formação sistêmica de uma ideia que deverá gerar ações reais tanto de agentes públicos como de agentes privados.

No caso do Brasil, mais especificamente da Zona Franca de Manaus (ZFM), pode ser observado que o apelo pela biodiversidade local é crucial para a promoção de ecoinovações sobre o desenvolvimento de produtos que usam biotecnologias, biofarmacêuticos, biocosméticos e fitoterápicos. A biodiversidade como um todo é um motivador de ecoinovações, que reforça a ideia de uma teoria baseada no uso de recursos naturais. Para o futuro, é inevitável que o mercado vai depender da natureza (ALOISE; MACKE, 2017).

Assim, a maioria das tecnologias ambientais observadas na ZFM são de processos. Como, a coleta e armazenamento de água da chuva, eliminação de substâncias tóxicas e o uso de energia renovável. As maiores dificuldades encontradas para o desenvolvimento de ecoinovadores são relacionados com a desarticulação entre os principais atores do processo inovativo (empresas, universidades e agências do governo) e gestão econômica, cultural, operacional e questões políticas (ALOISE; MACKE, 2017).

Em outras pesquisas realizadas no Brasil para analisar o processo inovativo também encontram questões financeiras, qualificação de mão de obra e regulamentação ambientais, como fatores que são elementares na inovação das firmas. Na pesquisa realizada por Queiroz e Podcameni (2013), utilizando a PINTEC 2008, no qual os autores buscaram as características e as estratégias das firmas, foi possível constatar que tamanho da firma está ligado ao quanto ela investirá em tecnologia ambiental, firmas maiores são mais propensas a investirem em inovações. Além disso, o esforço inovativo e a geração de conhecimento promovem a criação de uma visão sistêmica da inovação, e se mostram ainda mais eficazes quando direcionados às questões ambientais.

Além dessas questões, o retorno financeiro das firmas é uma pauta recorrente na análise de tendência a inovação. A operação demandada para a implementação de novas tecnologias requer um esforço financeiro muito grande, já que envolve diversas esferas, dentro e fora da empresa, para que a inovação seja inserida. Contudo, esse investimento financeiro inicial não retorna diretamente em um crescimento financeiro proporcional a empresa (SALIBA DE OLIVEIRA, 2018).

Em uma análise qualitativa realizada por Cabral, Souza e Canêdo-Pinheiro (2020), com o objetivo de analisar como diferentes setores industriais são afetados na implementação de inovação em firmas brasileiras. Foi possível destacar a dificuldade financeira durante todo o ciclo de inovação e barreiras de conhecimento, tópicos já ressaltados por outros autores, não só no Brasil como em todo o mundo.

Por fim, observa-se que as empresas brasileiras, com o objetivo de absorver e difundir melhor as inovações, relacionam fatores como acordos colaborativos entre empresas, melhor difusão das informações, financiamento do governo e regulamentação ambiental. Para Cavalcante e Camões (2016), o Brasil adota uma tendência global de gestão pública, em que o governo é o responsável por adequar e incentivar as inovações ambientais no País. Para os autores, a promoção de incentivos, da regulamentação, e da criação de um ambiente no qual há o incentivo ao desenvolvimento de P&D, possibilita uma troca de experiências entre empresas públicas e privadas para melhorar a dinâmica da inovação e facilita a decisão de empresas que decidem inovar.

Em resumo, é possível observar que a discussão de ecoinovação nas empresas brasileiras é recente e prioriza o resultado que as motivou a implementar inovações. A intenção das empresas em efetivar



ecoinovadores é pouco discutida. Portanto, entender os verdadeiros determinantes das tecnologias ambientais é fundamental para que elas possam ser estimuladas (MONTENEGRO; CARVALHO, 2017)

### 3 Metodologia e base de dados

#### 3.1 Metodologia

Para a análise dos dados, será utilizado a análise de componentes principais (ACP). Uma técnica multivariada de modelagem da estrutura de covariância, que tem como objetivo explicar a variância e a covariância de um vetor aleatório através da construção de combinações lineares de variáveis originais. Essas combinações lineares são denominadas componentes principais e não são correlacionadas entre si. Permite a redução de dados em bases muito extensas com a menor perda de informação, indicando as principais variáveis e criando variáveis para a análise, também auxilia na interpretação dos dados (SILVA; SILVA; BORGES, 2015).

Dessa forma, a técnica é utilizada a geração de índices e agrupamentos de indivíduos de acordo com sua variância, isto é, segundo seu comportamento e suas características dentro da amostra. Para se construir esses índices é desejável que se tenha uma o maior número de informações da base de dados desejada (HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016).

De forma prática, a ACP faz o agrupamento de  $p$  variáveis  $X_1, X_2, \dots, X_p$  com médias  $\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p$  e variância  $\sigma_1, \sigma_2, \dots, \sigma_p$ . Sendo essas variáveis não independentes e, assim, possuem covariância entre a  $i$ -ésima e  $k$ -ésima variável definida por  $\sigma_{ik}$  para  $i \neq k = 1, 2, \dots, p$ . Por fim, as  $p$  variáveis podem ser expressas na forma vetorial por  $\mathbf{X} = [X_1, X_2, \dots, X_p]'$ , com vetor de médias  $\boldsymbol{\mu} = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_p]'$  e matriz de covariância  $\boldsymbol{\Sigma}$  (HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016):

$$\boldsymbol{\Sigma} = \begin{bmatrix} \sigma_{11}^2 & \dots & \sigma_{1p}^2 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \sigma_{n1}^2 & \dots & \sigma_{nn}^2 \end{bmatrix} \quad (1)$$

Ao se considerar que a matriz  $\boldsymbol{\Sigma}$  detém pares de autovalores e autovetores  $(\lambda_1, e_1), (\lambda_2, e_2), \dots, (\lambda_p, e_p)$  onde  $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots, \lambda_p$ , é obtida a definição do  $i$ -ésimo componente principal como sendo (JOHNSON; WICHERN, 1998; HONGYU, 2015 apud HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016):

$$\mathbf{Z}_i = e_i' \mathbf{X} \quad (2)$$

A variável  $\mathbf{Z}_i$  usualmente não é mensurada a partir do experimento, ela é mensurada ao projetar os pontos coordenados originais maximizando a distância entre eles. Para isso é realizada uma decomposição espectral da matriz de covariância ( $\boldsymbol{\Sigma}$ ), descrita por  $\boldsymbol{\Sigma} = \mathbf{P}\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{P}'$ , onde  $\mathbf{P}$  é a representação da matriz composta pelos autovetores de  $\boldsymbol{\Sigma}$  e  $\boldsymbol{\Lambda}$  é a matriz diagonal de autovalores de  $\boldsymbol{\Sigma}$ , então:

$$\text{tr}(\boldsymbol{\Sigma}) = \text{tr}(\mathbf{P}\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{P}') = \text{tr}(\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{P}'\mathbf{P}) = \text{tr}(\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{I}) = \text{tr}(\boldsymbol{\Lambda}) = \sum_{i=1}^p \lambda_i \quad (3)$$

$$\boldsymbol{\Lambda} = \begin{bmatrix} \lambda_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \lambda_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \lambda_p \end{bmatrix} \quad (4)$$

Dessa forma,  $\text{Etr}(\boldsymbol{\Sigma})$  é dada pela soma dos elementos da diagonal:

$$\text{tr}(\boldsymbol{\Sigma}) = \sum_{i=1}^p \sigma_{ii} = \sum_{i=1}^p \lambda_i \quad (5)$$

Assim, é dito que a variabilidade total contida nas variáveis originais é igual a variabilidade total contida nos componentes principais (JOHNSON; WICHERN, 1998 apud HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016). É possível, então, determinar que a contribuição que cada componente principal ( $\mathbf{Z}_i$ ) apresenta é dada pela porcentagem, podendo ser calculada para  $k$ -ésimo através da equação:

$$C_k = \frac{\text{Var}(\mathbf{Z}_i)}{\sum_{i=1}^p \text{Var}(\mathbf{Z}_i)} \times 100 \quad (6)$$

Por essa proporção é possível determinar o número de componentes principais que se deve reter. Normalmente, é escolhido o componente principal de maior importância como sendo o que possui a maior variância, que explique o máximo de variabilidade dos dados, até o componente principal de menor importância (MANLY, 1986 apud HONGYU; SANDANIELO; JUNIOR, 2016).

A utilização de componentes principais, proporciona uma análise que permite estabelecer a tipologia dos grupos das variáveis originais, sendo possível observar com clareza quais as variáveis estão reunidas e quantas variáveis podem ser consideradas (MONTENEGRO; CARVALHO, 2017).

### 3.2 Base de dados

A partir da análise metodológica, as informações escolhidas e a que mais se adequa à ferramenta de Análise de Componentes Principais (ACP) para analisar o comportamento das empresas brasileiras frente às diferentes estratégias de fomento à inovação ambiental foi a base de dados disponível na Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC, 2017). O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), publicou a primeira edição da PINTEC 2000, em 2002, com intuito de agrupar dados referentes ao desenvolvimento de inovação no País e auxiliar no desenho, implementação e avaliação de políticas pública e estratégias privadas. A PINTEC segue a recomendação do Manual de Oslo, de classificar a inovação como a implementação de produtos (bens e serviços) ou processos novos ou substancialmente aprimorados (PINTEC, 2017).

Portanto, levando em consideração que a unidade de investigação da PINTEC é a empresa, os requisitos para participarem da pesquisa são, estar em situação ativa no Cadastro Central de Empresas- CEMPRE; ter atividade principal compreendida nas indústrias extrativistas e de transformação, eletricidade e gás, telecomunicações, atividades dos serviços de tecnologia da informação, serviços de arquitetura e engenharia, pesquisa e desenvolvimento científico, por exemplo; ter 10 ou mais pessoas empregadas; e estar organizada juridicamente como entidade empresarial (PINTEC, 2017).

Assim, a pesquisa contabiliza os gastos realizados nas inovações implementadas e nos projetos em andamento e abandonados pelas empresas. Sendo os dispêndios divididos em oito categorias inovativas, atividades internas de P&D, aquisição externa de P&D, aquisição de outros conhecimentos externos, aquisição de *software*, aquisição de máquinas e equipamentos, treinamento, introdução das inovações tecnológicas no mercado e projeto industrial e outras preparações técnicas para a produção e distribuição (PINTEC, 2017).

Dessa forma, a PINTEC 2017 proporciona um panorama completo da implementação e absorção de tecnologia em território brasileiro, permitindo obter indicadores setoriais das atividades de inovação ambiental das empresas brasileiras. As principais variáveis referem-se às características da empresa, aos gastos com as inovações, ao financiamento destes gastos, ao nível de qualificação e tempo de dedicação das pessoas envolvidas nas atividades, aos impactos da inovação no valor das vendas e exportações e aos problemas encontrados (PINTEC, 2017).

O universo analisado pela PINTEC para o ano de 2017, foi computado em 116.962 empresas brasileiras. Das quais, 39.329 (33,6%) indicaram implementar inovação de produto e/ou processos, no período analisado entre os anos de 2015 a 2017. Com relação aos impactos ambientais, das empresas que declararam apresentar algum tipo de inovação, é possível identificar cinco principais tecnologias aplicadas por elas: a primeira é a reciclagem de resíduos, águas residuais ou materiais para venda e /ou reutilização com 57,9% das empresa, seguida da redução da contaminação do solo, da água, de ruídos ou do ar (51,3%), substituição (total ou parcial) de matérias-primas (37,7%), redução da ‘pegada’ de CO<sub>2</sub> (33,1%) e, por fim, a implementação de energias renováveis (17,2%) (IBGE, 2017).

A partir da análise setorial da base da PINTEC 2017, foram examinados 66 setores divididos em quatro grandes grupos (Indústria Extrativista; Indústria de Transformação; Eletricidade e gás e Serviços). Das 15.975 empresas que disseram reduzir o impacto ambiental 53,92% delas correspondem a 6 setores observados. Sendo eles fabricação de produtos alimentícios (14,4%), confecção de artigos de vestuários e acessórios (10,04%), fabricação de produtos químicos (6,43%), fabricação de produtos de minerais não-metálicos (9,89%), fabricação de produtos de metal (6,9%) e fabricação de máquinas e equipamentos (6,26%).

Com base na análise de empresas inovadoras, foram destacados quatro fatores que contribuíram para a introdução de tecnologias verdes, as normas ambientais (46,15%), demanda do mercado (37,24%), reputação (59,42%) e apoio governamental (11,2%). Além disso, as empresas destacam como sendo os principais obstáculos para a introdução de inovação os riscos econômicos excessivos (52,82%), elevados custos da inovação (50,27%), escassez de fonte apropriada de financiamento (46,29%) e falta de pessoal qualificado (31,86%). Tais fatores também são apontados como sendo empecilhos para as empresas que não apresentaram nenhum tipo de inovação ou projeto inovativo na pesquisa, sendo que quase 60% da amostra aponta os riscos econômicos e os elevados custos de inovação os principais obstáculos a serem enfrentados.

Dessa maneira, ao utilizar as variáveis de impacto ambiental das inovações apresentadas pelas empresas, será possível investigar se o aspecto da sustentabilidade favorece e/ou viabiliza a melhoria das práticas e dos processos internos das firmas. Em

outras palavras, o estudo permitirá verificar as características e o perfil das empresas brasileiras mais propensas a implementar estratégias de inovação ambiental (MONTENEGRO; CARVALHO, 2017).

Sendo assim, o presente estudo busca traçar um perfil e caracterização dos setores brasileiros de acordo com suas estratégias inovativas e ambientais. Dessa forma, foram considerados três (3) conjuntos com variáveis relacionadas aos seguintes conjuntos [Conjunto 1]: Estratégias inovativas ambientais; [Conjunto 2]: Estratégias de apoio e incentivo a inovação; [Conjunto 3]: Fontes de informação (Quadro 1).

As variáveis analisadas no Conjunto 1 – Estratégias inovativas ambientais – representam as principais estratégias inovativas adotadas pelas empresas para reduzir o impacto ambiental. É esperado observar quais os principais meios tecnológicos utilizados pelas empresas para diminuir os impactos causados ao meio ambiente. Assim, nesse conjunto são utilizadas três variáveis que melhor exemplificam as inovações empregadas e que identifica os setores que implementaram inovações que reduziram o impacto no meio ambiente.

Dessa forma, essas variáveis são importantes para o estudo, pois representam o princípio de uma economia sustentável, no qual o desenvolvimento deve acontecer de modo que, a produção e o consumo, não destruam o meio ambiente. Ademais, propõe uma maior eficiência da produção e do consumo com a reutilização de insumos e redução da poluição gerada (NASCIMENTO, 2012). Outra questão importante desse conjunto, é entender como a tecnologias verdes empregadas nas empresas são utilizadas, podendo ser divididas em dois grupos, o primeiro diz respeito a tecnologias que reduzem ou eliminam os danos já causados, e o segundo representa as tecnologias que buscam prevenir novos danos. Por fim, é preciso dizer que o processo tecnológico é dinâmico e mutável, as inovações estão sempre apresentando novas alternativas e soluções para os problemas enfrentados pelas firmas e o meio ambiente (KOELLER *et al*, 2020).

#### Quadro 1- Indicadores e objetivos dos esforços apresentados pelas empresas em tecnologia e meio ambiente

Conjuntos	SIGLAS	Indicadores	Objetivos
Conjunto 1 (Estratégias inovativas ambientais)	REC	Reciclagem de resíduos, água residuais ou materiais	Identificar quais os principais recursos utilizados pelas empresas na implementação de IA
	REP	Redução da "pegada" de CO2	
	RIA	Redução do impacto ambiental	
Conjunto 2 (Estratégias de apoio e incentivo a inovação)	MAN	Manutenção da participação da empresa no mercado	Identificar quais setores mais utilizam de políticas governamentais para a introdução inovativa e quais os principais ganhos das empresas ao aderirem novas tecnologias
	GOV	Apoio governamental	
	CAP	Aumento da capacidade produtiva	
	PED	Incentivo fiscal à P&D	
	SUB	Subvenção econômica	
Conjunto 3 (Fonte de informação)	UNI	Universidades ou outros centros de ensino superior	Identificar como os recursos destinados a inovações é aplicado nas empresas
	SUN	Projetos de P&D sem parceria com universidades	
	CEI	A compra de máquina e equipamentos utilizados para inovar	

Fonte: Elaboração própria com base na PINTEC (2017).

O Conjunto 2– Estratégias de apoio e incentivo a inovação - diz respeito as estratégias de capazes de fomentar o desenvolvimento de tecnologias. Com ele será possível analisar o efeito do apoio governamental para a adoção e criação de inovações tecnológicas que resultam em inovação ambiental. Também, será possível observar quais os setores que mais dependem do auxílio do governo na implementação de tecnologias, e especificar um padrão para as empresas que fazem uso desse recurso. Por fim, especificar os principais ganhos das empresas com o desenvolvimento de tecnologias ambientais, que proporcionam uma

tomada de decisão mais assertiva e, conseqüentemente, fomentam a melhora na eficiência das estratégias governamentais, adotadas para promover o aumento da introdução tecnológica e, portanto, os investimentos das empresas.

Segundo Souza (2002), a gestão ambiental empresarial é pautada pela pressão de regulamentação, pela busca de uma melhor reputação, pela pressão de investidores para que as firmas reduzam seu risco ambiental, pressão dos consumidores e pela própria concorrência. Assim, fatores que aumentem a participação no mercado e que provoquem vantagens comparativas de seus produtos e serviços, são priorizados pelas empresas. Dessa forma, é necessário levar em consideração que o governo tem um papel importante ao proporcionar um cenário favorável para a adoção de novas inovações, como o aumento da regulamentação ambiental, suporte econômico e incentivo a compras e aquisições de tecnologias limpas (HALL; CLARL, 2003 apud JABBOUR, 2010).

Por fim, o Conjunto 3- Fonte de informação-, pretende investigar como os incentivos financeiros destinados a tecnologia ambiental nas empresas estão associadas ao desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias ambientais. Desta forma, a análise do Conjunto 3 permitirá identificar as fontes de informação das tecnologias empregadas pela empresa como, por exemplo, se o desenvolvimento aconteceu através de universidades ou centros educacionais, se foi por meio de uma empresa privada, ou se foi pela aquisição de equipamentos.

Esse conjunto, então, busca entender a origem dessas tecnologias, já que uma inovação tem um conceito amplo que envolve novos designs, equipamentos e procedimentos operacionais. Cada uma dessas transformações requer um conhecimento específico e saber a origem do desenvolvimento dessas tecnologias auxilia na difusão delas para mais empresas (JABBOUR, 2010).

Na próxima seção será apresentado os resultados da análise de componentes principais para a análise do desempenho em inovação ambiental das empresas brasileiras.

#### **4 Resultados**

Com base nas informações obtidas na PINTEC 2017 (triênio 2015-2017) e a partir das variáveis contempladas nos três conjuntos apresentados anteriormente, a saber: estratégias inovativas ambientais (Conjunto 1), estratégias de apoio a inovação (Conjunto 2); fonte de informação (Conjunto 3), os resultados apresentados pela metodologia de Análise de Componentes Principais (ACP) permitirão observar um panorama de forma objetiva as características dos 66 setores da Indústria de Transformação no Brasil, levando em consideração as 11 variáveis originais apresentadas<sup>1</sup>. A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos de acordo com a variância explicativa de cada componente principal.

Sendo assim, o componente 1 explica 33,63% das variáveis, o componente 2 explica 24,76 % e o componente 3 12,03%, a soma dos 3 componentes apresenta uma explicação de 70,41% das variáveis observadas. Para obter resultados significativos em uma ACP, é preciso obter um conjunto de componentes que explique pelo menos 70% da variância total da amostra (MONTENEGRO; CARVALHO, 2017). A matriz de correlação das variáveis pode ser vista no Anexo 2 .

A análise da Tabela 2 permite, dessa forma, entender o que cada componente representa de acordo com as características das variáveis mais representativas<sup>2</sup>. O primeiro componente apresenta o maior número de variáveis explicativas, tendo variância maior na explicação da estratégia inovativas ambientais (REP), estratégia governamentais de apoio a inovação (GOV, PED, SUB), e fonte de informação (UNI, SUN).

<sup>1</sup> As análises descritivas constam nos Anexos 2 e 3.

<sup>2</sup> O teste  $\alpha$  teve o valor equivalente a 0,7751. O teste mede a consistência interna, ou coerência, de um grupo de itens de mensuração selecionados, calculado com base na correlação cruzada entre os itens. No caso, o teste apresentou um resultado satisfatório de consistência interna.

**Tabela 1 – Informações sobre componentes principais**

Componentes	Autovetor	Variância explicativa		Diferença
		Independente	Acumulativa	
Componente 1	3.6991	33,63%	33,63%	0.9756
Componente 2	2.7234	24,76%	58,39%	1.4006
Componente 3	1.3228	12,03%	70,41%	0.3883
Componente 4	0.9344	8,5%	78,91%	0.3141
Componente 5	0.6202	5,64%	84,55%	0.1656
Componente 6	0.4546	4,13%	88,68%	0.0185
Componente 7	0.4361	3,96%	92,64%	0.1435
Componente 8	0.2924	2,66%	95,3%	0.0391
Componente 9	0.2533	2,3%	97,61%	0.1047
Componente 10	0.1485	1,35%	98,96%	0.0337
Componente 11	0.1148	1,04%	100,00%	–

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2017.

**Tabela 2 - Coeficiente da matriz de ACP**

Variáveis	Componente 1	Componente 2	Componente 3
REC	0,2754	<b>0,4448</b>	0,0092
REP	<b>0,3361</b>	0,324	-0,0294
GOV	<b>0,3809</b>	-0,0711	0,1496
RIA	0,2844	<b>0,4029</b>	-0,0008
MAN	-0,0949	0,0544	<b>0,6383</b>
CAP	-0,0641	-0,0048	<b>0,7085</b>
UNI	<b>0,3411</b>	-0,2056	-0,186
PED	<b>0,3213</b>	-0,3118	0,0597
SUB	<b>0,3804</b>	-0,3083	0,1038
SUN	<b>0,4107</b>	-0,2854	0,1171
CEI	0,1976	<b>0,4592</b>	0,0671

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2017.

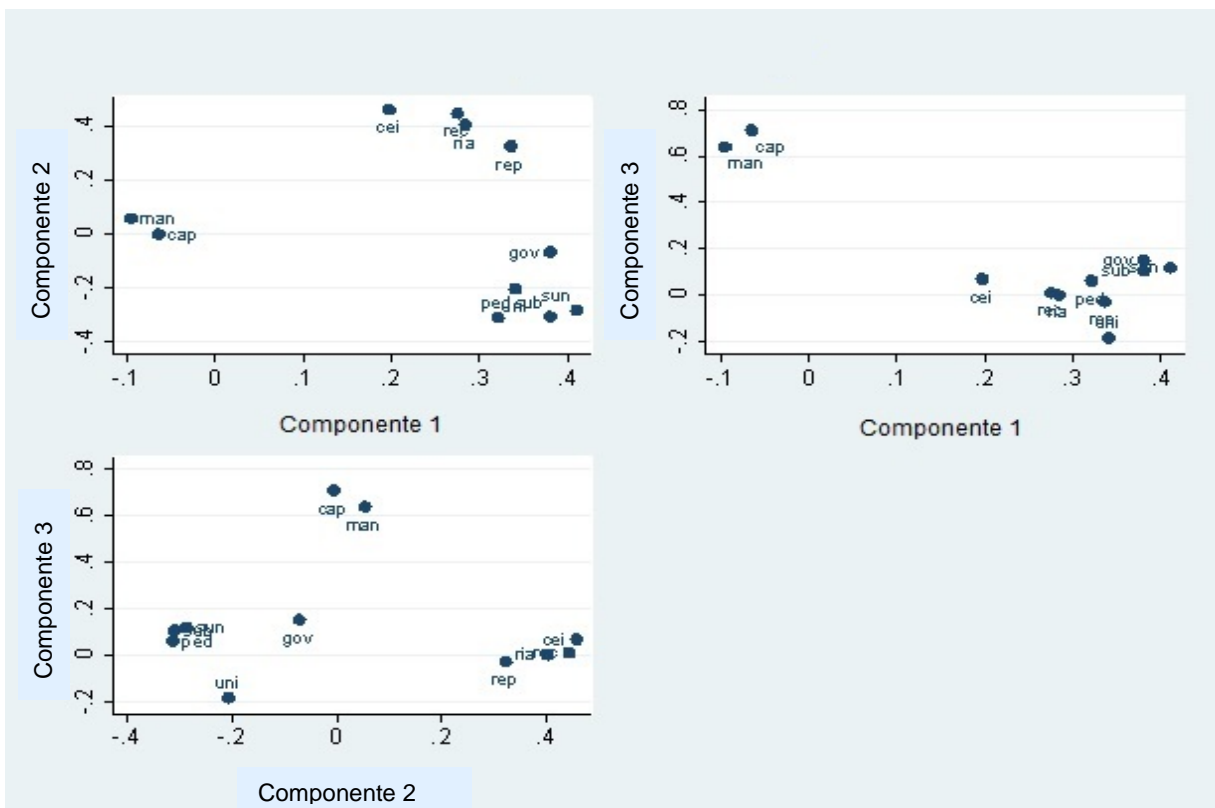
Para uma melhor visualização gráfica dos três componentes principais, a Figura 1 será analisada par a par, avaliando os agrupamentos à luz das variáveis originais.

Ao examinar a Figura 1, observa-se que o layout de gráficos combinados representa a exibição de componentes principais, a partir da perspectiva das observações. Em outras palavras, os pontos representados pelas variáveis originais são úteis para detectar valores discrepantes, de acordo com o conhecimento prévio das variáveis originais. O gráfico das cargas no plano Componente 1 x Componente 2 (Grupo 1), é possível inferir que os coeficientes de REP, GOV, PED e UNI são correlacionadas significativamente entre si, diferentemente das outras variáveis (REC, RIA e CAP). Dessa forma é possível confirmar as observações feitas para o gráfico de scores com relação as variáveis originais que mais influenciaram nas distinções observadas em cada componente principal. O mesmo ocorre nos planos Componente 3 x Componente 1 (Grupo 2) (CAP, MAN e CEI) e Componente 3 x Componente 2 (Grupo 3) (GOV, UNI e REP), respectivamente.

Observando-se os gráficos, o grupo 2, das variáveis que estão contidas no canto inferior, constata-se que são as variáveis que possuem uma maior representatividade em relação aos Conjuntos 1 e 2, pois estão localizadas distante da origem, sendo que as demais variáveis possuem baixa representatividade em relação a este fator. Por outro lado, o grupo 3, combinam esforços quanto aos conjuntos 1 e 3 cujas estratégias baseiam-se nas inovações ambientais e nas fontes de informações. Portanto, a leitura feita a partir do componente 1 mostra que fatores como os gastos subsidiados pelo governo de forma direta ou indireta, com pesquisas e desenvolvimento gerados tanto através de universidades e outros centros educacionais, e principalmente com as tecnologias propostas por instituições não ligadas a universidades possuem uma forte relação para o desenvolvimento de tecnologias

ambientais. Por demonstrar a importância do desenvolvimento de um sistema organizacional capaz de propulsionar a adesão de tecnologias que melhorem os processos industriais é possível classificar esse componente como sendo *Processo de incentivo governamental*.

**Figura 1 – Cargas dos três componentes principais**



Fonte: Elaboração própria

De acordo com Borghesi *et al* (2015), a aquisição de conhecimentos a partir de várias fontes de informação é importante para o desenvolvimento de tecnologias ambientais, quando há uma melhor difusão do conhecimento o incentivo para o desenvolvimento de inovações propicia a adesão das empresas em adquirir tecnologias limpas. Além disso, o autor aponta que a intensidade de energia gasta pelo setor industrial é altamente correlacionada com a introdução de ecoinovações.

Observou-se que os setores que apresentaram maior participação no primeiro componente foram os setores industriais que dependem de um constante processo de inovação de produto, desenvolvimento de tecnologias e de mudanças na estrutura industrial para diminuir impactos ambientais. Entre os setores<sup>3</sup> podemos exemplificar: como a fabricação de celulose e outras pastas (IND 9), fabricação de automóveis, caminhonete e utilitários, caminhões e ônibus (IND 46), fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos (IND 21), também produtos químicos inorgânicos (IND 16). Ademais, no setor de serviços a pesquisa e desenvolvimento (SERV 10) possui a maior importância no componente, mostrando uma alta relação do desenvolvimento de inovações com a redução dos impactos ambientais.

Por exemplo, a indústria de fabricação de celulose e outras pastas que depende de diversos processos químicos para transformar a madeira nos sub-produtos. Tais processos geram resíduos gasosos, líquidos e sólidos que são altamente danosos para o meio ambiente, dessa forma, são necessárias diversas tecnologias para minimizar seus impactos (MIRANDA, 2008). Logo, é possível observar que o papel do governo representado pelas variáveis GOV, SUB e PED, tem efeito positivo no comportamento das firmas a adotarem medidas de redução da “pegada” ambiental produzidas por indústrias que possuem alto impacto ao meio ambiente. Como apresentado pela hipótese de Poter e Van der Linde (1995, apud MONTENEGRO; CARVALHO, 2017) a regulamentação ambiental forte promove maior eficiência e o melhoramento das inovações verdes. O desenvolvimento de uma cultura de sustentabilidade ambiental é um fator importante para a inovação, com a influência de produtos mais limpos e de programas de organização ambiental as empresas ficam mais propensas a aderirem tecnologias ambientais (SEVERO *et al*, 2017).

Em relação ao componente 2, observou-se três variáveis representativas sendo caracterizadas pelos conjuntos de estratégias inovativas ambientais (REC, RIA) e incentivos financeiros (CEI). Assim, essas variáveis demonstram que o incentivo financeiro a compra de máquinas e equipamentos tem uma resposta positiva para o incentivo da reciclagem de resíduos e outros

<sup>3</sup> Os setores analisados estão dispostos no Anexo 1.

materiais na linha de produção das empresas, por consequência apresenta uma grande redução do impacto ambiental gerado por elas nas suas produções. Por destacar a diminuição dos efeitos causados pelas indústrias na natureza esse componente pode ser chamado de *Processo de redução de impacto ambiental*.

Os setores mais significativos dessa variável foram: a indústria extrativista (EXT), fabricação de produtos de madeira (IND 7), refino de petróleo (IND 14), fabricação de produtos químicos (IND 15), fabricação de produtos químicos inorgânicos (IND 16), metalurgia de metais não-ferrosos e fundições (IND 28). São indústrias caracterizadas pelo grande impacto no meio ambiente, com extração de recursos naturais, poluição de água, solo e ar, e resíduos diversos que tem grande impacto na natureza. Ademais, os setores especificados precisam de constante manutenção das inovações empregadas para se adaptarem as normas e adequações necessárias.

Logo, é possível destacar que essas indústrias sofrem maior pressão para aderirem ecoinovações e, para isso, adquirem máquina e equipamentos que auxiliam no processo de reciclagem de resíduos, água residual ou materiais (REC) e redução da “pegada” de CO<sub>2</sub>, apesar de apresentar maior importância no componente 1.

Tais inovações podem ser chamadas de *end-of-pipe* (ou inovações de final de linha) por não apresentar uma solução tecnológica que muda a estrutura da linha de produção, mas apenas diminui o lixo que a empresa produz (QUEIROZ; PODCAMENI, 2013). Apesar disso, um estudo realizado nos Estados Unidos e no Japão aponta que a reciclagem de resíduos é um passo importante para a estratégia industrial, pois contribui com inovações internas relevantes, mas também gera integração entre diferentes indústrias, já que mais a reciclagem pode acontecer em diferentes etapas da produção o que incentiva o maior uso de tecnologias (ALDIERI *et al*, 2019).

O último componente apresenta duas variáveis principais, que representam as variáveis representadas pelo impacto causado pela implementação de tecnologia ambientais na empresa (MAN, CAP). Essas variáveis demonstram o custo benefício positivo que as empresas recebem em implementar a inovação, sendo uma demonstração importante para fomentar mais empresas a aderirem a novas tecnologias. Em primeiro lugar, a incorporação de tecnologias no sistema da empresa gera um aumento da capacidade produtiva da mesma, e ainda mantém a empresa no mercado, a tornando mais competitiva. Por estar ligado aos ganhos das empresas ao aderirem a algum tipo de tecnologia esse componente pode ser chamado de *Processo de ganho empresarial*.

Os setores que se destacaram nesse componente foram fabricação de fumo (IND 3); preparação de couros e fabricações de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados (IND 6); fabricação de componentes de informática e periféricos (IND 32); desenvolvimento de software sob encomenda (SERV 4) e fabricação de pilhas, lâmpadas e outros (IND 39). São setores que não apresentam demanda ou preocupação diretas por inovações ambientais, mas compram máquina e equipamentos e desenvolvem algum tipo de inovação para aumentar a produtividade e a participação da empresa no mercado.

Para Romeiro e Salles Filho (1997 apud QUEIROZ; PODCAMENI, 2013), a introdução de tecnologias ambientais também pode ser explicada pela vantagem provocada pelo entendimento de uma oportunidade tecnológica. Dessa forma, o desenvolvimento e a introdução de inovações ambientais em uma empresa ocorrem quando existe um contexto competitivo no qual leva a firma a perceber a questão ambiental como uma vantagem competitiva para o seu mercado.

Por fim, para melhor observação dos resultados discutidos acima o Quadro 2 sintetiza os principais resultados observados na análise.

**Quadro 2 – Síntese dos principais resultados da ACP**

COMPONENTES	VARIÁVEIS (por ordem de significância)	SETORES	RESULTADO ANALISADO
Processo de incentivo governamental	SUN GOV SUB UNI REP PED	IND 9 IND 46 IND 21 IND 16 SERV 10	Os resultados analisados demonstram a importância do desenvolvimento de um sistema organizacional capaz de propulsionar a adesão de tecnologias que melhorem os processos industriais.
Processo de redução de impacto ambiental	CEI REC RIA	EXT IND 7 IND 14 IND 15 IND 16 IND 28	Os resultados analisados demonstram que o incentivo financeiro a compra de máquinas e equipamentos tem uma resposta positiva para o incentivo da reciclagem de resíduos e outros materiais na linha de produção das empresas.
Processo de ganho empresarial	CAP MAN	IND 3 IND 6 IND 32 SERV 4 IND 39	Os resultados analisados demonstram o custo benefício positivo que as empresas recebem ao implementar a inovação, sendo uma demonstração importante para fomentar mais empresas a aderirem a novas tecnologias.

Fonte: Elaboração própria.

## 5 Conclusão

O presente artigo teve como objetivo identificar o processo de inovação ambiental que aconteceu nas empresas brasileiras, buscando entender o que levou a implementação de novas tecnologias, principais obstáculos e os setores que mais inovaram. Os resultados apresentados identificaram os processos inovativos das empresas que foram definidos através da análise de componentes principais (ACP) como o incentivo do governo, a redução de impacto e o ganho empresarial. Além disso, foi possível extrair da base de dados informações importantes como os desafios enfrentados pelas empresas e os fatores que contribuíram para a introdução de inovação.

De acordo com as análises feitas foi possível observar que fatores como a reputação das empresas; normas ambientais existentes; código de boas práticas nos setores que elas atuam; elevados custos de energia, água ou materiais; e demanda de mercado são os principais responsáveis pela inserção de inovação ambiental nas empresas brasileiras. Ao comparar a resposta com os 66 setores observados é possível ver um padrão de predominância das indústrias de transformação que utilizam de recursos naturais, geram grandes impactos ambientais e possuem um alto custo de produção.

Para as indústrias de transformação a reputação (60,45%) é o que mais contribuiu para implementação de inovações ambientais, seguido por código de boas práticas (53,79%), elevados custos (49,81%) e normas ambientais existentes (46,3%). A partir desse cenário é possível constatar que apesar do apoio do governo não ser visto como o principal motivador de inovação, é possível observar que normas ambientais existentes tem um impacto significativo na tomada de decisão das empresas. Dessa forma, existe espaço de potencial crescimento para políticas públicas que procuram incentivar e regulamentar as inovações aplicadas nas empresas.

Ademais, a partir da base de dados da PINTEC 2017, também, foi possível traçar os principais setores que inovaram em tecnologias limpas no país que são: fabricação de alimentos; confecção de artigos de vestuário e acessório; fabricação de produtos de madeira; fabricação de produtos químicos; fabricação de artigos de borracha e plástico; fabricação de produtos de minerais não-metálicos; fabricação de produtos de metal; fabricação de máquinas e equipamentos. Tais setores apontaram como o principal motivo de adoção de ecoinovações são as regulamentações existentes. Desse modo, é possível constatar que setores que fazem uso de grande quantidade de recursos naturais, fábricas que possuem alto consumo de energia, água e outros recursos escassos, são mais propensas a investir nessas inovações que buscam principalmente reduzir contaminações do solo, da água, de ruídos ou do ar; reciclar resíduos produzidos e reduzir a emissão de CO<sub>2</sub>.

Além disso, as empresas apontam que a adoção de tecnologias trouxe impactos como a manutenção e o aumento da participação no mercado, aumento da capacidade produtiva, melhoria na qualidade do produto e a redução dos custos. Tais fatores demonstram a importância das vantagens comparativas das empresas que adotaram inovações, e mostra o poder de crescimento econômico e de mercado que elas adquirem. Contudo, apesar de apresentar respostas positivas as tecnologias, não é possível afirmar que a atual situação das empresas provoca uma mudança de desenvolvimento sustentável permanente e crescente. Ainda existem barreiras muito expressivas que impedem a implementação de novas tecnologias no País.

Assim, os principais obstáculos enfrentados pelas empresas ao implementarem tecnologias verdes são os riscos econômicos excessivos, elevados custos de inovação, escassez de fonte apropriada de financiamento e falta de pessoal qualificado. Tais argumentos estão ligados a questões de interesse público e privado em promover um cenário mais propício e motivador de tecnologias, pois o custo da implementação de uma inovação ambiental é intrínseco a disponibilidade do mercado em fornecer novas tecnologias, pessoas qualificadas para atender todo o processo desde a criação até a manutenção dos equipamentos e o papel da empresa no mercado.

Conseqüentemente, fatores como organização ambiental tem um papel importante na introdução de políticas públicas voltadas para o incentivo de ecoinovações. Como regulamentações ambientais, facilidade de financiamentos, incentivos a P&D e maior difusão de tecnologia. Pois, o atual cenário do Brasil não corresponde ao potencial do país, que apesar de desenvolver projetos e pesquisas tem muita dificuldade de introduzir e levar esse conhecimento para solucionar problemas reais da sociedade e das empresas.

Com essas informações, que trazem as principais questões enfrentadas pelas firmas, é possível melhorar o planejamento estratégico de difusão e desenvolvimento de tecnologias verdes. Assim, identificar quais políticas e cenários apresentam melhores respostas inovativas das empresas é importante para que a introdução de inovação seja mais eficiente. Além de auxiliar na tomada de decisão das empresas e setores industriais que pretendem implementar novas tecnologias.

Entretanto, o presente estudo apresentou restrições de análise devido a base de dados, o que dificultou compreender a capacidade inovativa das empresas, e entender o quanto de inovação foi adotada e o quanto, de fato, essas inovações tiveram impacto significativo no meio ambiente. Atualmente, o debate de um desenvolvimento mais sustentável no Brasil vem crescendo e chamando mais atenção para a relação das empresas com a natureza, mas ainda não é possível identificar o quanto esse debate converte em ações empresariais que diminuam o impacto das firmas na natureza.



Por isso, com o intuito de auxiliar futuras linhas de pesquisa é importante que mais estudos desenvolvam a temática e proponham novos olhares sobre o efeito das tecnologias limpas. Assim, ao aplicar novas metodologias e pensamentos na análise, será possível traçar mais características e respostas que auxiliaram na tomada de decisão tanto das empresas, como de futuras políticas voltadas para inovações ambientais. O tema de tecnologias ambientais é amplo e dinâmico, por apresentar constante necessidade de inovações tecnológicas que auxiliem no desenvolvimento e nas soluções de problemas do presente, desse modo é necessária uma constante visita no assunto para que seja possível compreender os principais dilemas e aplicações das tecnologias apresentadas.

## REFERÊNCIAS

- ALDIERI, L.; KOTSEMI, M.; PAOLO VINCI, C. Environmental innovations and productivity: Empirical evidence from Russian regions. **Resources Policy**, p. 101444, jul. 2019.
- ALDIERI, L. *et al.* Waste recycling patents and environmental innovations: An economic analysis of policy instruments in the USA, Japan and Europe. **Waste Management**, v. 95, p. 612–619, jul. 2019.
- ALOISE, P. G.; MACKE, J. Eco-innovations in developing countries: The case of Manaus Free Trade Zone (Brazil). **Journal of Cleaner Production**, v. 168, p. 30–38, dez. 2017.
- ANDRADE, T. DE. Inovação tecnológica e meio ambiente: a construção de novos enfoques. **Ambiente & Sociedade**, v. 7, n. 1, p. 89–105, jun. 2004.
- ARRANZ, N. *et al.* Incentives and inhibiting factors of eco-innovation in the Spanish firms. **Journal of Cleaner Production**, v. 220, p. 167–176, maio 2019.
- BARBIERI, J. C. *et al.* Inovação e sustentabilidade: novos modelos e proposições. **Revista de Administração de Empresas**, v. 50, p. 146-154, 2010.
- BANERJEE, R.; GUPTA, K.; MCIVER, R. What matters most to firm-level environmentally sustainable practices: Firm-specific or country-level factors? **Journal of Cleaner Production**, v. 218, p. 225–240, maio 2019.
- BORGHESI, S. *et al.* Environmental innovation and socio-economic dynamics in institutional and policy contexts. **Journal of Evolutionary Economics**, v. 23, n. 2, p. 241–245, 27 mar. 2013.
- BORGHESI, S. *et al.* Linking emission trading to environmental innovation: Evidence from the Italian manufacturing industry. **Research Policy**, v. 44, n. 3, p. 669–683, abr. 2015.
- CABRAL, B. P.; SOUZA, F. de; CANÊDO-PINHEIRO, M. **Assessing the impacts of innovation barriers: a qualitative analysis of Brazil's natural resources industry.** 2020.
- CAVALCANTE, P.; CAMÕES, M. Do the Brazilian innovations in public management constitute a new model? **RAI Revista de Administração e Inovação** v. 14, n. 1, p. 90–96, jan. 2017.
- CLAUSEN, J.; FICHTER, K. The diffusion of environmental product and service innovations: Driving and inhibiting factors. **Environmental Innovation and Societal Transitions** v. 31, p. 64–95, jun. 2019.
- COSTA, A. B. DA. TEORIA ECONÔMICA E POLÍTICA DE INOVAÇÃO. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 20, n. 2, p. 281–307, ago. 2016.
- FREEMAN, C. Continental, national and sub-national innovation systems—complementarity and economic growth. **Research Policy**, v. 31, n. 2, p. 191–211, fev. 2002.
- FREEMAN, C.; PEREZ, C. **Structural crises of adjustment business, cycles and investment behavior.** IN: DOSI, G. *et al.* Technical Change and Economic Theory. London: Pinter Publishers, 1988.
- HALL, J.; VRENDENBURG, H. The challenges of innovating for sustainable development. **MIT Sloan Management Review**, v. 45, n. 1, p. 61-68, 2003.
- HONGYU, K.; SANDANIELO, V. L. M.; JUNIOR, G. J. de O. Análise de Componentes Principais: Resumo Teórico, Aplicação e Interpretação. **E&S Engineering and Science**, v. 5, n. 1, p. 83–90, 29 jun. 2016.
- IBGE. **IBGE | Biblioteca | Detalhes | Pesquisa de inovação: 2017: análise complementar: sustentabilidade e inovação ambiental.** Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/index.php/biblioteca-catalogo?view=detalhes&id=2101732>>. Acesso em: 28 nov. 2021.
- JABBOUR, C. J. C. Tecnologias ambientais: em busca de um significado. **Revista de Administração Pública**, v. 44, n. 3, p. 591–611, jun. 2010.
- JOHNSON, R.A.; WICHERN, D.W. **Applied multivariate statistical analysis.** Madison: Prentice Hall International, p. 816, 1998.
- KEMP, R., PEARSON, P. Final Report MEI project about measuring eco-innovation. Measuring Eco Innovation Project, Deliverable 15, 2007.

- KESIDOU, E.; DEMIREL, P. On the drivers of eco-innovations: Empirical evidence from the UK. **Research Policy**. v. 41, n. 5, p. 862–870, jun. 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048733312000194?via%3Dihub>>.
- KOELLER, P *et al.* **TD 2556 - EcoInovação: revisitando o conceito**. Rio de Janeiro. 2020. Disponível em: <[https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com\\_content&view=article&id=35507](https://www.ipea.gov.br/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=35507)>.
- KUEHR, R. Environmental technologies – from misleading interpretations to an operational categorisation & definition. **Journal of Cleaner Production**, v. 15, n. 13-14, p. 1316–1320, set. 2007.
- MANLY, B. F. J. **Multivariate statistical methods**. New York, Chapman and Hall, p. 159, 1986.
- MARX, K. **O Capital: crítica da economia política**. Coleção Os Economistas. V. I (Tomos 1 e 2). São Paulo: Abril Cultural, [1867]1983/1984.
- MIRANDA, R. E. S. **Impactos ambientais decorrentes dos resíduos gerados na produção de papel e celulose**. Monografia (Curso de Engenharia Florestal) – Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2008.
- MONTENEGRO, R. L.; CARVALHO, F. Eco-Inovações e o Desafio Ambiental. In: Márcia Siqueira Rapini; Leandro Alves Silva; Eduardo da Motta e Albuquerque. (Org.). **Economia da Ciência, Tecnologia e Inovação: Fundamentos teóricos e a economia global**. 1ed. Curitiba: Primas, v. 1, p. 491-524, 2017.
- NASCIMENTO, E. P. do. Trajetória da sustentabilidade: do ambiental ao social, do social ao econômico. **Estudos Avançados**, v. 26, n. 74, p. 51-64, 2012.
- OCDE. **Manual de Oslo Terceira edição**. Organização de Cooperação e Desenvolvimento Econômico. 2005. Disponível em: <<http://www.finep.gov.br/images/apoio-e-financiamento/manualoslo.pdf>>.
- OCDE. **Environmental Policy, Technological Change and Patent Activity**. Working Party on National Environmental Policies., 18 jun de 2008.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Agenda 21**. Rio de Janeiro: CM-MED, 1992.
- PAIVA, M. S. DE *et al.* Inovação e os efeitos sobre a dinâmica de mercado: uma síntese teórica de Smith e Schumpeter. **Interações (Campo Grande)**, p. 155–170, 16 fev. 2018.
- PEREZ, C. A green and socially direction for the ICT paradigm. **Globelics Working Paper Series**, v. 01, mar de 2014.
- PESSINI, L.; SGANZERLA, A. Evolução histórica e política das principais conferências mundiais da ONU sobre o clima e meio ambiente. **Revista Iberoamericana de Bioética**, n. 01, jan. 2016.
- Pesquisa de Inovação | IBGE**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/multidominio/ciencia-tecnologia-e-inovacao/9141-pesquisa-de-inovacao.html?=&t=conceitos-e-metodos>>. Acesso em: 18 ago. 2021.
- PORTER, Michael; LINDE, Claas Van der. Toward a New Conception of the Environment - Competitiveness Relationship. **Journal of Economic Perspectives**, v. 9, n.4, p.97- 118, 1995.
- QUEIROZ, J. M. de; PODCAMENI, M. G. VON B. Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais? **Revista Brasileira de Inovação**, v. 13, n. 1, p. 187, 3 dez. 2013.
- ROMEIRO, A. R.; SALLES FILHO, S. L. Dinâmica de inovações sob restrição ambiental. In: ROMERO, A. R.; PHILIP, B. (Orgs.). **Economia do meio ambiente: teoria política e a gestão de espaços regionais**. 1ª ed. Campinas: Unicamp, v. 1, p. 85-124, 1997.
- SALIBA DE OLIVEIRA, J. A. *et al.* Innovation and financial performance of companies doing business in Brazil. **International Journal of Innovation Studies**, v. 2, n. 4, p. 153–164, dez. 2018.
- SEVERO, *et al.* Cleaner production and environmental management as sustainable product innovation antecedents: A survey in Brazilian industries. **Journal of Cleaner Production**, v. 142, p. 87–97, jan. 2017.
- SILVA, M. C.; SILVA, J. D. G.; BORGES, E. F. **ANÁLISES DE COMPONENTES PRINCIPAIS PARA ELABORAR ÍNDICES DE DESEMPENHO NO SETOR PÚBLICO**. Disponível em: <[https://www.researchgate.net/publication/282330613\\_ANALISES\\_DE\\_COMPONENTES\\_PRINCIPAIS\\_PARA\\_ELABORAR\\_INDICES\\_DE\\_DESEMPENHO\\_NO\\_SETOR\\_PUBLICO](https://www.researchgate.net/publication/282330613_ANALISES_DE_COMPONENTES_PRINCIPAIS_PARA_ELABORAR_INDICES_DE_DESEMPENHO_NO_SETOR_PUBLICO)>.
- SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico: uma investigação sobre lucro, capital, crédito, juro e o ciclo econômico**. Rio de Janeiro: Nova Cultural, 1982.
- SOUZA, R. S. Evolução e condicionantes da gestão ambiental nas empresas. **READ- Edição Especial 30**, vol. 8, n. 6, nov-dez. 2002.
- STEIL, C. A.; TONIOL, R. Além dos humanos: reflexões sobre o processo de incorporação dos direitos ambientais como direitos humanos nas conferências das Nações Unidas. **Horizontes Antropológicos**, Porto Alegre, ano 19, n. 40, p. 283-309, jul/dez. 2013.
- TIGRE, P. B. Inovação e teorias da firma em três paradigmas. **Revista de Economia Contemporânea**, n. 3, jan-jun de 1998.
- United Nations Conference on Environment and Development (UNCED). **Agenda 21**. Geneva Switzerland, 1992.

VERASZTO, E. V.; SILVA, D. da; MIRANDA, N. A. de. **O papel e os desafios da ciência e tecnologia no cenário ambiental contemporâneo.** Campinas. 2005. Disponível em:

<[https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/711\\_C&T\\_meio\\_ambiente.pdf](https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos06/711_C&T_meio_ambiente.pdf)>.

VIEIRA, R. M. Teoria da firma e inovação: um enfoque neo-schumpeteriano. **Revista Cadernos de Economia**, v. 14, n. 27, p. 36-49, 2010.

### Anexo 1- Quadro dos setores da indústria de transformação analisados

Indústrias e serviços	SIGLA
Indústrias extrativas	EXT
Fabricação de produtos alimentícios	IND 1
Fabricação de bebidas	IND 2
Fabricação de produtos do fumo	IND 3
Fabricação de produtos têxteis	IND 4
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	IND 5
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	IND 6
Fabricação de produtos de madeira	IND 7
Fabricação de celulose, papel e produtos de papel	IND 8
Fabricação de celulose e outras pastas	IND 9
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	IND 10
Impressão e reprodução de gravações	IND 11
Fabricação de coque, de produtos derivados do petróleo e de biocombustíveis	IND 12
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	IND 13
Refino de petróleo	IND 14
Fabricação de produtos químicos	IND 15
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	IND 16
Fabricação de produtos químicos orgânicos	IND 17
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	IND 18
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	IND 19
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	IND 20
Fabricação de produtos farmoquímicos e farmacêuticos	IND 21
Fabricação de produtos farmoquímicos	IND 22
Fabricação de produtos farmacêuticos	IND 23
Fabricação de artigos de borracha e plástico	IND 24
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	IND 25
Metalurgia	IND 26
Produtos siderúrgicos	IND 27
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	IND 28
Fabricação de produtos de metal	IND 29
Fabricação de equipamentos de informática, produtos eletrônicos e ópticos	IND 30
Fabricação de componentes eletrônicos	IND 31
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	IND 32
Fabricação de equipamentos de comunicação	IND 33
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	IND 34
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	IND 35
Fabricação de máquinas, aparelhos e materiais elétricos	IND 36
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	IND 37
Fabricação de eletrodomésticos	IND 38
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	IND 39
Fabricação de máquinas e equipamentos	IND 40
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	IND 41
Máquinas e equipamentos para agropecuária	IND 42
Máquinas para extração e construção	IND 43
Outras máquinas e equipamentos	IND 44
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	IND 45
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	IND 46
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondição de motores	IND 47
Fabricação de peças e acessórios para veículos	IND 48
Fabricação de outros equipamentos de transporte	IND 49
Fabricação de móveis	IND 50
Fabricação de produtos diversos	IND 51
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	IND 52
Outros produtos diversos	IND 53
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	IND 54
Eleticidade e gás	ELET
Edição e gravação e edição de música	SERV 1
Telecomunicações	SERV 2
Atividades dos serviços de tecnologia da informação	SERV 3
Desenvolvimento de software sob encomenda	SERV 4
Desenvolvimento de software customizável	SERV 5
Desenvolvimento de software não customizável	SERV 6
Outros serviços de tecnologia da informação	SERV 7
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	SERV 8
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	SERV 9
Pesquisa e desenvolvimento	SERV 10

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2017.

**Anexo 2- Matriz de correlação das variáveis**

	REC	REP	GOV	RIA	MAN	CAP	PED	UNI	SUB	SUN	CEI
REC	10000										
REP	0,611	10000									
GOV	0,2375	0,3333	10000								
RIA	0,7831	0,6325	0,2831	10000							
MAN	0,0716	-0,1468	-0,2228	0,0236	10000						
CAP	-0,1373	-0,0119	0,1348	-0,1002	0,3018	10000					
PED	-0,0085	0,1414	0,3988	0,0293	-0,0282	-0,082	10000				
UNI	0,1183	0,2919	0,3539	0,158	-0,1986	-0,1756	0,5013	10000			
SUB	0,0404	0,1433	0,567	0,0419	-0,067	-0,0494	0,6016	0,5583	10000		
SUN	0,0766	0,2378	0,6024	0,105	-0,0623	-0,0491	0,6967	0,5502	0,8641	10000	
CEI	0,7	0,6087	0,2316	0,5314	-0,0052	-0,0016	-0,1619	-0,0974	-0,0433	-0,0056	10000

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2017.

**Anexo 3- Estatísticas descritivas das variáveis**

Variável	Observações	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
REC	66	0,1549236	0,12228172	0,0029506	0,6511032
REP	66	0,08748882	0,1027085	0,00000001	0,6263255
GOV	66	0,0440893	0,0537721	0,0000001	0,2727273
RIA	66	0,2163904	0,140824	0,0068326	0,6928484
MAN	66	0,525374	0,1463966	0,0564632	0,8373185
CAP	66	0,3757881	0,1445249	0,1445482	0,7833329
PED	66	0,1258737	0,1430872	0,003264	0,6036578
UNI	66	0,1162606	0,1150757	0,0053748	0,5454546
SUB	66	0,0372169	0,0695886	0,00001	0,4545455
SUN	66	0,0471979	0,0754887	0,00001	0,4090909
CEI	66	0,1106262	0,1092282	0,00001	0,686368

Fonte: Elaboração própria com base nos dados da PINTEC 2017