

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA  
CENTRO DE CIÊNCIAS SOCIAIS E HUMANAS  
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ECONOMIA E DESENVOLVIMENTO**

Samara Poppe Carvalho

**ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA  
A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017**

Santa Maria, RS  
2022

Samara Poppe Carvalho

**ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA  
A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento (PPGE&D) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Orlando Martinelli Junior  
Coorientador: Prof. Dr. Clailton Ataídes de Freitas

Santa Maria, RS  
2022

Samara Poppe Carvalho

**ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA  
A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento (PPGE&D) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

**Aprovada em 29/09/2022:**

---

**Orlando Martinelli Junior, Dr. (UFSM – videoconferência)**  
(Presidente/Orientador)

---

**Débora Nayar Hoff, Dra. (UNIPAMPA – videoconferência)**  
(Membro da Banca Examinadora)

---

**Júlio Eduardo Rohenkohl, Dr. (UFSM – videoconferência)**  
(Membro da Banca Examinadora)

Santa Maria, RS  
2022

This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001

Carvalho, Samara Poppe  
ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE  
MULTIVARIADA A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017 / Samara  
Poppe Carvalho.- 2022.  
117 p.; 30 cm

Orientador: Orlando Martinelli Junior  
Coorientador: Clailton Ataídes de Freitas

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa  
Maria, Centro de Ciências Sociais e Humanas, Programa de  
Pós-Graduação em Economia e Desenvolvimento, RS, 2022

1. Ecoinovação 2. Firms Brasileiras 3. Análise  
multivariada 4. Paradigma Tecnoeconômico I. Martinelli  
Junior, Orlando II. Ataídes de Freitas, Clailton III.  
Título.

Sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFSM. Dados fornecidos pelo autor(a). Sob supervisão da Direção da Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central. Bibliotecária responsável Paula Schoenfeldt Patta CRB 10/1728.

Declaro, SAMARA POPPE CARVALHO, para os devidos fins e sob as penas da lei, que a pesquisa constante neste trabalho de conclusão de curso (Dissertação) foi por mim elaborada e que as informações necessárias objeto de consulta em literatura outras fontes estão devidamente referenciadas. Declaro, ainda, que este trabalho ou parte dele não foi apresentado anteriormente para obtenção de qualquer outro grau acadêmico, estando ciente de que a inveracidade da presente declaração poderá resultar na anulação da titulação pela Universidade, entre outras consequências legais.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que me fortaleceu até aqui.

Aos meu pais, Maria Antônia (Tânia) e Eraldo. Vocês são e sempre foram meu alicerce! Obrigada pelo carinho, apoio e, sobretudo, pelo amor e compreensão! Obrigada por acreditarem em mim. Eu amo muito vocês! Mãe, obrigada por ser minha parceira de vida. Suas orações e seu amor são o que me mantém firme!

Aos meus irmãos, João Gabriel e Théo, que foram a minha felicidade e o meu respiro em diversos momentos durante o mestrado. Apesar de eu não poder estar sempre presente, vocês são os meus amores.

Aos meus avós, Antônio, Erovides e Ilda, *in memoriam*.

À minha avó Dona Neta (Maria Aparecida). Vó Neta, eu agradeço pela sua existência e por você ser quem você é. Você ajudou a me criar e sempre foi o porto seguro. Eu sou imensamente feliz por ser do seu sangue e te ter como exemplo!

Aos amigos de Muniz Freire, que suportaram as minhas reclamações, o meu desespero e minhas alegrias. Que bom que a gente se tem! Vocês são a família que eu escolhi. Vocês riram e choraram comigo, como sempre foi. Obrigada!

Aos colegas e amigos da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), que compartilharam as dificuldades e felicidades da vida acadêmica. O meu agradecimento, dessa forma, se destina aos veteranos da turma 2019, que nos auxiliariam e acolheram; e aos amigos da turma 2020, por dividirem comigo todos os momentos, mesmo aqueles em que o fardo foi mais pesado. Ao Luiz, em especial, que foi a minha dupla, meu amigo e minha inspiração em ser uma pessoa melhor.

Aos amigos do Observatório da Indústria da Federação das Indústrias do Espírito Santo (Findes), que me acolheram, me consolaram e me mantiveram firme no propósito! Eu admiro todos vocês e sou orgulhosa por serem muito mais que colegas de trabalho. Em especial, nesse sentido, agradeço a Taís Regina, ao Marcos, a Thais Mozer, a Jane e Silvia.

Às minhas parceiras de república, que foram pacientes e acolhedoras neste período em que vivi tantas novas emoções.

A todos os amigos não citados diretamente aqui, mas que foram essenciais para me manter firme e, minimamente, sã.

Ao meu orientador, professor Orlando, pela paciência, empatia e orientação, que me reconfortaram nos momentos em que faltaram fôlego e esperança. Eu não tenho palavras para expressar minha gratidão!

Ao meu coorientador, professor Clailton, que desde o primeiro momento acreditou no meu potencial, me auxiliou durante o mestrado e, somado a isso, deu-me a oportunidade da monitoria, o que abriu portas e despertou ainda mais o meu interesse pelos métodos econométricos. Obrigada!

Aos professores Débora, Júlio e Ednalva que aceitaram, gentilmente, o convite para a participação da banca desta dissertação.

Ao Programa de Pós-graduação em Economia e Desenvolvimento (PPGE&D) da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), onde inclui-se todos os professores e a, sempre gentil, Fabiane.

Aos professores do curso de Ciências Econômicas da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e aos que foram meus professores em outras épocas da vida: serei eternamente grata. Em especial, aos professores Vinícius e Alexandre, que continuam como os meus exemplos de dedicação à vida acadêmica.

Às universidades públicas e, em especial, ao apoio financeiro da CAPES.

Por fim, a todos aqueles que não foram diretamente citados aqui, mas que de alguma forma, auxiliaram-me nesta caminhada.

Seguimos!

## RESUMO

### ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017

AUTORA: Samara Poppe Carvalho  
ORIENTADOR: Prof. Dr. Orlando Martinelli

As ecoinovações se referem àquelas inovações que cumprem o papel de reduzir o impacto no meio ambiente. Dentro do contexto de um processo de mudança de paradigma, a partir da recente abordagem da Economia Verde, o estudo sobre este tipo de inovação se torna essencial para a proposição de políticas e análises do contexto brasileiro nesta transição verde. Para tanto, este estudo buscou verificar a influência das ecoinovações nas atividades econômicas das firmas brasileiras, abarcadas dentro da indústria de transformação; da indústria extrativa; do setor de eletricidade e gás; e do setor de serviços, a partir de dados da PINTEC 2017. Para isso, este estudo utilizou dois métodos de análise multivariada: em primeiro lugar, aplicou-se o método de análise fatorial exploratória nas variáveis e, posteriormente, foi construído um índice de ecoinovação, a partir dos escores obtidos na análise fatorial. O índice teve por finalidade classificar as atividades econômicas, definidas pela CNAE, naquelas com tendência de ecoinovação muito alta, alta, média, baixa e muito baixa. Como resultados, análise fatorial agrupou as variáveis em apenas um fator, denominado *esforço de implementação e efetivação da ecoinovação*. O índice, por sua vez, relevou que as firmas brasileiras são compostas, majoritariamente, por atividades com baixa ou muito baixa ecoinovação, revelando uma estrutura pouco homogênea, com defasada capacitação para implementar com maior efetividade as inovações com redução de risco ambiental.

**Palavras-chave:** Ecoinovação; Firms Brasileiras; Análise multivariada; Paradigma Tecnológico

## ABSTRACT

### ECOINOVAÇÕES NAS FIRMAS BRASILEIRAS: UMA ANÁLISE MULTIVARIADA A PARTIR DOS DADOS DA PINTEC 2017

AUTHOR: Samara Poppe Carvalho  
ADVISOR: Prof. Dr. Orlando Martinelli

Eco-innovations refer to those innovations that fulfill the role of reducing the impact on the environment. Within the context of a process of paradigm shift, from the recent approach of the Green Economy, the study of this type of innovation becomes essential for the proposition of policies and analysis of the Brazilian context in this green transition. Therefore, this study sought to verify the influence of eco-innovations on the economic activities of Brazilian firms, included within the manufacturing industry; the extractive industry; the electricity and gas sector; and the service sector, based on data from PINTEC 2017. For this, this study used two methods of multivariate analysis: first, the exploratory factor analysis method was applied to the variables and, later, an index of eco-innovation, from the scores obtained in the factor analysis. The purpose of the index was to classify economic activities, defined by the CNAE, into those with very high, high, medium, low and very low eco-innovation trends. As a result, factor analysis grouped the variables into just one factor, called the effort to implement and effect eco-innovation. The index, in turn, revealed that Brazilian firms are mostly composed of activities with low or very low eco-innovation, revealing an inhomogeneous structure, with outdated capacity to implement innovations with reduced environmental risk more effectively.

**Keywords:** Eco-innovation; Brazilian Firms; Multivariate analysis; Technoeconomic Paradigm



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetro para análise do IECO.....	89
Tabela 2 – Percentual do total de empresas inovadoras e ecoinovadoras.....	91
Tabela 3 – Fatores que contribuíram para a implementação e resultados de ecoinovações, a partir de dados da PINTEC (2017).....	95
Tabela 4 - Teste de ajuste de modelo – análise fatorial exploratória.....	99
Tabela 5 - Teste de Média Amostral de Adequabilidade (MSA).....	100
Tabela 6 – Autovalores, variância explicada por cada fator e variância acumulada.....	100
Tabela 7 – Matriz das cargas fatoriais com os fatores rotacionados.....	101
Tabela 8 - Índice de Ecoinovação das atividades das indústrias extrativa; de transformação; eletricidade e gás; e serviços. .....	103

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Taxonomia das mudanças tecnológicas.....	22
Quadro 2 – Cinco Revoluções Tecnológicas.....	27
Quadro 3 – Uma estrutura política para alcançar reduções profundas de emissões na indústria.....	35
Quadro 4 – Exemplos de práticas avaliadas dentro de cada critério do ESG.....	38
Quadro 5 – Diretrizes para a mensuração de atividades científicas e tecnológicas – Manuais.....	41
Quadro 6 – Diferenças de ênfases entre a Economia Ecológica e a Economia Ambiental.....	49
Quadro 7 – Os eixos de atuação do setor industrial, de acordo com a abordagem da Economia Verde.....	53
Quadro 8 – Tipos de estratégia ambiental.....	56
Quadro 9 – Impacto dasecoinovações de acordo com seu tipo, seguido da descrição, bem como de seus aspectos característicos.....	61
Quadro 10 – Taxonomia de Ecoinovadores.....	65
Quadro 11 – Definição dos indicadores de esforço tecnológico.....	82

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Fases de um paradigma tecnoeconômico.....	26
Gráfico 2 – Ondas de inovação.....	28
Gráfico 3 – Papel da tecnologia e mudança comportamental nas emissões reduções no NZE.....	34
Gráfico 4 – Empresas Inovadoras que implementaram inovações ambientais, segundo a faixa de pessoal ocupado, durante o período 2015-2017. ....	94

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	<b>14</b>
1.1	OBJETIVOS .....	16
1.1.1	Objetivo Geral .....	16
1.1.2	Objetivos Específicos .....	16
<b>2</b>	<b>A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E TRANSIÇÃO DE PARADIGMA TECNOECONÔMICO</b> .....	<b>18</b>
2.1	AS ORIGENS: O PENSAMENTO SCHUMPETERIANO.....	18
2.2	A ESCOLA NEOSCHUMPETERIANA.....	20
2.3	UM PARADIGMA TECNOECONÔMICO .....	24
2.4	ALGUMAS EVIDÊNCIAS SOBRE UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO .....	31
2.4.1	Estratégias e Políticas .....	32
2.4.2	O critério ESG .....	36
2.5	E COMO MENSURAR A INOVAÇÃO?.....	40
<b>3</b>	<b>AS INOVAÇÕES E AS TEMÁTICAS AMBIENTAIS</b> .....	<b>45</b>
3.1	ECONOMIA E O MEIO AMBIENTE: PRINCIPAIS VERTENTES .....	45
3.2	ECONOMIA VERDE, CRESCIMENTO VERDE E INDÚSTRIA VERDE.....	51
3.3	ECOINOVAÇÕES: O CONCEITO E AS PRINCIPAIS ABORDAGENS .....	54
3.3.1	Os Tipos Gerais de Ecoinovações .....	58
3.3.2	Os Determinantes das Ecoinovações .....	62
<b>4</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA EMPÍRICA</b> .....	<b>68</b>
4.1	LITERATURA INTERNACIONAL.....	68
4.2	LITERATURA NACIONAL .....	72
4.3	CONSIDERAÇÕES GERAIS .....	78
<b>6</b>	<b>ASPECTOS METODOLÓGICOS</b> .....	<b>79</b>
6.1	A PESQUISA DE INOVAÇÃO NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS .....	79

6.2	A METODOLOGIA .....	81
6.2.1	Fonte e Base de Dados.....	82
6.2.2	Análise Fatorial Exploratória: uma breve apresentação .....	84
6.2.3	Índice De EcoInovação .....	88
<b>7</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>91</b>
7.1	CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS ECOINOVADORAS BRASILEIRAS .....	91
7.2	ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA .....	98
7.3	ESIMANDO O ÍNDICE DE ECOINOVAÇÃO BRASILEIRO - IECO .....	102
<b>8</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>108</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>110</b>
	<b>APÊNDICE I – ATIVIDADES ECONÔMICAS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA CONTIDAS NA PINTEC 2017, DE ACORDO COM A CNAE 2.0. ....</b>	<b>117</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1970, o meio acadêmico e as agendas internacionais têm se voltado para a questão da sustentabilidade dos modelos econômicos vigentes e, por vezes, questionam a continuidade do próprio paradigma econômico. Isso porque as atividades antrópicas e os impactos ambientais advindos delas demonstram um movimento crescente e exponencial, como resultado dos processos de internacionalização e globalização. Os efeitos adversos e os riscos ambientais, gerados por essas atividades, sugerem que as atuais formas de produção, comércio internacional e padrões tecnológicos demandam reformulações, a fim de proporcionar a capacidade de sobrevivência das futuras gerações, tendo como princípio a ideia de que não há desenvolvimento quando esse não é sustentável.

O pensamento econômico tem se aprofundado nas temáticas do meio ambiente e dos limites do crescimento, através da chamada Economia Verde. Não obstante, para além do meio acadêmico, as agendas internacionais também têm incluído as preocupações com os riscos ambientais do crescimento e papel das tecnologias/ inovações. O Acordo de Paris, por exemplo, estabelecido na Convenção das Nações Unidas sobre a Mudança do Clima, em 2015, e a Agenda 2030 estabeleceram 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), contando com 169 metas no total, dentre as quais fomentar a inovação e as capacidades tecnológicas dos setores industriais, além de promover uma industrialização inclusiva e sustentável<sup>1</sup> (SILVA, 2019).

O conceito que relaciona o processo inovativo e o contexto de sustentabilidade a ele inserido, tem sido definido no meio acadêmico através do termo “ecoinovação” que, de maneira geral, se refere aos novos produtos, processos produtivos/ organizacionais e métodos de gestão que reduzem o impacto ambiental causado na cadeia de valor (MENDONÇA et al, 2014). As ecoinovações e o crescente movimento sustentável têm sido corroborados pelo referencial teórico-econômico neoschumpeteriano, no qual argumenta sobre a sexta onda de inovação, associada a uma mudança de paradigma – a Economia Verde –, no anseio por organizações mais sustentáveis. Isso porque, na visão desta corrente de pensamento, a sustentabilidade tem se tornado também um fator de vantagem competitiva das empresas.

Analisar a ecoinovação e compreender fatores que influenciam “[...] seu processo de geração, difusão e incorporação pelo aparelho produtivo, assim como condições institucionais que sobre elas exerçam influência, são de vital importância para o desenho implementação e

---

<sup>1</sup> Objetivo 9; metas 9.2, 9.4, 9.5, 9.a, 9.b.

avaliação de políticas públicas e estratégias privadas” (IBGE 2020), e reforçam sua importância no estímulo ao desenvolvimento dos “[...] processos econômicos e competitivos ao nível da firma, com foco na sustentabilidade” (RABÊLO; MELO; AZUADA, 2016, p.2). Se torna imprescindível, portanto, incluir questões relacionadas aos desafios emergentes de sustentabilidade, tanto no nível intrafirma/interfirmas, como no nível macroeconômico.

A associação intrínseca entre as ecoinovações e o setor industrial, no mesmo sentido, se justifica uma vez que a indústria é a figura central no processo inovativo, mas que também “[...] é um dos [setores] que mais provoca danos ao meio ambiente, seja por seus processos produtivos ou pela fabricação de produtos poluentes e/ou que tenham problemas de disposição final após sua utilização” (LUSTOSA, 2011). Nesse sentido, o maior desafio de um processo de transição verde é fornecer instrumentos econômicos para o desenvolvimento de políticas ambientais, industriais, sociais e setoriais, que possibilitem transformações, de âmbito estrutural, no longo prazo, e que também promovam a preservação do meio ambiente – além de fornecer meios de alcance para uma equidade social. Assim, “a avaliação ambiental torna-se cada vez mais valiosa e importante, pois fornece bases para a formulação [...] de planos e projetos que permitem o manejo dos riscos e impactos das atividades produtivas aumentando a ecoeficiência das nações” (FERREIRA, SANTOS, LIMA, 2016, p.189).

A partir dessa perspectiva, este trabalho se orienta de acordo com a seguinte problemática de pesquisa: quais são as principais características, diferenças, e a intensidade na implementação de ecoinovações nas firmas brasileiras?

Como metodologia, pretende-se utilizar diferentes instrumentos de análise multivariada, a partir dos dados da Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC 2017), referentes às atividades econômica da indústria brasileira extrativa e de transformação; bem como os setores de eletricidade e gás, e serviços. Para isso, serão necessárias duas etapas. Em primeiro lugar, o método de análise fatorial exploratória será empregado, valendo-se de variáveis de parâmetro organizacional, econômico e institucional, com o objetivo de construir indicadores de esforços de ecoinovação. Posteriormente, esses indicadores possibilitarão a elaboração de um índice de ecoinovação (IECO), a contribuição acadêmica principal deste trabalho, com o objetivo de classificar as atividades econômicas de acordo com o seu esforço ou propensão a ecoinnovar. Com o índice, pretende-se classificar as atividades econômicas entre aquelas que contam com ecoinovação muito alta, alta, média, baixa e muito baixa.

A pesquisa, dessa forma, busca em sobretudo contribuir para a compreensão e conhecimento a respeito do estado da arte das ecoinovações. Do material mapeado nesta

dissertação, onde inclui-se pesquisas nacionais e internacionais, não foi encontrado nenhum uso da metodologia de análise fatorial exploratória para investigação de variáveis que abrangem a temática ecoinovativa. No mesmo sentido, não há na literatura nacional, a formulação de um índice de ecoinovação, aplicado às empresas brasileiras. Assim, este trabalho se configura como inédito na perspectiva de análise das atividades econômicas das empresas brasileiras abarcadas dentre os setores apresentados.

Dito isto, cabem alguns comentários sobre a estrutura da dissertação, que será dividida em oito capítulos, a contar com esta introdução. O primeiro capítulo buscará apresentar o conceito de inovação, dentro da abordagem neoschumpeteriana de paradigma tecnoeconômico. Indaga-se, nesse sentido, sobre a emergência de um novo modelo econômico amparado pelos aspectos da mudança climática. O capítulo seguinte será destinado a expor uma perspectiva teórico-histórica da relação entre economia e meio ambiente, introduzindo o conceito de ecoinovações, onde serão apresentados os tipos, bem como os determinantes da ecoinovação, justificando sua importância para um processo de transição verde. O capítulo consequente trará a revisão empírica de literatura internacional e nacional a respeito das ecoinovações, a fim de situar o leitor das abordagens e resultados de outros estudos. Os últimos três capítulos, por fim, se dedicam para a apresentação da metodologia do trabalho, a análise e discussão dos resultados da análise multivariada proposta e a conclusão deste trabalho.

## 1.1 OBJETIVOS

### 1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo é examinar as ecoinovações no cenário brasileiro, com base na Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), referente ao período 2015-2017, a partir de técnicas de análise multivariada.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

- a) Apresentar a literatura sobre inovações e transição de paradigma, de acordo com a teoria neoschumpeteriana;



- b)** Apresentar uma perspectiva teórico-histórica da relação entre economia e meio ambiente; e, partir desse arcabouço, apresentar o marco teórico das ecoinovações.
- c)** Construir indicadores de esforços de ecoinovação e com base nesses indicadores, elaborar um índice de ecoinovação para as atividades econômicas da indústria extrativa e de transformação; bem como dos setores de eletricidade e gás; e serviços.

## 2 A INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E TRANSIÇÃO DE PARADIGMA TECNOECONÔMICO

O primeiro capítulo desta dissertação trará o referencial teórico a respeito do pensamento econômico, no que tange o conceito da inovação. O propósito é oferecer um apanhado sobre as principais discussões no âmbito inovativo, dentro de uma linha de pesquisa estruturada a partir das contribuições de Schumpeter. Intenta-se, dessa forma, instigar a percepção da inovação como força motriz para o desenvolvimento econômico e para o desdobramento de novos paradigmas. Para isso, o capítulo é estruturado em seis seções.

A primeira seção apresenta as origens do pensamento econômico, no que tange às inovações, a partir de um breve apanhado sobre as principais contribuições de Schumpeter. A segunda seção apresenta as reflexões do pensamento neoschumpeteriano e introduz o conceito de paradigma tecnoeconômico, no qual, por sua vez, será aprofundado na seção terceira seção. Já a quarta seção apresenta a perspectiva, ancorada em evidências, da existência de um novo paradigma tecnoeconômico no contexto mundial, impulsionado pelas inovações. Por fim, a última seção, ao reconhecer a inovação como principal meio de desenvolvimento, explicita alguns tipos de métricas, bem como reforça a sua importância, em um contexto de avanço em políticas públicas e contribuições entre países.

### 2.1 AS ORIGENS: O PENSAMENTO SCHUMPETERIANO

Joseph Schumpeter foi um dos economistas mais célebres de todos os tempos. Sua teorização acerca do desenvolvimento econômico fundou o pensamento econômico Schumpeteriano e é base de todo um arcabouço de abordagens inspiradas em suas obras, tais como a escola neoschumpeteriana. Suas contribuições romperam com a teorização neoclássica, considerada o *mainstream* econômico, e direcionaram a análise das modificações do sistema econômico para a ótica da oferta, ao não incorporar a teorização sobre tendências estacionárias. Em sua literatura, a inovação tecnológica e a figura do empresário se tornaram protagonistas na conceituação das diretrizes de desenvolvimento econômico (SCHUMPETER, 1997).

O desenvolvimento para Schumpeter decorria de mudanças na vida econômica, determinadas por fatores endógenos, mas não somente econômicos. Isso significa, portanto, que o desenvolvimento se configurava intrínseco ao sistema, mas não determinado pela esfera econômica. Era, na verdade, gerado por transformações espontâneas e descontínuas, onde

alterava-se o estado de equilíbrio que se supunha e, portanto, ao quebrar do fluxo circular, revelava um caráter histórico e adaptativo do processo de desenvolvimento (SCHUMPETER,1997, p.74).

As mudanças, as quais são referidas, se expressam através de novos tipos de combinações, ou seja, na inovação do emprego dos meios produtivos existentes. O desenvolvimento só se traduz nesse sentido. Em qualquer outro, é somente crescimento. Assim, para que exista o desenvolvimento econômico é necessário que pelo menos uma das hipóteses a seguir sejam realizadas; sendo elas: a inserção de um novo bem ou a diferenciação de um bem existente; uma nova técnica de produção ou organização; um novo mercado; uma nova procedência de matéria-prima ou bem semimanufaturado; ou novas estruturas de mercado (SCHUMPETER,1997, p.76). A motivação para a introdução de inovações, por sua vez, estaria baseada no lucro<sup>2</sup>.

As transformações espontâneas e descontínuas, por sua vez, são abarcadas pelo termo “destruição criativa” ou “processo de destruição criadora”, em que pressupõe o capitalismo como um processo evolutivo e histórico. Nesse aspecto, o capitalismo se consolida como uma história de revoluções. Não há uma tendência ao equilíbrio, pelo contrário, o sistema econômico sofre de constantes mudanças, através da criação de novos bens de consumo, de novos métodos de produção ou transporte, novas formas de organização industrial e novos mercados (SCHUMPETER, 1961, p.104).

A destruição criadora, em si, revela uma natureza de revolução, no sentido de ‘a partir de dentro’ se destrói o velho para alcançar o novo. A obsolescência do sistema gera, portanto, constantes inovações que destroem o que é velho e dão origem a inovação. Assim, “o processo capitalista não apenas destrói sua própria moldura institucional, mas cria também as condições para outra” (SCHUMPETER, 1961, p.203), que, por sua vez, reconfigura o sistema capitalista e revela uma dinâmica própria.

Os trabalhos de Schumpeter sobre a destruição criativa tem inspiração nos trabalhos de Kondratiev. Entre a primeira e a segunda década do século XX, Kondratiev publicou uma teoria sobre ondas longas na dinâmica capitalista, refletindo sobre a hipótese de fases da dinâmica capitalista com duração de aproximadamente cinquenta anos. As ondas longas, por sua vez, seriam baseadas em mudanças tecnológicas ocorridas em três ciclos principais: na

---

<sup>2</sup> A definição é compreendida, na ótica do empresário, como uma categoria do sistema capitalista, gerado por um excedente sobre os custos, ou seja, uma diferença entre as receitas e despesas. É somente adquirido através do mecanismo do mercado, sendo assim, não é considerado como parte da produção ou do produto e não está envolvido nos meios de produção. O lucro, dessa maneira, é fator essencial para a sociedade capitalista, uma vez que não há desenvolvimento sem lucro, nem lucro sem desenvolvimento (SCHUMPETER, 1997, p.147).

revolução industrial; nos aperfeiçoamentos trazidos com o motor a vapor, bem como a invenção da turbina, do cimento, entre outros; e por fim, nas mudanças associadas a invenção do motor a combustão, telégrafo, transmissão de energia elétrica e na popularização do dínamo (ALBUQUERQUE, 2019).

Schumpeter aprimorou a hipótese de Kondratiev, enfatizando o papel da inovação tecnológica para a definição dos ciclos e das inovações tecnológicas radicais para a formação das ondas longas. As ondas longas, na perspectiva de Schumpeter até a publicação de seu livro *Business Cycles*<sup>3</sup>, estariam associadas a grandes inovações e a condições conjunturais para sua disseminação na economia. Reinterpretando Kondratiev, os ciclos estariam divididos em três períodos: na Revolução Industrial; na Era do Vapor e do aço; e na Era da Eletricidade (ALBUQUERQUE, 2019). Ao associar os aspectos da inovação à contribuição de Kondratiev - relacionada a existência de períodos históricos de grande transformação econômica -, Schumpeter inicia uma discussão que permeia até os dias atuais sobre a natureza das mudanças do sistema capitalista.

A próxima seção, nesse sentido, se dedica a incorporar, de forma breve, as principais contribuições de autores inspirados pela abordagem do economista austríaco. Cabe esclarecer, no entanto, que outros pensadores discorreram sobre a temática da inovação no pensamento econômico geral, contudo, por vias de simplificação e a partir do pressuposto que nenhuma corrente tal como a schumpeteriana e seus sucessores trataram a inovação como conceito protagonista, buscou-se, neste trabalho, aprofundar esta referência como a principal.

## 2.2 A ESCOLA NEOSSHUMPETERIANA

O pensamento econômico neoschumpeteriano tem sua origem nas contribuições de um dos economistas mais importantes do século XX. Como mencionado na seção anterior, Schumpeter adicionou a discussão do caráter dinâmico do desenvolvimento, atribuído, principalmente, ao processo inovativo. Suas contribuições repercutem nas teorias atuais, baseadas, principalmente, na firma como protagonista do processo de desenvolvimento, de acordo com a tipologia de inovações e o processo de destruição criativa.

O enfoque neoschumpeteriano, a partir do que foi apresentado, parte da análise dos processos de criação e difusão de inovações tecnológicas e divide-se em duas abordagens não-riais: os evolucionistas, protagonizados por Nelson e Winter; e SPRU (Science Policy

---

<sup>3</sup> Ver: SCHUMPETER, Joseph A. et al. **Business cycles**. New York: Mcgraw-hill, 1939.

Research Unit), sob organização de Freeman e com contribuições de C. Perez, K. Pavitt, L. Soete e G.Dosi. As duas abordagens são associadas aos processos de geração e difusão tecnológicas, com ênfase na dinâmica industrial e na estrutura dos mercados (POSSAS, 1989, p.158).

A abordagem evolucionária protagoniza a mudança técnica (parte dos efeitos da aprendizagem e inovações incrementais) como precursora do desenvolvimento e a noção de rotinas, em contraponto ao pressuposto de maximização dos agentes (QUEIROZ, 2006). A abordagem SPRU, por sua vez, é focada na questão da “concorrência schumpeteriana”, em relação a construção de paradigmas e trajetórias tecnológicas (POSSAS, 1989). Como a abordagem SPRU tem uma maior correlação com o propósito deste estudo, são apresentados nos próximos parágrafos algumas concepções importantes para o pensamento econômico dessa escola<sup>4</sup>.

Como mencionado, os paradigmas e as trajetórias tecnológicas se traduzem no ponto de partida da abordagem SPRU, assim, cabe, em primeiro lugar, definir o conceito de tecnologia abarcado. Dosi, uma das principais referências da escola neoschumpeteriana, define tecnologia como um apanhado de saberes práticos e teóricos apresentados como “[...] *know how*, métodos, procedimentos, experiências de sucessos e insucessos e também, é claro, dispositivos físicos e equipamentos (DOSI, 2006, p.40)”. Logo, nessa concepção existem graus diferentes de tecnologia, que variam desde uma tecnologia rudimentar até uma tecnologia avançada e, dessa forma, a tecnologia é referida também ao conhecimento acumulado, trabalho e habilidades (FIGUEIREDO, 2015, p.8).

Não obstante,

“[...] é concebida, desenvolvida e alterada dentro de contextos organizacionais específicos. Estes, por sua vez, localizam-se dentro de contextos regionais e nacionais. Cada empresa é um lócus onde ocorre uma progressiva acumulação de conhecimento tecnológico que possui elementos muito específicos e idiossincráticos da empresa e do país em que foi concebida, desenvolvida e aprimorada. (FIGUEIREDO, 2015, p.10)

---

<sup>4</sup> Cabe dissertar sobre o autor evolucionário Rosenberg, que na segunda década de 1970, dissertou sobre como os processos de inovação e difusão dependem de um complexo de transformações dinâmicas, advindas da inter-relação entre fornecedores e usuários, tais quais: o aperfeiçoamento da inovação; o desenvolvimento de habilidades técnicas dos usuários e dos fornecedores; a complementariedade entre diferentes técnicas no processo/setor da inovação; o aprendizado interdependente entre antigas e novas tecnologias; e, por fim, o contexto institucional, que favorece ou atrapalha o processo. Essas considerações permitiram a alcinha dos termos de *learning-by-using*, resultante da interação e experiência ente usuários e fornecedores; e inovações incrementais (que também tem origem no conceito anterior), de caráter complementar ou de infraestrutura, que surge do aprimoramento das técnicas, associadas as inovações radicais (FURTADO, 2006).

Dessa forma, a inovação pode ser realizada através da recombinação de tecnologias existentes na criação de novos produtos/processos ou serviços. A comunalidade de conhecimentos e capacidade tecnológica tem relação direta no que tange o impacto a indicadores de performance operacional, econômica financeira e ambiental (FURTADO, 2006).

O aprimoramento das técnicas, por sua vez, contribui para a descoberta de inovações, uma vez que “[...] as inovações tendem a ocorrer em conjunto, em função da interdependência de novas tecnologias que se complementam. Estas não devem, portanto, ser estudadas isoladamente, mas dentro de um contexto histórico no qual surgem "aglomerados" de inovações” (FURTADO, 2006, p.183). Dessa maneira, a continuidade de modificações e adaptações tecnológicas que dinamizam o processo de difusão, tornam as inovações parte de processos incrementais e complementares, ao estender a vida útil de uma tecnologia.

Ao se associar com o contexto histórico, Freeman, em 1982, incorporou a análise cíclica ao processo de difusão, de maneira que a combinação de inovações (relacionadas e/ou induzidas) têm efeitos dinâmicos por toda economia (ondas longas) como um multiplicador de demanda, em que o padrão da inovação se modifica passando de produto para processo (FURTADO, 2006).

Ainda na década de 1980, mais especificamente em 1988, Freeman e Perez, aprofundaram a questão ao proporem uma teoria integrada do processo de inovação, associada à tese das ondas longas, em que inovações radicais são acompanhadas por inovações incrementais, dando sustentação ao processo de difusão tecnológica (FURTADO, 2006, p. 184; FREEMAN, PEREZ, 1998). Para isso, os autores definiram modalidades de inovação divididas em: inovações progressivas ou incrementais; inovações radicais; novos sistemas tecnológicos (referente a interrelação entre um aglomerado de inovações radicais e incrementais); e, por fim, novos “paradigmas tecnoeconômico” (destruição criadora de Schumpeter) (FURTADO, 2006). O Quadro (1) sistematiza essas modalidades.

Quadro 1 – Taxonomia das mudanças tecnológicas

<b>Tipo de mudança</b>	<b>Características</b>
Incremental	Melhoramentos e modificações cotidianas.
Radical	Salto descontínuos na tecnologia de produtos e processos.
Novo sistema tecnológico	Mudanças abrangentes afetando mais de um setor e dando origem a novas atividades econômicas.
Novo paradigma técnico-econômico	Mudanças que afetam toda a economia envolvendo mudanças técnicas e organizacionais, alterando produtos e processos criando novas indústrias e estabelecendo trajetórias de inovações por várias décadas.

Fonte: Freeman (1997) apud Tigre (2013)

As inovações incrementais se referem as inovações mais frequentes, ocorridas principalmente no setor industrial e de serviços, e que impactam diretamente no contínuo crescimento da produtividade. Se referem, portanto, às melhorias de produtos/processos, processo de aprendizados internos, aumentos de escala de instalações e equipamentos ou investimentos em P&D, que, obviamente, diferem entre indústrias e até países, de acordo com uma combinação de fatores, tais como, socioculturais, de demanda, de oportunidades tecnológicas e de trajetórias.

As inovações radicais, diferentemente, são eventos descontínuos (estabelecem uma nova rota tecnológica) e advém, geralmente, de atividades de P&D (Pesquisa e Desenvolvimento)<sup>5</sup>. São associadas ao crescimento de novos mercados e booms de investimento em determinados setores, com efeitos estruturais no que tange o seu impacto econômico.

As mudanças de sistema tecnológico, por sua vez, se referem as tecnologias, baseadas na combinação de inovações incrementais, radicais, bem como organizacionais e gerenciais, que além de afetar um grande número de setores da economia, contribuem para o surgimento de novos (FREEMAN, PEREZ, 1998, p. 45).

Por fim, o termo paradigma tecnoeconômico - ou revolução tecnológica, que se refere às mudanças do sistema de tecnologia<sup>6</sup> que são tão generalizados em toda sociedade. Como efeitos desse tipo de revolução tem-se, por exemplo, a criação de clusters de inovações radicais e incrementais, que de maneira cumulativa e interdependente, geram novos sistemas de tecnologia (FREEMAN, PEREZ, 1998, p. 47).

O conceito de paradigma tecnoeconômico tem, portanto, a função de aprofundar a visão tradicional de paradigma tecnológico<sup>7</sup>, uma vez que esse último não considera as mudanças de custos ou de produção/distribuição. Ele acrescenta fatores que influenciam nas mudanças dos ciclos de crescimento (as “ondas de destruição criadora” de Schumpeter) e se estabelece como uma combinação de inovações, de todos os tipos, capaz de influenciar no

---

<sup>5</sup> Os autores argumentam: “Não há como o náilon ter surgido da melhoria do processo de produção nas fábricas de raio ou na indústria de lã. Nem a energia nuclear poderia ter surgido de melhorias incrementais nas usinas movidas a carvão ou petróleo”. (FREEMAN, PEREZ, 1998, p.46, tradução).

<sup>6</sup> “O surgimento do paradigma das tecnologias da informação e comunicação propiciou, por exemplo, oportunidades produtivas para países asiáticos como a Coreia e Taiwan, que se especializaram na produção de componentes para equipamentos voltados a esse tipo de tecnologia (ROVERE, 2006, p.294)”.

<sup>7</sup> O “paradigma tecnológico” é um conceito explicado através da iniciativa de padronização de alternativas e resoluções para problemas tecnológicos definidos *ex-ante* (expectativas econômicas e tecnológicas) ou *ex-post* (mercado). Já o conceito de “trajetória tecnológica” se define através das atividades práticas/aplicadas de resolução do paradigma (dos seus problemas, nesse sentido, que podem ser técnicos/e ou econômicos) e, por isso, amplia e dilui noções de indústria e mercado. Os conceitos servem para definir a base de análise de uma dinâmica industrial e determinar suas transformações estruturais, através do progresso técnico (HELLLER, 1991, p.33).

comportamento da sociedade e permear por toda a economia (ROVERE, 2006, p.291). A dinâmica que envolve os pressupostos e determinantes de um paradigma tecnoeconômico são bem amplas e, por essa razão, a próxima seção deste capítulo será destinada exclusivamente para discussões sobre paradigmas e seus contextos históricos.

### 2.3 UM PARADIGMA TECNOECONÔMICO

Um paradigma tecnoeconômico é determinado pela assertividade das escolhas de trajetórias econômicas, principalmente quando se associa ao processo de difusão de inovações. Isso significa que a multiplicidade de trajetórias a serem possibilitadas vão sendo delimitadas na mesma proporção em que ocorre o processo de difusão, tanto por motivos tecnológicos (maturação de tecnologia), quando por motivos econômicos (viabilização de capital para determinada tecnologia). A trajetória tecnológica, nesse sentido, é determinada por um processo de seleção econômica, que por sua vez, parte dos processos de inovação e difusão (HELLER, 1991, p.34).

Dosi (2006, p.46) apresenta seis características das trajetórias tecnológicas. São elas: i) algumas são mais genéricas e outras mais radicais, dessa forma, há diferença entre os tipos de trajetória; ii) são, de modo geral, cumulativas e interdisciplinares; iii) a fronteira tecnológica é o ponto máximo da fronteira, em relação às dimensões tecnológicas e econômicas; iv) o progresso da trajetória é cumulativo, com associação ao ranking de firmas e países, no que tange os avanços tecnológicos; v) com uma mudança de paradigma, pode ser difícil encontrar uma trajetória alternativa, dessa forma, a trajetória parte do (quase) início; vi) a comparação entre trajetórias é um trabalho custoso, que só pode ser avaliado *ex-post*.

Um paradigma tecnoeconômico, por sua vez, é envolvimento de alguns elementos e tendências, tais como

[...] uma nova "melhor prática" de organização da produção; novas qualificações da mão de obra; novo mix de produtos; novas tendências nas inovações radicais e incrementais que levam à progressiva utilização do novo fator-chave; novos padrões de investimento à medida que muda a estrutura de custos relativos das empresas; novas infraestruturas ligadas ao fator-chave; entrada de novas firmas empreendedoras nos mercados em crescimento devido às oportunidades geradas pela mudança de paradigma; aumento da participação de grandes empresas, seja por crescimento ou por diversificação, nos mercados onde o fator-chave é produzido; novos padrões de consumo de bens e de serviços e novas formas de comercialização da produção (ROVERE, 2006, p.291).



Nesse sentido, um paradigma tecno-econômico, em um primeiro momento, revoluciona o modo de produção e/ou as estruturas socioinstitucionais, para que, posteriormente, se estabeleça como o “senso comum”. Segundo Perez (2010) construção desse paradigma depende, em suma, do ritmo de difusão dos produtos, baseado em três aspectos:

- (a) na dinâmica da estrutura de custos relativos;
- (b) nas oportunidades de espaços para a inovação;
- (c) nos critérios e princípios organizacionais.

A dinâmica da estrutura de custos relativos (a) está associada ao seu aspecto inesgotável dos fatores-chaves em um futuro previsível, na aplicabilidade dos produtos/processos em diversas áreas e na capacidade de tornar os custos dos fatores de produção cada vez mais baratos. Nesse sentido, um novo paradigma também depende da oferta ilimitada dos fatores-chaves no longo prazo, de maneira que a oferta seja sustentável. Um exemplo é a insustentabilidade econômica e ambiental dos combustíveis fósseis que estagnou o paradigma das inovações intensivas em energia (TIGRE, 2013, p.78).

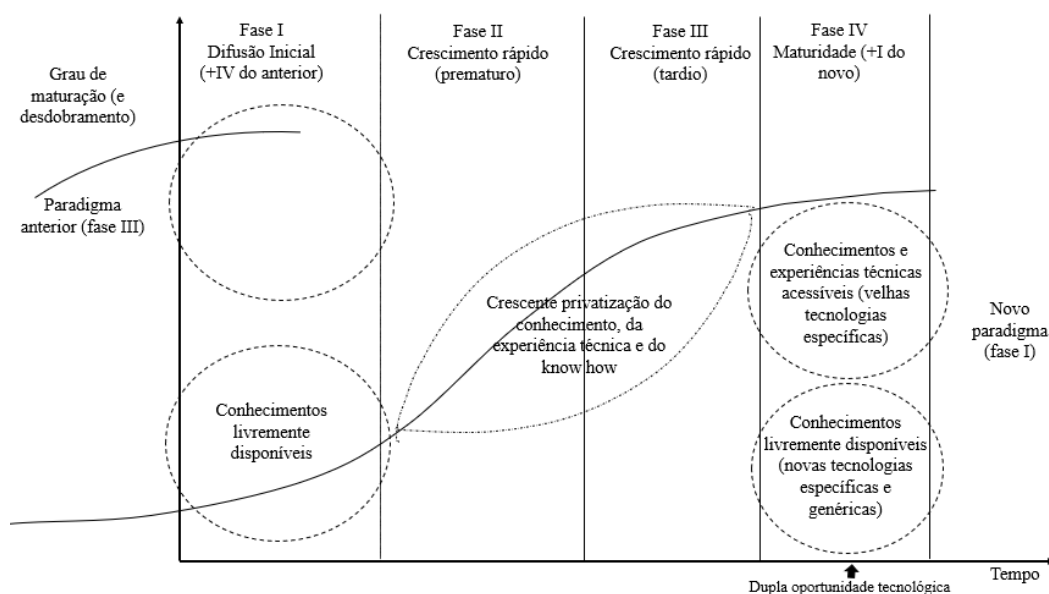
Já as oportunidades de espaços para a inovação (b), estão associadas a propagação das novas tecnologias (universalmente aplicáveis) que se reforçam mutuamente, divididas em dois tipos: dos produtores de tecnologia e dos usuários.

Por fim, os critérios e princípios organizacionais (c), em que o uso rotineiro de tecnologias associadas às condições de mercado favorece a ampliação e o surgimento de novas formas organizacionais, superiores aos padrões anteriores - em relação à eficiência e eficácia, e que se tornam parte do novo senso comum (PEREZ, 2010, p. 197).

Além disso, um paradigma tecnoeconômico pode ser caracterizado através de ciclos de expansão e contração de investimentos, constituindo fases, que são apresentadas no Gráfico 1. De acordo com o Gráfico 1, as fases são divididas em quatro períodos consecutivos: a Fase I) Difusão inicial: em que se estabelecem inovações radicais, sejam elas de processo ou produto, resultando em novos investimentos (em novas indústrias e/ou novos sistemas tecnológicos); a Fase II) Crescimento rápido (prematuro): em que novas indústrias se ampliam e/ou se alicerçam no mercado, explorando inovações sucessivamente; a Fase III) Crescimento rápido (tardio) - ou mais lento: em que se evidencia a desaceleração do crescimento de novas indústrias e a difusão para setores menos receptivos; e a Fase IV) Maturação: como a última fase do ciclo de vida do paradigma, em que os mercados se padronizam até se esgotarem,

assim, as inovações incrementais voltam a se tornar mais frequentes, até que se dão lugar às inovações alternativas (início de um novo paradigma) (ROVERE, 2006).

Gráfico 1 – Fases de um paradigma tecnoeconômico.



Fonte: Perez (1992) apud Rovere (2006)

Como foi mencionado anteriormente, esses períodos se associam ao conceito de ondas de destruição criadora de Schumpeter, uma vez que:

Essas ondas, chamadas por Freeman de revoluções tecnológicas, adviriam da introdução de conjuntos de inovações radicais e incrementais que se difundem em todos os setores da economia, mudando as formas de organização da produção. [...] Assim, o paradigma tecnoeconômico é definido por Freeman & Perez (1988) como uma combinação de inovações de produto, processo, técnicas, organizacionais e administrativas, abrindo um leque de oportunidades de investimento e de lucro (ROVERE, 2006, p.291).

Assim, os ciclos schumpeterianos se referem às sucessivos paradigmas técnico-econômicos, associados ao quadro institucional característico da época, advindos de uma mudança estrutural ou, mais precisamente, de crises de ajuste, de forma que um novo paradigma, necessariamente, se inicia dentro do antigo, em um processo cumulativo (FREEMAN, PEREZ, 1998). Um novo paradigma tecnoeconômico reconduz “[...] as condições de competitividade das empresas e cria oportunidades para países em desenvolvimento reduzirem o hiato tecnológico que os separa dos países desenvolvidos” (ROVERE, 2006, p.294). Logo,

Novos sistemas tecnológicos não apenas modificam o espaço comercial, mas também o contexto institucional e até mesmo a cultura na qual eles ocorrem (como os plásticos descartáveis faziam no passado e a Internet faz agora). É provável que sejam necessárias novas regras e regulamentos, assim como treinamento especializado, normas e outros facilitadores institucionais (às vezes substituindo os estabelecidos). Estes, por sua vez, tendem a ter efeitos de feedback muito fortes sobre as tecnologias, moldando e orientando a direção que tomam dentro do alcance do possível. A maturidade é atingida quando as possibilidades inovadoras do sistema começam a diminuir e os mercados correspondentes a saturar. O ponto-chave aqui é que as tecnologias individuais não são introduzidas isoladamente. Elas entram em um contexto de mudança que influencia fortemente seu potencial e já é moldado por inovações anteriores no sistema. (PEREZ, 2010, p.189)

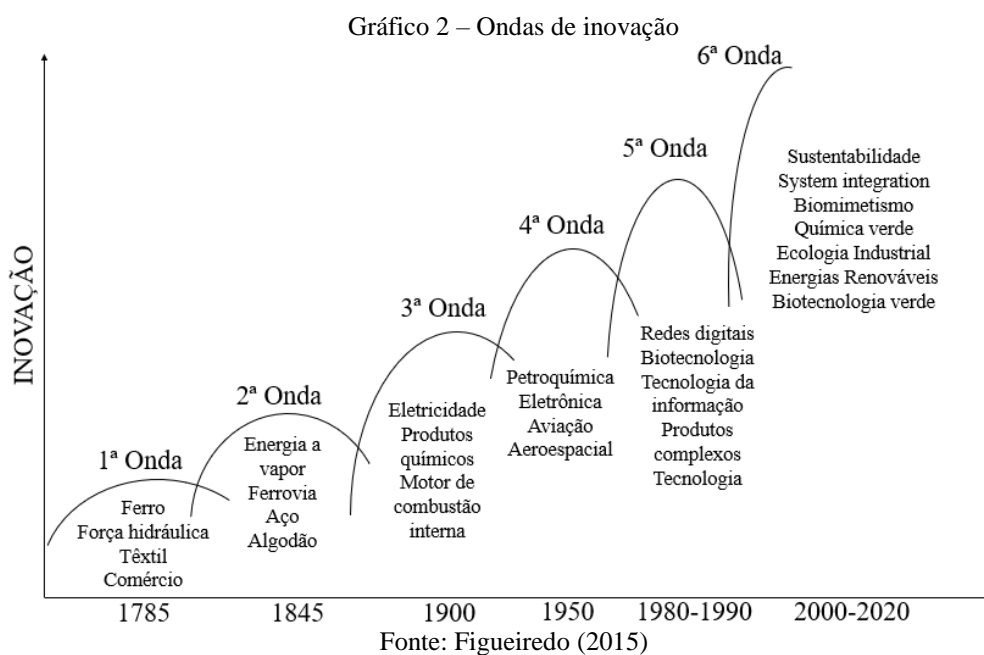
O Quadro 2, desenvolvido por Perez (2010) demonstra um painel histórico do sistema capitalista, identificando diferentes fases do capitalismo e baseada em revoluções tecnológicas, possibilitando uma sistematização mais detalhada dos temas propostos. O quadro discorre informações relevantes para um olhar amplo e sistêmico da dinâmica capitalista. São cinco grandes revoluções, abarcadas a partir do ano de 1771, onde são incorporadas informações sobre a inovação tecnológica precursora de cada período, bem como o país líder do processo revolucionário.

Quadro 2 – Cinco Revoluções Tecnológicas

<b>Revolução tecnológica</b>	<b>Nome popular para o período</b>	<b>Big Bang inicial</b>	<b>Ano</b>	<b>País líder</b>
Primeira	Revolução Industrial	Moinho de Arkwright é aberto em Cromford.	1771	Grã-Bretanha.
Segunda	Era do Vapor e das Ferrovias	Teste do Rocket, Locomotiva a Vapor na Ferrovia Liverpool, Manchester.	1829	Grã-Bretanha (espalhando para Europa e EUA).
Terceira	Era do Aço, da Eletricidade e da Engenharia Pesada	Carnegie Bessemer, Fábrica de Aço é inaugurada em Pittsburgh, PA.	1875	EUA e Alemanha avançam para a fronteira tecnológica, ultrapassando a Grã-Bretanha.
Quarta	Era do Petróleo, do Automóvel e da Produção em Massa	Primeiro Modelo-T sai do papel na Ford em	1908	EUA (disputando com a Alemanha a liderança tecnológica mundial), posterior difusão para Europa.
Quinta	Era da Informação e da Telecomunicação	Microprocessador da Intel é anunciado em Santa Clara, CA.	1971	EUA (posterior difusão para Europa e Ásia).

Fonte: Perez (2010, p. 190).

O Quadro (2) se assemelha, por sua vez, ao Gráfico (2), que apresenta uma cronologia dos ciclos, chamados “ondas de inovação”, abrangendo o período que vai do final do século XVIII – primórdios da Revolução Industrial - até os dias atuais, dentro, obviamente, do espectro do sistema capitalista. Como principal diferencial entre os dois conteúdos, tem-se que o Gráfico (2) revela a incidência de uma nova onda, que abarca o contexto atual.



São seis ondas de inovação consideradas: a primeira, marcada pela Revolução Industrial, em que a integração de novas tecnologias propiciou a transformação do processo de produção, passado de artesanal para industrial; a segunda marcada pela Idade do Vapor, em que a energia a vapor viabilizou a implementação de ferrovias, que, por sua vez, facilitaram o transporte de produtos, o que acabou por diminuir os custos e propiciar uma grande expansão do mercado; a terceira onda, por sua vez, caracterizada pela Era da Eletricidade, em que se permitiu comunicações a longa distância e reestruturou o potencial produtivo das empresas. A lâmpada elétrica, por exemplo, destruiu a indústria de iluminação à base de querosene, entretanto, promoveu não só o surgimento de tecnologias e indústrias na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, como proporcionou o surgimento dos eletrodomésticos (SILVA, DI SERIO, 2015; FIGUEIREDO, 2015).

A quarta onda é marcada pela Produção em Massa, através de economias de escala, intensidade energética (petróleo) e padronização dos produtos; e a quinta onda, marcada pelas

Tecnologias de Informação e Comunicação e Redes, influenciada principalmente pelo advento da internet (SILVA, DI SERIO, 2015; FIGUEIREDO, 2015). Cabe dizer que o processo de inovação, no longo prazo e em nível macro, caracterizado por ondas, expõe o sistema tanto a ciclos de crescimento, quanto a crises (FIGUEIREDO, 2015, p.23). Contudo, “[...] uma das características marcantes do sistema capitalista, e o que o torna duradouro, é a sua enorme e incansável capacidade de renovação e superação de crises. A inovação, por sua vez, tem um papel importante neste processo” (FIGUEIREDO, 2015, p.24).

É com o protagonismo da inovação nos ciclos apresentados, que inovações tecnológicas com redução do impacto ambiental e um processo de transição verde têm relação direta com a sexta onda<sup>8</sup>. E apesar de não haver, ainda, um consenso acadêmico sobre o fim da quinta e o início da sexta onda de inovação, há indícios de um novo paradigma sendo moldado através da temática da sustentabilidade (DESHA, HARGROVES, 2011; SILVA, DI SERIO, 2015). Há uma tendência, por parte das empresas, de incorporar a sustentabilidade como um fator competitivo, isso porque os aspectos tecnológicos demonstram-se como a maneira mais certa para impulsionar inovações que possibilitem um desenvolvimento pensado também nas próximas gerações (SILVA, DI SERIO, 2015). Além disso, as inovações voltadas para a (a) sustentabilidade, (b) system integration, (c) biomimética, (d) química verde, (e) ecologia industrial, (f) biotecnologia verde e (g) energias renováveis, têm ganhado destaque no arcabouço do que se constitui a sexta onda. Nesse sentido, cabe alguns breves comentários sobre os temas apresentados.

Segundo Sachs (2000), um planejamento sustentável deve incorporar as cinco dimensões da sustentabilidade (a): (i) social, relacionada a questões de equidade na distribuição de renda e igualdade ao acesso a bens e serviços; (ii) econômica, relacionada a eficiência na gestão e alocação dos recursos e também na manutenção dos investimentos; (iii) ecológica, relacionada a conservação dos recursos não renováveis, com atenção ao uso da energia e incentivo a reciclagem; (iv) espacial, relacionada a uma distribuição equilibrada entre os assentamentos humanos e as atividades econômicas; e, por fim, (v) a dimensão cultural, relacionada a preservação da biodiversidade local e do ecossistema em que se integra, resguardando a história, tradição e valores, em um contexto de modernização. Assim, um processo de transição verde e mudança de paradigma implicam em uma ótica holística dos processos.

---

<sup>8</sup> As ecoinovações contribuem também para o aprimoramento das Tecnologias Ambientalmente Saudáveis (TAS). Ver: Lustosa, M.C.J., 2011. Inovação e tecnologia para uma economia verde: questões fundamentais. Política Ambiental Vol 8: 111-122.

O conceito de System Integration (b) apresentado, por sua vez, é aliado a sistemas de gestão que intentam se beneficiar das sinergias existentes nas organizações, em um processo cumulativo de aprendizado e incorporação das partes interessadas - acionistas, comunidade, clientes, colaboradores, fornecedores, órgãos governamentais e outros. Um sistema de gestão integrada se baseia no *Triple Bottom Line*, que, em palavras gerais, se associa a um tripé de orientação organizacional baseados nas óticas econômica, social e ambiental (STEFANO; LAUX, 2017). Popularmente, o termo tem inspirado o que tem sido implementado nas empresas como critério ESG, referente as óticas ambiental, social e de governança. O fator econômico foi substituído pelo termo de governança corporativa, porque amplia a visão do todo, englobando não somente o resultado comercial, mas também a transparência das organizações, no que diz respeito, por exemplo, à conduta corporativa e combate à corrupção (COSTA; FAREZIN, 2021).

A biomimética (c) se refere àquela inovação baseada no aprendizado adquirido com os padrões ecológicos desenvolvidos pela natureza e, portanto, tem atuação no sistema econômico a partir de um movimento circular. Este tipo de inovação, no geral, culmina em materiais e estruturas com maior desempenho, resistência, eficiência e tenacidade. Já a química verde (d) é orientada pela substituição de substâncias perigosas nos processos produtivos, atuando também na não geração de poluentes, tais como resíduos ou subprodutos. A ecologia industrial (e), por sua vez, parte da busca de produção e consumo sustentáveis na ótica da indústria, tendo como principal instrumento a avaliação do ciclo de vida, em uma reorganização das etapas processuais. Com ela, identifica-se os impactos ambientais e previne-se a poluição, bem como incentiva-se a reciclagem e a reutilização de resíduos (MACHADO et al., 2019). Não menos importante, tem-se a biotecnologia verde<sup>9</sup> (f), um ramo aplicado a agricultura com intuito de aumentar produtividade, diminuir custos e melhorar a qualidade e resistência dos produtos, através da inovação a partir da utilização de melhoramentos genéticos.

Por fim, tem-se o uso de energias renováveis (g), que diversos autores<sup>10</sup> têm defendido como o principal instrumento para a mudança de paradigma. Isso porque a substituição do uso energético de combustíveis fósseis por fontes de energia renovável tem relação direta com o processo de descarbonização da cadeia econômica, que, por sua vez, se configura, por si só, em uma mudança substancial em produtos e processos. Defende-se, nesse sentido, que as

---

<sup>9</sup> A biotecnologia surge com a chamada “Revolução Verde”, na proliferação da produção transgênica. Há cuidados, no entanto, no que tange a incerteza do uso da biotecnologia relacionados à segurança alimentar, ao meio ambiente e aos aspectos socioeconômicos. Para aprofundar o assunto, ver Matos (2011).

<sup>10</sup> Para um aprofundamento do assunto, ver Corrêa e Cario (2021).

energias renováveis satisfazem os critérios caracterizados de insumo-chave de mudança de paradigma, sendo eles: a oferta ilimitada (recursos que se renovam); os custos relativos rapidamente declinantes (observa-se, principalmente, nos casos do biocombustível, eólica e solar); e, por fim, a abrangência da aplicabilidade das tecnologias que envolvem, se configurando como uma janela de oportunidade<sup>11</sup> (CORRÊA; CARIO, 2021).

Os tipos de inovações apresentadas demonstram uma mudança nos parâmetros econômicos, o que pode refletir, portanto, nas tendências econômicas, sociais e culturais para as próximas décadas. Em um apanhado geral do que foi apresentado, esses expoentes, capazes de estimular o processo de mudança de paradigma, envolvem tecnologias e inovações tanto no aspecto de processos produtivos, quanto no que tange bens e serviços. O questionamento, no entanto, se dá em relação ao avanço deste processo, bem como as práticas necessárias para o seu aprofundamento. Pensando nisto, a próxima seção se destina às temáticas que se associam aos conceitos, inovações e tecnologias apresentados. Assim, busca-se apresentar indícios sobre um novo paradigma econômico, sustentado pela sinergia de políticas governamentais e da iniciativa privada.

#### 2.4 ALGUMAS EVIDÊNCIAS SOBRE UM NOVO PARADIGMA TECNOECONÔMICO

A dinâmica capitalista, em busca de novas tecnologias, passa por mecanismos de substituição, feedbacks e obsolescência programada, além de fatores econômicos e tecnológicos. As tentativas de resoluções de problemas (com sucesso ou não) e os padrões de pesquisa, por sua vez, funcionam também como um precursor para mudança de trajetórias tecnológicas e, por conseguinte, de paradigmas. Uma mudança de paradigma se associa e se inter-relaciona, portanto, com inovações tecnológicas, institucionais e organizacionais de modo geral. Não somente, um novo paradigma é acompanhado por alterações nos padrões de investimento, na estrutura da produção e de consumo, bem como nos processos sociais, onde inclui-se mudanças de aspectos políticos e culturais. É com este raciocínio que ao decorrer desta seção intenta-se argumentar sobre a existência da sexta onda de inovação, baseada em duas evidências principais: as estratégias e políticas em torno da transição verde; e o papel do novo modelo organizacional baseado no critério ESG.

---

<sup>11</sup> No sentido de uma oportunidade de emparelhamento tecnológico de países.

### 2.4.1 Estratégias e Políticas

Uma sequência de acordos internacionais e políticas direcionadas a problemática da mudança climática global têm se tornado elementos-chave para a mitigação dos impactos ambientais, isso porque a redução desses impactos só é possível com base em uma estratégia cooperativa entre os países do globo. As Conferências das Partes (COPs), por exemplo, são iniciativas realizadas pela Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC) e constituem o maior exemplo dessa preocupação, no que tange o cenário mundial. Dentre as considerações mais importantes apresentadas nas COPs tem-se: o Protocolo de Quito (COP 3), em 1997, em que os países definiram metas individuais diferenciadas de redução de emissões de GEE, advindas de discussões iniciadas em 1987 com o Protocolo de Montreal<sup>12</sup> e viabilizaram a implementação de medidas tais como o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL) e o Mercado de Carbono; e o Acordo de Paris<sup>13</sup> (COP 21), em substituição acordo de 1997, onde atualiza-se as metas anteriores, também com o propósito de redução de GEE, em horizonte temporal de 2020.

Cabe mencionar que dentre as diretrizes do Acordo de Paris, estabeleceu-se a Agenda 2030, constituída como um plano de ação global que reunindo 17 objetivos de desenvolvimento sustentável (ODS) e 169 metas, com a finalidade de erradicar a pobreza e promover vida com dignidade, sem comprometer os recursos das próximas gerações. Em relação aos ODS na Agenda 2030, tem-se que o ODS 9 (Indústria, inovação e infraestruturas), no qual ambiciona construir infraestruturas mais verdes, promover a industrialização inclusiva e sustentável, bem como fomentar a inovação com maior eficiência no uso de recursos e maior adoção de tecnologias e processos industriais limpos e ambientalmente corretos; e fortalecer as capacidades tecnológicas de setores industriais menos poluentes (UN, 2018). Isso se justifica, mais especificamente, em razão da indústria ser um setor fundamental para a geração e difusão de inovações, e protagonista no caminho de uma economia mais verde.

Assim, o processo de mudança de paradigma tem relação direta com os setores mais poluentes e, conseqüentemente, com a política industrial dos países. O relatório *The Net-Zero Transition: what it would cost, what it could bring* abarca as perspectivas sobre o processo de transição verde e aponta os setores da indústria, da mobilidade, da construção, da agricultura e de resíduos como os principais setores nessa tendência de transformação (KRISHNAN et al,

---

<sup>12</sup> Defendia a erradicação dos clorofluorcarbonos (CFCs) e halocarbonetos, substâncias que destroem a camada de ozônio. Cita-se também nesse sentido a Rio 92.

<sup>13</sup> Diferentemente do Protocolo de Quioto, o Acordo de Paris contemplou todos países detentores dos maiores percentuais de emissões de GEE, com exceção dos EUA.



2022). Aponta-se para a necessidade de melhorar os padrões de eficiência energética e expandir o fornecimento de fontes de energia limpa<sup>14</sup> para os processos produtivos, o que inclui a substituição de matérias primas por outras menos poluentes e a substituição de energia proveniente de combustíveis fósseis (POLLIN, 2020).

Da mesma maneira, será necessário o estabelecimento de certo investimento público e privado, a fim de financiar esse tipo de política, principalmente no que tange a transição energética. E, por fim, a integração de fluxos circulares de materiais no lugar dos fluxos lineares usuais da indústria convencional – uma inovação de processo considerável, onde poupa-se recursos e desperdícios. O que se argumenta, nesse sentido, é que

[...] a diversidade de propostas políticas e o objetivo comum de desenvolvimento de tecnologias ambientais dependerá, essencialmente, da orientação das mudanças técnicas na condução de metas e objetivos específicos. Contudo, as questões são amplamente complexas e precisam ser melhor dialogadas tanto entre os setores envolvidos, quanto pela maior participação da sociedade nesse processo. No tocante, há diversos meios para que se incentive e se subsidie o desenvolvimento das tecnologias ambientais. Da mesma forma, políticas que viabilizem a evolução dessas tecnologias por intermédio de instrumentos econômicos ou pela regulação direta das emissões comercializáveis, por exemplo, são algumas das decisões que devem ser amplamente debatidas (RODRIGUES; VENTURA; MONTENEGRO, 2021, p.15).

Um exemplo dessas políticas direcionadas têm início em 2008, a partir do conceito do Global Green New Deal (Novo Acordo Verde Global)<sup>15</sup>, que ganhou visibilidade com as discussões do Programa nas Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), dentro do escopo da recém chamada Economia Verde<sup>16</sup>. O acordo representava uma maneira de impulsionar a transição verde, bem como revigorar as economias, principalmente no cenário após crise econômica e financeira mundial. As políticas apresentadas pelo Global Green New Deal permeavam por pacotes de investimentos públicos, políticas complementares e reformas de preços, com o objetivo de transacionar o sistema econômico para uma dinâmica mais verde, ou seja, menos poluente ao meio ambiente (PNUMA, 2012, p. 16).

Similarmente ao Global Green New Deal, tem-se ganhado destaque as proposições do NetZero (NZE), conceito que se estabelece como um conjunto de políticas industriais, relacionado às diretrizes de política econômica, com o propósito de zerar as emissões líquidas de GEE na atmosfera em horizontes temporais que variam de 2030 a 2070. De maneira geral, em todos os tipos de análises realizadas, sob o contexto de mudança climática e das políticas

---

<sup>14</sup> China tem sido um player nesse processo, com a expansão do fornecimento de energia eólica.

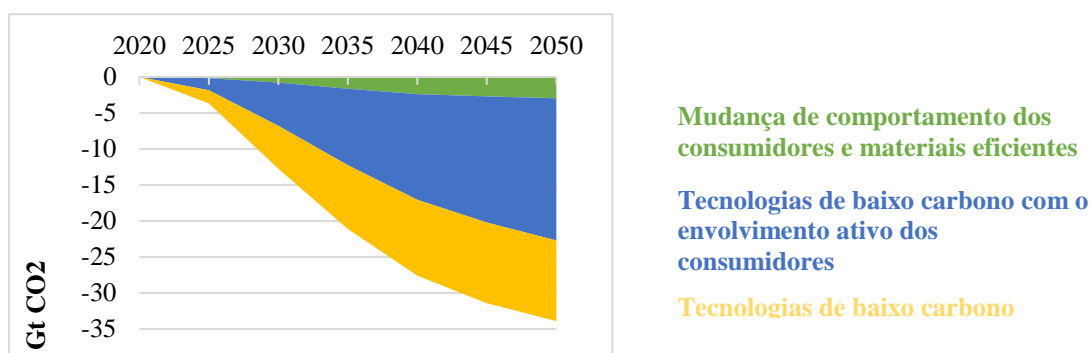
<sup>15</sup> “Essa iniciativa, coordenada pelo PNUMA, foi uma das nove Iniciativas Conjuntas contra a Crise assumidas pelo Secretário Geral da ONU e sua Câmara de Diretores Gerais em resposta à crise econômica e financeira de 2008” (PNUMA, 2011, p.16).

<sup>16</sup> Para o aprofundamento, ver capítulo 2.

NetZero, os hábitos de consumo terão de sofrer mudanças e planos de descarbonização/compensação das empresas precisarão ser integrados/ajustados em seus modelos de negócio.

O Gráfico (3) demonstra a importância da tecnologia e da mudança comportamental para a redução para a conjuntura NetZero mundial, assim, as tecnologias de baixo carbono associadas ao engajamento ativo dos consumidores representam o papel principal para zerar as emissões provenientes do dióxido de carbono até 2050 (IAE, 2021, p.68). A mudança de comportamento dos consumidores, por sua vez, se guia à medida que se adquire novas experiências com as transformações no sistema.

Gráfico 3 – Papel da tecnologia e mudança comportamental nas emissões reduções no NZE



Fonte: IAE (2021, p.68).

A chave do desenvolvimento/crescimento econômico são, portanto, essas transformações, possibilitadas pelas inovações: novos bens, novos padrões de vida, nova tecnologia, produtos com mais “qualidade”, novas possibilidades de consumo, novas formas de organização e etc. Os governos, por sua vez, devem oferecer uma combinação de instrumentos de política industrial que estejam alinhados às demandas mundiais de energia limpa<sup>17</sup> e desenvolvimento de pesquisa e inovação (POLLIN, 2020). As indústrias, nesse sentido, detêm o protagonismo, tanto no âmbito interno, relacionado a aspetos de produtividade, quanto externo, na formação de clusters e polos industriais (MATHEWS, 2013).

A intenção direta de reduzir a emissão de dióxido de carbono tem cunhado o nome de descarbonização e é interligado com diversos processos já apresentados, tais como o Global

<sup>17</sup> Em relação especificamente a questão do aumento da eficiência energética nos processos produtivos, associa-se a aplicação de tecnologias existentes e o desenvolvimento de tecnologias. Defende-se, nesse sentido, que os custos serão maiores de início, mas tenderão a decrescer com o efeito em escala do processo (POLLIN, 2020; KRISHNAN et al, 2022).

Green New Deal, a política NetZero, além de propostas gerais com a finalidade de mitigar os impactos ambientais em longo prazo, em suma, reduzir a emissão de dióxido de carbono, principal contribuinte para o aquecimento global. Há uma relação intrínseca e direta das reduções dos GEE com o processo de transição energética, que visa como principal diretriz a substituição da cadeia de energia proveniente de combustíveis fósseis para fontes de energia renovável <sup>18</sup>. Esse processo já está em andamento e estima-se que as fontes de energia solar e fotovoltaica representarão 67% da energia elétrica mundial em 2050 (IAE, 2022).

Dentre os principais domínios a serem explorados a fim de reduzir os GEE estão: os incentivos à eficiência energética; o melhoramento dos sistemas de reciclagem de materiais; e fortalecimento do progresso no desenvolvimento e demonstração de tecnologias limpas inovadoras (IAE, 2022). Na esfera industrial, especificamente, para os setores de cimento e de aço há um desafio maior em relação a transição energética, uma vez que são setores de alto consumo energético e com alta emissão de dióxido de carbono durante o processo produtivo. O Quadro (3) apresenta componentes chaves para o alcance do objetivo de alcançar as metas de redução da emissão de GEE para a indústria.

Quadro 3 – Uma estrutura política para alcançar reduções profundas de emissões na indústria  
(continua)

<b>Componentes</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Importância para a indústria</b>
Planejamento e política de redução de emissões de longo prazo	Roteiros e planos, precificação de carbono legislada e padrões de emissões negociáveis	Fornecer confiança para investimentos de baixa emissão e inovações, ajuda as opções de baixa emissão a competir nos mercados
Gestão de ativos existentes e de curto prazo	Requisitos para instalações prontas para retrofit, cláusulas de caducidade	Reduz ou evita o potencial de bloqueio de longo prazo de ativos intensivos em emissões
Criação de mercado para tecnologias limpas	Contratos por diferença, regulamentos de conteúdo mínimo, empréstimos com juros baixos	Ajuda as opções de baixa emissão a competir em mercados globalmente competitivos
Desenvolvimento de tecnologias em estágio inicial	Financiamento de P&D e demonstração, parcerias público-privadas, coordenação de inovação	Apresenta opções para fornecer calor de baixa emissão de alta temperatura e abordar as emissões do processo
Aceleração da eficiência do material	Redes de coleta e classificação de sucata aprimoradas, design regulamentos que otimizam as emissões do ciclo de vida	Maximiza o potencial de produção secundária, alivia a pressão na implantação de tecnologia de baixas emissões

<sup>18</sup> Segundo Montenegro (2016, p.68), “o país avança como um dos grandes promotores na comercialização de tecnologias limpas entre os países em desenvolvimento (TGCII, 2014), principalmente pela participação na indústria de biocombustíveis”. E adiciona que “[...] o frágil e reduzido patenteamento ambiental nas demais áreas parece refletir a ausência de políticas ambientais e tecnológicas que atraíam investidores para o fomento de tecnologias limpas, e o deixam atrás de outras economias em desenvolvimento como a China e a Índia” (MONTENEGRO, 2016, p.68).

Quadro 3 – Uma estrutura política para alcançar reduções profundas de emissões na indústria  
(conclusão)

<b>Componentes</b>	<b>Exemplos</b>	<b>Importância para a indústria</b>
Cooperação internacional e condições equitativas	Acordos setoriais, ajustes de fronteira de carbono, transferência de tecnologia	Ajuda a aliviar as preocupações de competitividade em mercados globalmente competitivos
Planejamento e desenvolvimento de infraestrutura	Coordenação e financiamento para transporte e armazenamento de CO <sub>2</sub> , eletricidade descarbonizada, hidrogênio de baixo carbono	Facilita as opções para fornecer calor de alta temperatura com baixas emissões e para lidar com as emissões do processo
Acompanhamento do progresso e dados aprimorados	Maior coleta de dados, rotulagem de sustentabilidade, classificações de investimento sustentável	Ajuda a acompanhar o progresso, identificar as melhores práticas, direciona o financiamento para opções de baixa emissão

Fonte: IEA (Relatório Energy Technology Perspectives, 2022)

Vê-se com as propostas apresentadas, a importância de políticas de longo prazo, cooperação internacional e melhoria da eficiência ambiental, para mudar a rota de crescimento das economias, no intento de maior eficiência dos recursos. Um dos meios para isso, como já mencionado neste estudo, é a transferência/disseminação de conhecimento e tecnologia (PNUMA, p.278). Além disso,

Entender como as empresas transformam os mecanismos de apoio do governo em produtos de baixo custo e alto nível pelo processo de inovação normalmente é o “elo perdido” nas discussões de política energética, e esse elo perdido pode acabar não só com nosso desejo de promover uma transição energética – mas fazê-lo com investimentos high road em inovação (MAZZUCATO, 2014, p.160).

Nesse sentido, reforça-se que para o alcance do processo de descarbonização, tecnologias já maduras ou em fase inicial; melhorias no desempenho tecnológico dos países; ganhos de eficiência em materiais; expansão da utilização de energias limpas e eletrificação dos setores são exemplos que corroboram a importância da inovação para um desenvolvimento sustentável (IAE, 2022). É necessário, nesse sentido, estimular meios para a introdução e desenvolvimento de inovações tecnológicas carbono-neutras e oportunizar as mudanças da base tecnológica e da infraestrutura econômica, que serão fomentadas pelo processo de transição.

#### 2.4.2 O critério ESG

Consoante com as diretrizes da transição verde, os investimentos têm sido respaldados em boas práticas corporativas, o que tem incluído, em geral, critérios ambientais, sociais e de governança (elementos que envolvem também expectativas e reputação das empresas) na

tomada de decisão. Isso pode ser relacionado com uma mudança de padrão de consumo da sociedade - que estão atentos ao comportamento das empresas e dos tomadores de decisão - e transformações nas visões de negócio – onde se associa a utilização desses critérios a uma seriedade e resiliência no mercado.

Para exemplificar, um relatório da McKinsey & Company, de 2019, apontou que mais de 70% dos consumidores no escopo da pesquisa, que incluía diversos setores, estariam dispostos a pagar um percentual adicional por um produto verde, desde que ele atenda os padrões de desempenho exigidos. Não somente, quase metade das empresas pesquisadas puderam vislumbrar oportunidades de negócio e expansão, quando alinhadas com os critérios mencionados (HENISZ; KOLLER; NUTTALL, 2019). Dessa maneira,

Empresas que prezem por melhores condutas ambientais, sociais e de governança, além de contribuírem para um mundo mais ético, justo e sustentável, estão também mais preparadas para as mudanças nos padrões de produção e consumo, se tornando mais resilientes em meio a um ambiente de crise e apresentando uma vantagem competitiva no mercado (FIEMG, 2020, p.5)

A disseminação da proposta de alocar critérios ambientais, sociais e ambientais nos planos de trabalhos das empresas cunhou o nome de critério ESG<sup>19</sup>, sigla para a expressão *Environmental, Social and Governance*, que na tradução livre é critério Ambiental, Social e Governança. Cabe esclarecer que a iniciativa se baseia nos acordos internacionais, mas se apresenta como uma iniciativa privada. O critério E é caracterizado pela implementação de práticas empresariais com processos mais limpos e sustentáveis, reduzindo o impacto ambiental dos processos produtivos e da cadeia como um todo. Já o critério S é caracterizado pela maneira como a empresa se relaciona com seus *stakeholders* (clientes, colaboradores, acionistas e sociedade) e com seus funcionários, no que tange a valorização da diversidade e inclusão, a priorização de boas práticas trabalhistas e o posicionamento frente a causas sociais e beneficentes. Por fim, o critério G faz alusão ao conjunto de processos internos da empresa, preocupadas com a adoção de boas práticas institucionais, que inclui políticas de equidade, responsabilidade corporativa, prestação de contas, postura moral/ética e transparência das informações (FIEMG, 2020).

O critério ESG tem sido relacionado como um meio de impulsionar vantagens competitivas das empresas e um estímulo para o desenvolvimento sustentável do sistema. É uma proposta de reformulação da gestão empresarial, nascido de propostas da iniciativa privada, em consonância com os apelos populares e com as diretrizes de acordos mundiais.

---

<sup>19</sup> O conceito ESG também tem sido chamado ASG (Ambiental, Social e Governança).

Nesse sentido, consultores financeiros, bancos e fundos de investimento, portanto, têm utilizado novos critérios para a alocação de seus recursos, de maneira a abarcar retornos financeiros, que repercutam também em impactos sociais e ambientais positivos (FIEMG, 2020). Para facilitar o entendimento, o Quadro (4) apresenta exemplos de práticas abarcadas dentro do critério ESG.

Quadro 4 – Exemplos de práticas avaliadas dentro de cada critério do ESG

<b>E – Ambiental</b>	<b>S – Social</b>	<b>G – Governança</b>
Uso de recursos naturais	Políticas trabalhistas	Independência do conselho
Redução da emissão de CO2	Diversidade e inclusão	Composição do Conselho
Eficiência energética	Engajamento de funcionários	Ética e transparência
Gestão de resíduos	Relacionamento com a comunidade	Política de remuneração dos executivos.
Potencial de reuso de água	Qualidade de vida	Estrutura de comitês fiscais e de auditoria
Poluição	Saúde e segurança do trabalho	Relacionamento com entidades do governo e políticos
Desmatamento	Direitos humanos	Canal de denúncias
	Investimento social.	
	Satisfação dos clientes.	
	Proteção de dados e privacidade	

Fonte: Relatório de Gestão Sustentável dos Negócios (FIEMG, 2020).

No eixo ambiental, por exemplo, o uso de matérias primas, bem como reciclagem do uso da água e, principalmente, redução da emissão de CO2 implicam em inovações de produto e de processo. É preciso repensar os modelos existentes e incorporar elementos de um fluxo circular de produtos. A redução do desmatamento e da poluição, no mesmo sentido, podem ser relacionadas a aplicação de normas ambientais e/ou certificações, que reverberam na reputação da empresa e no seu valor de mercado. Similarmente, no eixo social, busca-se gerar valor para todas as partes interessadas, que vai desde funcionários até a comunidade geral.

Implementações de práticas de responsabilidade social e estratégias organizacionais têm associação direta com as discussões deste trabalho, também relacionadas a inovações de processo. Em especial, o tópico apresentado sobre proteção de dados e privacidade tem ganhado destaque no mundo, principalmente com tendência do *blockchain*<sup>20</sup>, uma tecnologia revolucionária de segurança no compartilhamento de dados. Por fim, o eixo de governança, que se associa a uma cultura de integridade empresarial. Nele, segundo a FIEMG (2020), a

<sup>20</sup> Banco de dados compartilhado que registra as transações dos usuários.

responsabilidade corporativa se alia ao fornecimento de capital financeiro, reputacional, social e ambiental. A organização, dessa maneira, deve sempre prezar por práticas transparentes e orientados por normas, leis, rotinas e processos coerentes e engajados.

Não obstante, em consonância com a agenda internacional sobre impactos no meio ambiente, durante a Conferência das Nações Unidas sobre as Mudanças Climáticas (COP 21), em 2015, o eixo ambiental do ESG ganhou novo destaque através do Acordo de Paris. O movimento tem ganhado força nos últimos anos, e há inúmeros motivos para isso, tal como a crise de 2008 no âmbito corporativo, que demonstrou a importância da condução ética e responsável dos líderes das maiores empresas de investimento do mundo (PIMCO, 2017). Não obstante, o Manifesto de Davos de 2020, lançado pelo Fórum Econômico Mundial, apontou importantes diretrizes para questões de mudança climática, automação e globalização. No documento, orienta-se que as empresas adotem políticas que integrem valores e harmonizem interesses dos stakeholders, funcionários, comunidades e sociedade (FIEMG, 2020).

O avanço tecnológico, o processo de globalização e a competição no mercado têm indicado a necessidade de uma gestão sustentável, no contexto empresarial. Nesse sentido, o critério ESG também pode impactar e gerar valor para a empresa, através do crescimento de suas receitas, redução dos custos, intervenções governamentais e regulatórias, aumento da produtividade e otimização de ativos e investimentos (HENISZ; KOLLER; NUTTALL, 2019).

É importante esclarecer, nesse sentido, sem adentrar ao mérito da efetividade desses critérios, que as organizações devem empenhar um papel proativo para além do objetivo de engajamento com seu público alvo. A teorização por detrás do conceito, que serve de critério de investimento, não é algo novo e revolucionário na literatura econômica. Pelo contrário, a sinalização de importância de tais práticas percorre a literatura desde o despertar tímido de consciência ambiental e social no século XX. Os conceitos apenas vão tomando novas formas e importâncias, nesse sentido, apesar de ressalvas, o ecossistema de inovação do ESG alinhado às metas globais é, portanto, uma tendência crescente alinhada à inovação de processo. Isso porque as instituições financeiras têm implementado mudanças benéficas no processo de escolha do investimento, a fim de atrair grandes fundos de investimento como fundos éticos ou fundos verdes. Mesmo com o impacto da pandemia mundial, em 2020, empresas têm avançado nas práticas sustentáveis e se mostram mais propensas a um cenário de transformação do padrão de produção e consumo (FIEMG, 2020). Com grande potencial

de minimizar impactos ambientais, refletidos em políticas empresariais individuais e na cadeia com um todo, as políticas, dentro do escopo do critério, podem servir de instrumentação e auxílio na transformação do mundo dos negócios e fomentar a transição para uma economia verde.

## 2.5 E COMO MENSURAR A INOVAÇÃO?

Como visto, se a inovação é tão importante na conjuntura mundial, quais as maneiras para medi-la? Em primeiro lugar, cabe mencionar que o processo de concorrência resulta na transformação da estrutura da indústria (rupturas, por exemplo) e em impactos sociais, culturais, políticos e institucionais; assim como a difusão do progresso técnico, refletindo na condução dessas transformações, através de vínculos econômicos e tecnológicos, via intrafirma, entre firmas do mesmo mercado e via mercado (HELLLER, 1991, p.34). Assim, existe uma relação direta, interdependente e de duas vias entre a estrutura de mercado e os padrões de mudança tecnológica, o que evidencia a importância dos elementos ambientais e exógenos à firma, que determinam seus processos de expansão ou contração, com exceção aos determinantes de investimento (HELLLER, 1991, p.30).

Segundo Dosi (2006, p.38), podem-se elencar sete fatos estilizados em relação ao processo de inovação, em diferentes abordagens teóricas, que se definem em: 1) a crescente importância da ciência no processo de inovação; 2) o planejamento de longo prazo das empresas, através de investimentos em P&D, considerando também aspectos da oferta; 3) a correlação entre investimentos em P&D e processos inovativos e a ausência da correlação entre padrões de demanda e inovação; 4) a inovação através de aperfeiçoamentos (aprendizados nas firmas); 5) a formalização institucional da pesquisa, considerando aspectos de incerteza; 6) o impedimento da mudança técnica em razão “[...] das direções da mudança técnica são muitas vezes definidas pelo estado-da-arte da tecnologia em uso [...] [e da] probabilidade de empresas, organizações alcancem avanços técnicos [...] [dependendo] dos níveis tecnológicos já alcançados por essas empresas e organizações (DOSI, 2006, p. 38)” e, por fim, 7) a uniformidade da evolução das tecnologias, definidas em trajetórias, em termos de características tecnológicas e econômicas do sistema.

Se a inovação, em um aspecto geral, pode ser definida como “[...] a criação e uso de conhecimento próprio ou adquirido de terceiros ou, ainda, uso mais eficiente de conhecimento



já existente” (SCARPELLI; KANNBLEY, 2013, p.355), e tratada como um insumo da produção espera-se, então, que exista algum valor apropriado para este tipo de recurso. Nesse sentido, de maneira a quantificar e medir a contribuição das inovações no sistema econômico, a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) buscou estabelecer métodos de coleta e análise que padronizassem as inovações e possibilitassem a construção de indicadores e, para isso, estabeleceram manuais para definir diretrizes para a sua mensuração. No entanto, alerta-se que

[...] a definição de indicadores de inovação depende da própria conceituação do objeto a ser mensurado, distinguindo o que pode do que não pode ser mensurado. A inovação apresenta três aspectos básicos, no chamado modelo elo de cadeia:

1. A inovação não é um processo sequencial, mas sim envolve muitas interações e feedbacks na criação de conhecimento.
2. A inovação é um processo de aprendizado que envolve múltiplos insumos;
3. A inovação não depende de processos de invenção (no sentido de descoberta de novos princípios), e tais processos (envolvendo P&D formal) tendem a ser utilizados para a solução de problemas durante o processo de inovação e não para iniciá-lo. (SCARPELLI; KANNBLEY, 2013, p. 388)

Os principais indicadores estabelecidos pela OCDE, que são atualmente utilizados na pesquisa econômica são: dispêndios e pessoal, aplicados em P&D (capital humano); balanço de pagamentos de transações de ativos intangíveis (capital); inovações tecnológicas de produtos e processos em empresas; patente; recursos humanos direcionados em atividades científicas e tecnológicas; e indicadores bibliométricos. O Quadro (5) apresenta os indicadores mencionados, bem como os manuais referentes em sua formulação:

Quadro 5 – Diretrizes para a mensuração de atividades científicas e tecnológicas – Manuais

<b>Indicadores</b>	<b>Manuais</b>
P&D	<b>Manual Fracasti 2002</b> Proposed Standard Practice for Surveys of Research and Experimental Development – Fracasti Manual 2002. 7 th Edition. Paris: OECD, 2002.
Balanço de Pagamentos Tecnológicos	<b>Manual BPT</b> Proposed Standard Method of Compiling and Interpreting Technology Balance of Payments Data – TBT Manual 2002. Paris: OECD, 1990.
Inovações	<b>Manual Oslo 2005</b> Oslo Manual: Guidelines for Collecting and Interpreting Innovation Data. 3rd Edition. Paris: OECD/EC/EUROSTAT, 2005.
Patentes	<b>Manual de Patentes 2009</b> OECD Patent Statistics Manual. Paris: OECD, 2009.
Recursos Humanos	<b>Manual Canberra</b> The Measurement of Scientific and Technological Activities: Manual on The Measurement of Human Resources Devoted to S&T, Canberra Manual. Brussels and Paris: OECD/EC/EUROSTAT, OCDE/GD (95)77, 1995

Fonte: Vitti (2003, p.74), atualizado por SCARPELLI; KANNBLEY (2013)

Em específico ao que compete à inovação, as pesquisas de inovação formalizadas e padronizadas pelo Manual de Oslo se constituem nos principais indicadores deste tipo. Este tipo de pesquisa abarca o processo inovativo, a partir um contexto amplo e complexo, ao incorporar, por exemplo, diferentes formas, efeitos, níveis, obstáculos e modalidades da inovação. Em geral, tem-se como objetivos das pesquisas fornecer:

1. Indicadores de produto, tais como a introdução de novos produtos e processos, mudanças organizacionais e inovações em marketing, o percentual de vendas devido aos produtos novos para a empresa e novos também para o mercado, e a parcela de produtos em cada etapa do ciclo de vida da produção.
2. Um rol mais amplo de gastos em P&D ou atividades de inovação, além de P&D, incluindo aquisição de patentes e licenças, *design* de produto, treinamento de pessoal, produção experimental e análise de mercado.
3. Informações sobre a forma como procede a inovação, tais como as fontes de conhecimento, os motivos para inovar, os obstáculos a inovação, a força dos vários mecanismos de apropriação, e os parceiros de cooperação de pesquisa (SCARPELLI; KANNBLEY, 2013, p.352)

Em geral, os indicadores de Ciência, tecnologia e inovação (CT&I), tais como os apresentados no Quadro (5), têm importância crucial para o crescimento/desenvolvimento e a competitividade das empresas ao fornecer meios de compreender e avaliar os processos de produção e difusão do conhecimento. A sistematização desses indicadores, portanto, podem auxiliar na criação/resolução de problemas relacionados a, por exemplo, meio ambiente, educação, saúde, cultura, segurança pública, políticas públicas e etc, e, além disso, compreender as especificidades dos processos de desenvolvimento científico, econômico e tecnológico (VIOTTI, 2003).

Abrangendo essa perspectiva, Viotti (2003) estabelece três razões principais que abrangem os exemplos citados e justificam o estabelecimento de indicadores adequados de CT&I, são elas: (1) razão científica; (2) razão política; e (3) razão pragmática, em que as últimas duas explicam de forma mais detalhada a importância desses indicadores para governos e empresas.

A razão científica (1) é fundamentada na ideia de investigar as relações e os porquês dos processos de produção e difusão que envolvam aspectos de CT&I. Nesse sentido, fatores como a direção, a velocidade e os determinantes, que favorecem ou prejudicam, dos processos de geração/expansão do conhecimento científico (inovação, difusão e absorção tecnológica); a interdependência entre pesquisa básica, aplicada, experimental e inovativa; as justificativas que possam orientar na compreensão de como a relação comercial entre países afeta no

desenvolvimento científico e tecnológico; os aspectos sociais dos avanços de CT&I; e, por fim, as relações entre mudança técnica, crescimento e desenvolvimento.

A razão política (2) é justificada pela intenção de auxiliar na formulação, acompanhamento e análise de políticas públicas. Isso porque os indicadores de CT&I podem facilitar o acompanhamento e a análise dos resultados de políticas industriais e de inovação, que também favorecem o arranjo de instituições/acordos de regulação comercial; e, além disso, viabilizam métodos de comparação de políticas públicas entre países e simplificam a análise de doutrinas de políticas econômicas (como de bem-estar social, liberalizantes e etc) - uma vez que sem a presença de bons indicadores, tais soluções podem se tornar pouco conclusivas e tendenciosas a meras opiniões e/ou a somente modelos teóricos (VIOTTI, 2003, p.52). Nesse sentido, esses indicadores demonstram-se importantes na

[...] formulação, acompanhamento, avaliação e aperfeiçoamento de políticas; monitoramento da capacitação tecnológica de empresas, setores, regiões ou países; fiscalização da eficiência e eficácia de políticas (permitindo, por exemplo, a avaliação da existência de resultados proporcionais aos estímulos concedidos ou recursos empregados); avaliação de performance, qualidade ou potencial de instituições ou grupos de pesquisa e desenvolvimento; identificação de áreas científicas ou tecnológicas mais promissoras ou estratégicas; avaliação de impactos da CT&I e de suas políticas na economia, na sociedade e no meio ambiente; identificação de potencialidades e limitações do sistema de CT&I (por exemplo, nas áreas de recursos humanos e infra-estrutura); fundamentação dos debates sobre as políticas. (VIOTTI, 2003, p.50)

Por fim, a razão pragmática (3), uma vez que os indicadores de CT&I ajudam na formação de estratégias tecnológicas de empresas - no que tange a concepção, implementação e aperfeiçoamento, uma vez que com os processos de liberalização e globalização, a concorrência passou a visar não só aspectos de demanda, mas também de oferta. Assim, os indicadores ganham importância no aspecto concorrencial das empresas no que tange: o acompanhamento de tendências e perspectivas do desenvolvimento científico, tecnológico e inovativo; a identificação de oportunidades tecnológicas; a localização de competências; aspectos de concorrência relacionados ao monitoramento de empresas rivais (informar as estratégias); a avaliação de impactos das estratégias; a sua influência sobre decisões de investimento.

Cabe a menção de que, no Brasil, o principal indicador de inovação se constitui na Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), realizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A PINTEC é uma pesquisa trienal, com a primeira publicação realizada em 2002 – referente ao período de 1998 a 2000. Seu escopo investiga as atividades da

indústria extrativa, de transformação, bem como os setores de eletricidade e gás e serviços, servindo como base para construção de indicadores nacionais de atividades tecnológicas. A pesquisa, além disso, segue a metodologia utilizada no Manual de Oslo, o que permite a padronização internacional, ou seja, a possibilidade de comparação das informações captadas com indicadores de outros países.

A pesquisa, com o auxílio de bases de dados, são meios fundamentais para a análise, difusão e implementação de inovações, que se fazem tão necessárias pela ótica micro e macroeconômica, principalmente no contexto recente do desenvolvimento sustentável. Pensando nisso, no próximo capítulo são abordadas as diretrizes da inovação, no que tange as questões ambientais. São apresentadas as principais abordagens, dentro do pensamento econômico, referente a sustentabilidade dos meios de produção. A discussão, dessa forma, permeia o arcabouço de inovações, ao incluí-la como força motriz no desenvolvimento econômico, principalmente no que tange uma mudança de paradigma, o que subsidiará também os aspectos de mensuração de inovação, a partir da PINTEC 2017 - um dos objetivos do presente trabalho.

### 3 AS INOVAÇÕES E AS TEMÁTICAS AMBIENTAIS

Este capítulo tem o objetivo de aprofundar as discussões a respeito da inovação como instrumental para a mudança do paradigma tecnoeconômico, mencionado com o início da sexta onda. Os indícios da sexta onda de inovação são ancorados pelo conceito de sustentabilidade e demais temáticas ambientais, e moldados por novos modelos de negócios/produção, que surgem a partir da ótica impulsionada primordialmente pelo fomento de inovações. Em busca pelo entendimento do tema ambiental no âmbito do pensamento econômico e a fim de incorporar estas discussões na contribuição para o processo inovativo, as duas primeiras seções deste capítulo abarcam as principais abordagens sobre economia e meio ambiente, bem como introduzem as questões do crescimento verde e da indústria verde, a fim de integrar as principais discussões sobre a temática ambiental, nas agendas internacionais e na academia. Este conceitual se relaciona com a terceira seção, ao abordar o conceito deecoinovação, apresentando seus tipos, bem como seus determinantes, abarcando as diversas contribuições da teoria neoschumpeteriana apresentadas no capítulo anterior.

#### 3.1 ECONOMIA E O MEIO AMBIENTE: PRINCIPAIS VERTENTES

O nascimento da disciplina de Economia, fundada pelos autores que hoje compõem a Escola Clássica do pensamento econômico, se originou do interesse acadêmico em relação à administração de recursos escassos, tais como os recursos da natureza. Adam Smith, por exemplo, postulava que o crescimento econômico seria limitado pelo aumento populacional, uma vez que o tamanho máximo da população estaria vinculado à capacidade do setor agrícola de alimentar os indivíduos (MUELLER, 2012, p.122). Para Thomas Malthus, na medida em que a população aumentasse, as terras menos produtivas seriam utilizadas e a quantidade de bens alimentares diminuiria, o que implicava na lei de rendimentos decrescentes – aplicada também aos recursos naturais (DIAS, 1995, p.4). Da mesma maneira, para David Ricardo, a escassez dos recursos se dava em relação a qualidade das terras disponíveis, uma vez que sua utilização tendia para terras menos férteis ou de piores localizações, e progresso técnico não eliminaria essa tendência, apenas aumentaria a produtividade. John Stuart Mill, por sua vez, supunha os mesmos rendimentos decrescentes da agricultura, contudo, defendia um movimento compensatório através do conhecimento e do progresso técnico (DIAS, 1995, p.4). Assim, todos esses modelos “[...] postulavam a necessidade de um “estado estacionário”, na medida em que a finitude dos recursos naturais e

a impossibilidade de crescimento ilimitado da produtividade apresentava-se como um empecilho à continuidade da expansão do sistema econômico” (ANDRADE, 2008, p.7)<sup>21</sup>.

Nesse sentido, também cabe citar Karl Marx, uma vez que o autor expôs sobre a questão ambiental, ao argumentar o caráter predador da burguesia e da agricultura nos moldes capitalistas, responsáveis pela destruição dos recursos naturais (KOELLER et al, 2020, p.9). Posteriormente, entre os autores neoclássicos, Jevons tratou sobre os limites de exploração do carvão na deflagração da revolução industrial inglesa, uma vez que o aumento de eficiência do uso de carvão na época, ou seja, uma economia no uso da energia, gerava um aumento na demanda do mesmo, fazendo com que a economia do uso de energia reverberasse em um aumento de escala, o que ficou conhecido como efeito Jevons ou efeito bumerangue (CECHIN, PACINI, 2012, p.127). Pigou, por sua vez, introduziu o conceito de externalidade negativa, relativo à poluição gerada pelo processo industrial. Fica evidente, principalmente para esses últimos, que as análises e preocupações permeavam as demandas de recursos naturais e os danos ao meio ambiente, que foram intensificados após a Revolução Industrial, no final do século XVII (KOELLER et al, 2020, p.10). Nesse sentido, Romeiro defende que,

Para além dos desequilíbrios ambientais decorrentes desta maior capacidade de intervenção, a Revolução Industrial baseada no uso intensivo de grandes reservas de combustíveis fósseis, abriu caminho para uma expansão inédita da **escala** das atividades humanas, que pressiona fortemente a base de recursos naturais do planeta. Ou seja, mesmo se todas as atividades produtivas humanas respeitassem princípios ecológicos básicos, sua expansão não poderia ultrapassar os limites ambientais globais que definem a “capacidade de carga” (*carrying capacity*) do planeta (ROMEIRO, 2001, p.6)

Contudo, é somente em meados do século XX que a preocupação ambiental, em relação à capacidade do planeta, se aflora dentro do meio acadêmico, com a percepção dos riscos ambientais decorridos do aumento da produção/consumo, intensificados pelos processos de internacionalização e globalização. Mueller (2012, p.130) estipula três principais estopins para essa percepção: a acentuação da poluição nos países desenvolvidos, advinda da expansão industrial após a Segunda Guerra Mundial; as crises do petróleo na década de 1970, que questionaram a viabilidade do crescimento intensivo no uso de energia e no uso de

---

<sup>21</sup> “À medida em que fosse aumentando a escassez das terras, a oferta insuficiente de alimentos faria seus preços subirem, aumentando os salários nominais. E os preços mais altos dos alimentos aumentariam a renda da terra, apropriada pela classe de sonos de terras, comprimindo os lucros. Com a queda dos lucros, a acumulação de capital se reduziria [...]. Desaparecida a motivação para investir da classe capitalista, o crescimento seria nulo – a economia atingiria o estado estacionário” (MUELLER, 2012, p.124).

recursos do meio ambiente; e o mais importante deles, o Relatório de Meadows<sup>22</sup>. O relatório Meadows, em 1972, nome popular do estudo intitulado “The Limits to Growth”, publicado por meio do Clube de Roma, questionou a relação entre o crescimento econômico e meio ambiente, defendendo o

“[...] crescimento zero como forma de forma de evitar a catástrofe ambiental. Ele emerge deste contexto como uma proposição conciliadora, onde se reconhece que o progresso técnico efetivamente relativiza os limites ambientais, mas não os elimina e que o crescimento econômico é condição necessária, mas não suficiente para a eliminação da pobreza e disparidades sociais (ROMEIRO, 2011, p.8)”.

O Relatório de Brundtland, em 1982, surge com uma nova proposta - o desenvolvimento sustentável - abordado dentro dos moldes do sistema e conceituado como aquele desenvolvimento “[...] que satisfaz as necessidades atuais sem sacrificar a habilidade do futuro satisfazer as suas” (ROMEIRO, 2011, p.8 apud CMMAD, 1988). O conceito originou muitas interpretações e definições, à guisa das análises econômicas, na qual tem-se as três correntes principais: a Economia Ambiental; a Economia Ecológica; e a mais recente, a Economia Verde.

A abordagem da Economia Ambiental, fortemente hegemônica, introduziu a variável ambiental na análise neoclássica, em razão “[...] dos movimentos ambientalistas que assumiam crescente importância, e a necessidade do posicionamento da teoria vigente, como forma de manutenção do *status quo* (ROUSSENQ, 2020, p.20)”. Dessa maneira, trabalhos de autores marginalistas foram retomados e aprofundados na temática ambiental. A principal característica da abordagem é seu enfoque mercadológico à questão da sustentabilidade, no que tange o crescimento econômico. Nela, os impactos ambientais são determinados e medidos como falhas de mercado e, assim, essas externalidades podem ser internalizadas no sistema de preços (CAVALCANTI, 2010, p.54). As duas abordagens fundamentais que compõem a Economia Ambiental são a Economia da Poluição e a Economia dos Recursos Naturais<sup>23</sup>.

---

<sup>22</sup> O Relatório de Meadows foi resultado da iniciativa do Clube de Roma. Cabe mencionar ainda que no mesmo ano, 1972, ocorria em Estocolmo a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, com o mesmo objetivo de discutir as questões do uso de recursos naturais, degradação ambiental e crescimento econômico.

<sup>23</sup> Ao retomar a discussão proposta do artigo *The Economics of Exhaustible Resources*, publicado em 1931 por Harold Hotelling, se estabelece as bases conceituais da Economia dos Recursos Naturais. O argumento principal, que se convém chamar Regra de *Hotelling*<sup>23</sup>, permeia sobre a questão de alocação intertemporal da exploração dos recursos naturais<sup>23</sup>, de maneira que “[...] os preços destes [deveriam] [...] progredir ao passo da taxa de desconto, que neste caso é igual à taxa de juros de mercado, determinando assim o nível “ótimo” de extração e maximizando as receitas [...], através do custo de oportunidade (ROUSSENQ, 2020, p.23)”. Já a Economia da Poluição, considerada o ramo mais importante da Economia Ambiental, que tem como essência a teoria do bem-estar (*welfare economics*) e dos bens públicos, concebida por Pigou nas primeiras décadas do século XX. Nela, a

A Economia Ecológica, por sua vez, tem origem na crítica ao enfoque neoclássico, ao defender uma visão que considere os aspectos internacionais e intergeracionais do sistema (ROMEIRO, 2001). Ela impõe que os limites ambientais globais estão ligados à estabilização dos níveis de consumo no longo prazo, apesar de associar que incentivos econômicos possam favorecer a eficiência dos recursos. Nesse sentido, o planeta é incapaz de absorver todo o resíduo gerado pela atividade econômica e ao invés de uma substituição indefinida entre os fatores de produção, há complementariedade entre eles (SOARES, 2015, p.26).

Há, portanto, uma diferença crucial com a abordagem anterior, que prevalece a ótica mecanicista, reducionista e fechada do sistema, como herança da escola clássica<sup>24</sup>. Na Economia Ecológica, o sistema macroeconômico não é só aberto, como é um subsistema integrado a um ecossistema natural finito. Além disso, não existem comportamentos determinísticos e, de maneira geral, não se destina um valor monetário aos recursos ambientais<sup>25</sup> (incomensurabilidade dos valores) (CAVALCANTI, 2010, p.58; ANDRADE, 2008, p.19). Defende-se que

O perigo de atribuir valor monetário a bens e serviços ecológicos, por sua vez, é tanto de levar a que se acredite que eles valem aquilo que os cálculos mostram, quanto de fazer pensar que ativos naturais possam ser somados a ativos construídos pelos humanos (ambos referidos à mesma base em dinheiro), tornando-os substituíveis. (CAVALCANTI, 2010, p.63).

Sua postura em relação ao emprego dos recursos naturais é classificada como um ceticismo prudente e, além disso, possui uma abordagem transdisciplinar e holística, ao integrar diversas perspectivas (física, biológica, ecológica, social e etc). Seu precursor foi Georgescu-Roegen e seu principal argumento é que a “matéria e energia entram no sistema econômico, passam pelo processo que se chama *throughput* [...] e viram lixo ou matéria e energia degradadas” (CAVALCANTI, 2010, p.58). Esse argumento tem referência as duas

---

poluição é vista como uma externalidade negativa e, nesse sentido, busca-se compreender quais os danos, custos e benefícios ao se adotar mecanismos de controle de poluição, de maneira a atingir uma eficiência de Pareto (ANDRADE, 2008, p.10). As soluções para quando esse resultado não é possível<sup>23</sup> – uma falha de mercado – são mecanismos institucionais de controle como taxas (taxação pigouviana), direitos de propriedade e licenças, de maneira a internalizar as externalidades no cálculo econômico (ANDRADE, 2008, p.11).

<sup>24</sup> “Todos viam o meio ambiente como neutro e passivo; as restrições que este imporá ao crescimento decorreriam apenas da disponibilidade limitada de recursos naturais” (MUELLER, p.125).

<sup>25</sup> Devido ao pluralismo metodológico, encontra-se alguns tipos de valorização do meio ambiente, contudo, contemplando aspectos da dinâmica dos processos naturais (ANDRADE, 2008, p.25). O conflito de ideias também aparece entre os principais estudiosos da Economia Ecológica. Daly e Georgescu-Roegen discordam sobre a questão de decrescimento: para o primeiro, a economia deve encontrar uma condição estacionária, em que o tamanho da economia se mantém constante ao mesmo tempo que ocorrem melhorias qualitativas; para o segundo, seria impossível manter os padrões de consumo atuais, por isso, um processo de decrescimento econômico é fundamental. (CECHIN; PACINI, 2012, p.130).



primeiras leis da termodinâmica: a lei da conservação da matéria e energia e a lei da entropia, que reforçam uma ideia de irreversibilidade e limites do sistema. Assim, a manutenção da “[...] ordem no sistema econômico, [da] sua capacidade de produzir coisas úteis e nos oferecer meios para nossa satisfação, só pode ser mantida com um fluxo constante de matéria-energia de baixa entropia” (CAVALCANTI, 2010, p.65).

As transformações qualitativas promovidas pelo processo econômico têm direção no tempo e são irreversíveis. O sistema produtivo transforma matéria-prima em produtos, que a sociedade valoriza, e gera algum tipo de resíduo, que não entra de novo na cadeia. Se a economia capta recursos de qualidade de uma fonte natural, e depois devolve resíduos sem qualidade à natureza, então não é possível tratá-la como um ciclo isolado (CECHIN; VEIGA, 2008, p.11)

O interesse em diferenciar mais precisamente as duas escolas é justificado pela análise crítica da Economia Ecológica em relação a Economia Ambiental. Além da diferenciação proposta aqui, cabe esclarecer que há também diferenças entre as escolas no que tange o conceito de sustentabilidade (fraca e forte)<sup>26</sup>. O Quadro (6) demonstra uma síntese do que foi indicado até então, além de outras considerações, sobre as principais características das duas ênfases.

Quadro 6 – Diferenças de ênfases entre a Economia Ecológica e a Economia Ambiental.

<b>Economia Ecológica</b>	<b>Economia Ambiental</b>
1. Escala ótima	1. Alocação ótima e externalidades
2. Prioridade à sustentabilidade	2. Prioridade à eficiência
3. Satisfação de necessidades básicas e distribuição equitativa	3. Bem-estar ótimo ou eficiência de Pareto
4. Desenvolvimento sustentável global e Norte/Sul	4. Crescimento sustentável em modelos abstratos
5. Crescimento pessimista e dificuldade de escolhas	5. Crescimento otimista e escolha win-win
6. Co-evolução imprevisível	6. Otimização determinística intertemporal do bem estar
7. Foco no longo prazo	7. Focos nos curtos/médios prazos
8. Completa, integrativa e descritiva	8. Parcial, monodisciplinar e analítica
9. Concreta e específica	9. Abstrata e geral
10. Indicadores físicos e biológicos	10. Indicadores monetários
11. Análise sistêmica	11. Custos de externalidades e valoração econômica
12. Avaliação multidimensional	12. Análise de custo-benefício
13. Modelos integrados com relações de causa e efeito	13. Modelos aplicados de equilíbrio geral com custos de externalidades
14. Racionalidade restrita e incerteza	14. Maximização de lucro e utilidade
15. Comunidades locais	15. Mercado global e indivíduos isolados
16. Ética ambiental	16. Utilitarismo e funcionalismo

Fonte: Van den Bergh (2001).

<sup>26</sup> Para isso, ver: Almeida (2018).

O Quadro (6) revela alguns dos aspectos que diferem as abordagens, contudo, Van den Bergh (2001) alerta que é uma simplificação que necessita de um aprofundamento. Dito isso, convém chamar atenção para a primeira diferença, já discutida aqui, uma vez que ela evidencia como as abordagens encaram o sistema e são cruciais para os desdobramentos das diferenças apresentadas posteriormente: a Economia Ecológica prevê um sistema econômico aberto, logo, pressupõe uma escala ótima; já a Economia Ambiental propõe uma alocação ótima dentro de um sistema fechado. Diferenciar os aspectos abordados em cada escola se justifica não só pela importância das escolas no meio acadêmico, como por suas contribuições na formação teórica, ainda em curso, da Economia Verde, a próxima abordagem a ser apresentada.

A Economia Verde é a mais recente das abordagens que amparam as questões ambientais e econômicas no pensamento econômico. Embora ainda não tenha uma compreensão clara, funciona como uma terceira via para as abordagens anteriores. Ela surge em um contexto de contínuas crises da primeira década do século XXI: crises em relação ao clima, biodiversidade, combustíveis, alimentos, água e a crise de 2008. Em específico a essa última, a Organização das Nações Unidas estabeleceu a Iniciativa da Economia Verde (*Green Economy Initiative*), elaborado pelo *United Environment Programme* (UNEP), de maneira a buscar alternativas para os acontecimentos descritos. A abordagem emerge no meio acadêmico, ganhando popularidade, contudo, a partir da Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, a Rio+20 (MOURA, 2016, p.24).

Nela, a Economia Verde foi definida como um novo modelo econômico

[...] que resulta em “melhoria do bem-estar da humanidade e igualdade social, ao mesmo tempo em que reduz significativamente riscos ambientais e escassez ecológica”. Em outras palavras, uma economia verde tem baixa emissão de carbono, é eficiente em seu uso de recursos e é socialmente inclusiva. Em uma economia verde, o crescimento de renda e emprego deve ser impulsionado por investimentos públicos e privados que reduzam as emissões de carbono e a poluição, aumentem a eficiência energética e o uso de recursos e impeçam a perda da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos (*UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME*, 2011, p.17).

Em 2008, o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) propõe o *Global Green New Deal* (GGND) visando estimular a recuperação econômica compatível com a maior sustentabilidade na economia mundial, sendo esta proposta um vetor da estratégia de Economia Verde, proposta pela mesma organização em 2011. Nesse mesmo ano, tem-se a formulação do Crescimento Verde da Organização para a Cooperação e

Desenvolvimento Econômico (OCDE), e da Indústria Verde da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUUDI). Em 2012, o Banco Mundial apresentou o documento Crescimento Verde Inclusivo para discutir o tema (KOELLER et al., 2019).

Inúmeras iniciativas nacionais e internacionais passaram a debater sobre um processo de transição verde, ancorada nas interrelações entre desenvolvimento sustentável, reformas estruturais, redução de impacto ambiental e na erradicação da pobreza. No relatório “Rumo a Economia Verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e erradicação da pobreza”, publicado em 2019 pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA/UNEP), algumas condições são estabelecidas para esse processo, dentre as quais: o investimento público para estimular o investimento privado, através de projetos de infraestrutura, subsídios verdes e aquisições públicas sustentáveis; a aplicação de mecanismos de mercado, tal como a Economia Ambiental, através de licenças e taxas nos setores chaves para a transição; retirar subsídios de setores poluentes e fornecer concessões a setores verdes; desenvolver uma regulação ambiental com o objetivo de impulsionar o investimento verde; fortalecer a Governança Internacional, visando a elaboração de acordos ambientais multilaterais; e investir na treinamento, educação e capacitação da população (MOURA, 2016, p.27-29). Percebe-se que “do ponto de vista teórico, pode-se, portanto, atestar o caráter híbrido da iniciativa da Economia Verde, já que ela compreende elementos tanto da economia ambiental, de tradição neoclássica, quanto da economia ecológica, de natureza mais heterodoxa” (MOURA, 2016, p.36).

### 3.2 ECONOMIA VERDE, CRESCIMENTO VERDE E INDÚSTRIA VERDE

A Economia Verde tem como principal proposta a chamada transição verde, que culmina na mudança de paradigma econômico mundial. Há três principais núcleos de transformação para esse processo, sendo eles: i) o núcleo dos setores derivados dos recursos naturais, que abarca questões como o uso da terra e da água, além do impacto da agricultura e da pesca nos setores primários; ii) o núcleo dos setores que incorporam capital, que abarca os setores de energia renovável, indústria manufatureira, resíduos, edifícios, transporte, turismo e cidades; e iii) o núcleo de investimentos/financiamento, abarcando questões fiscais, mercadológicas e políticas do processo de transição.

Com a interseção entre esses três núcleos tem-se defendido uma dissociação entre a extração de recursos naturais per capita e o crescimento do PIB - o chamado de crescimento

verde, ou seja, onde se argumenta que há espaço para a sustentabilidade e o crescimento econômico<sup>27</sup>. As razões pelas quais se defende o crescimento verde em oposição ao crescimento zero é a junção dos efeitos tecnológico, estrutural e comercial percebidos na economia mundial. O primeiro referente ao aumento da aplicação de tecnologias de materiais eficientes, o segundo referente ao deslocamento dos setores primários para os setores secundários e, por fim, o terceiro efeito referente ao aumento da importação de materiais, como uma consequência da terceirização dos estágios de produção (*UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME*, 2011, p.278). Cabe mencionar ainda um outro enfoque sobre crescimento e meio ambiente, ou crescimento verde, que traz reflexões importantes, e foi elaborado pelo Banco Mundial e pela Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE). Em suma,

A proposta do PNUMA enfatiza o papel do Estado, o marco regulatório e o investimento público e privado. Por sua vez, a estratégia de crescimento verde da OCDE enfatiza a busca de novas fontes de crescimento baseadas em inovação, investimento e competição para tornar a economia verde (Quilliconi C. e Peixoto J., 2013). A proposta do Banco Mundial, por outro lado, destaca a necessidade de desenhar políticas específicas para os países em desenvolvimento, considerando que possuem características sociais, ambientais e econômicas muito particulares e diferentes das dos países desenvolvidos. Por fim, sobre a questão da equidade intergeracional, a proposta de economia verde aponta que as atuais decisões de poupança e investimento devem evitar que as gerações futuras paguem pelos danos ambientais. (CEPAL, 2017, p. 15, tradução nossa)

Em consonância com a discussão apresentada, há também o conceito de indústria verde, com propostas direcionadas especificamente à indústria. A indústria verde se insere com modelos de produção industrial que não agridam o ecossistema e que, de alguma maneira, contribuam para o aumento do bem-estar da população. É entendida como uma estratégia setorial da Economia Verde, incorporando intervenções em níveis micro e macro através de um conjunto de políticas, incentivos, instrumentos regulatórios, investimentos e operações. Além disso, aborda questões tais como a criação de novas indústrias, com o intento oferecer bens e serviços para gestão e proteção ambiental; e aumento da produtividade e eficiência das indústrias existentes (CEPAL, 2017, p.15).

Em relação a criação de novas indústrias, inclui-se empresas que fabricam e instalam equipamentos de energia renovável, por exemplo; ou empresas que desenvolvem tecnologias limpas para setores industriais, de transporte e de construção. São, portanto, novos tipos de

---

<sup>27</sup> Termo abarcado pela Organização para a Cooperação e o Desenvolvimento Econômico (OCDE). Há também o conceito de Indústria Verde, por parte da Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial (ONUDI).

indústrias, impulsionadas por políticas direcionadas a oferta e demanda de bens e serviços ambientais. Não obstante, são tipos de indústrias que invocam por processos com maior produtividade/eficiência, ao utilizar práticas e tecnologias com menor intensidade do uso de insumos/energia e redução na geração de resíduos e emissões de GEE (CEPAL, 2017, p.15).

O setor industrial, nos moldes da Economia Verde, traz consigo a necessidade de inovações com redução do impacto ambiental ao longo de toda a cadeia de produção e consumo, considerando aspectos da oferta e da demanda, numa espécie de ecoeficiência<sup>28</sup>. Segundo o relatório da UNEP, “o maior desafio será fazer com que a transição na produção industrial faça uso menos intenso de carbono e materiais ao mesmo tempo em que preserva os empregos ou reinveste em novas oportunidades de trabalho (*UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME*, 2011, p. 277)”.

Aspectos de melhoria na eficiência dos processos e na produtividade, através do emprego de tecnologia nos principais subsetores intensivos em materiais da indústria manufatureira, tais como os subsetores de metais ferrosos, alumínio, cimento e plástico, são fundamentais. Nesse sentido, a UNEP sugere que a indústria deve se basear em alguns eixos de atuação, a afim de alcançar os objetivos de eficiência, produtividade e diminuição de impactos ambientais. Esses eixos de atuação industrial são demonstrados no Quadro (7).

Quadro 7 – Os eixos de atuação do setor industrial, de acordo com a abordagem da Economia Verde

(continua)

Eixos	Descrição
Resenho dos produtos e/ou modelos de negócios	A fim de que a mesma funcionalidade possa ser mantida com fundamental redução do uso de materiais e energia. Isso também exige uma prolongação do tempo de vida efetivo de produtos complexos e melhoria na qualidade por meio da incorporação de reparos e remanufatura a um sistema de ciclo fechado.
Substituição dos insumos marrons com insumos verdes, sempre que possível.	Por exemplo, introdução de biomassa como uma fonte de matéria-prima para produtos químicos. Enfatizar a integração do processo e a atualização de itens auxiliares do processo, tais como iluminação, caldeiras, motores elétricos, compressores e bombas. Manter boa organização e utilizar gerenciamento profissional.
Reciclagem	Reciclagem dos resíduos de processos internos, inclusive das águas residuais, calor de alta temperatura, pressão de retorno, etc. Introduzir o CHP caso haja um mercado local para energia elétrica excedente. Usar os materiais e energia causando menos impactos ambientais, por exemplo, energias renováveis ou resíduos como insumos para processos de produção. Aumentar a capacidade de reciclagem dos materiais utilizados e encontrar ou gerar mercados para processar os resíduos, tais como os orgânicos.

<sup>28</sup> O conceito inclui redução da intensidade de materiais e energia, aumento da reciclagem, aumento da durabilidade do produto e intensidade de serviço dos produtos.

Quadro 7 – Os eixos de atuação do setor industrial, de acordo com a abordagem da Economia Verde

(conclusão)

Eixos	Descrição
Introdução de tecnologias novas e mais limpas	Aprimoramento da eficiência dos processos existentes a fim de superar a concorrência e estabelecer novos modos de produção que tenham fundamentalmente maior eficiência energética e de materiais. Para começar, o grande potencial para gerar economias no processo de manufatura está na melhoria da eficiência de recursos dos processos existentes.

Fonte: Adaptada, relatório PNUMA (2011, p. 279)

Nota: CHP é a sigla 'Combined Heat &amp; Power' que, traduzido de forma técnica, significa 'Cogeração de Energia'.

De acordo com o Quadro (7), pode-se perceber que todos os eixos de atuação da indústria no processo de transição verde podem ser associados à introdução de inovações de produto e/ou processo. Em consonância com esse raciocínio, o debate sobre tecnologia, inovação e meio ambiente tem ganhado espaço e, com ele, têm surgido discussões na literatura que definem o vínculo entre inovação/tecnologia e economia verde, com papéis de atuação tanto do lado da demanda, quanto do lado da oferta. A discussão de conceitos de tais como inovações verdes, inovações sustentáveis, inovações ambientais e ecoinovações, tem crescido exponencialmente na literatura atual e se tornam fundamentais para entender o processo de transição que o mundo espera. O último termo, “ecoinovações”, tem uma maior amplitude dentro do meio acadêmico e por essa razão, ele será adotado no decorrer desta pesquisa, a fim de que definir inovações que culminam na redução do impacto ambiental. Na próxima seção, serão discutidos esses aspectos de forma mais aprofundada.

### 3.3 ECOINOVAÇÕES: O CONCEITO E AS PRINCIPAIS ABORDAGENS

Uma das principais discussões em relação à transição verde tem sido o papel estratégico das inovações na busca de um processo de mudança de paradigma. É com base nisso que as ecoinovações estão sendo inseridas nas discussões ambientais e, embora não exista um consenso sobre o conceito<sup>29</sup>, em linhas gerais, admite-se que as ecoinovações se referem às introduções de novos produtos, processos e/ou métodos de organização que são capazes de reduzir o risco ambiental (QUEIROZ; PODCAMENI, 2014). Em consoante, a definição disponibilizada pelo *Mesuring Eco-Innovation* (MEI), comumente utilizada, denomina que a ecoinovação é

<sup>29</sup> Alguns autores chamam de inovação ambiental, inovações verdes ou inovações sustentáveis. Para um aprofundamento da questão, ver Koeller et al (2020).

[...] the production, assimilation or exploitation of a product, production process, service or management or business method that is novel to the organisation (developing or adopting it) and which results, throughout its life cycle, in a reduction of environmental risk, pollution and other negative impacts of resources use (including energy use) compared to relevant alternatives (KEMP; PEARSON, 2007, p.7)

O conceito apresentado vai de acordo com a definição utilizada pelo Manual de Oslo<sup>30</sup> e indica uma convergência do seu uso em organizações tais como a Organização para Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e a Comissão Europeia e, dessa maneira, serve como diretriz para coleta e interpretação de dados sobre inovação, permitindo análises comparativas das estatísticas entre os países. Além disso, a definição assume como premissa a conceituação apresentada pela escola evolucionária neoshumpeteriana. Koeller et al (2020, p.28) disserta sobre a necessidade de uma releitura do conceito, a fim de abarcar também a análise do ciclo de vida, risco ambiental e impacto ambiental das ecoinovações<sup>31</sup>.

Do ponto de vista teórico e empírico, Del Rio González et al (2010) apresentam três abordagens principais que relacionam as temáticas de inovação, meio ambiente e economia no que tange o processo de ecoinovação. Elas se dividem em abordagem convencional, abordagem de gestão interna e abordagem sistêmica-evolutiva. Cabe mencionar, que a abordagem convencional, não se utiliza de forma frequente o termo “ecoinovação”, porém, há referências que agregam ao tema aqui proposto. Desta forma, optou-se por incluir a abordagem na discussão aqui iniciada.

A abordagem econômica convencional aborda a temática de inovação e meio ambiente como questões associadas diretamente a tecnologia. O enfoque se baseia em fases sequenciais e lineares da tecnologia, desmembradas nas etapas de invenção, inovação e difusão, nessa mesma ordem. As teorias que incluem este escopo são constituídas pelas abordagens tradicionais de crescimento (Solow e Romer como referências nestas temáticas) e modelos macroeconômicos ambientais, na Economia Industrial, nos modelos de inovação induzida e, por fim, nos modelos econômicos a partir da chamada Economia da Poluição (DEL RIO GONZÁLEZ et al, 2010, p.87). Em geral, a ecoinovação é relacionada a internalização dos custos ambientais, ou seja, das externalidades negativas, via instrumentos de mercado.

---

<sup>30</sup> O *Manual de Oslo* é a principal fonte internacional de diretrizes para coleta e uso de dados sobre atividades que envolvem a inovação no âmbito industrial.

<sup>31</sup> Segundo os autores, o aspecto de risco ambiental abarca “os riscos relacionados ao meio ambiente físico e suas consequências para a sociedade em seus aspectos sociais – saúde, seguridade etc. – ou econômicos – perdas de produtividade, de lucratividade etc” (KOELLER et al, 2020, p.29). E além disso, defendem que ainda que se apresentem dificuldades de mensuração da ecoinovação, “[...] a adoção do conceito de ciclo de vida é importante, uma vez que permite que sejam considerados os impactos desde a concepção do produto ou processo até a sua disposição final após seu uso – do berço ao túmulo” (KOELLER et al, 2020, p.31).

A abordagem da gestão interna e a abordagem sistêmica-evolutiva surgem como alternativas ao mainstream, ao incorporarem dimensões ignoradas ou pouco exploradas na abordagem tradicional. A abordagem da gestão interna se relaciona com as estratégias e formas de organização, assim, a adoção deecoinovações depende da percepção das empresas em relação a importância da temática ambiental. Assim, não depende somente do custo-benefício da adoção de inovações com redução do impacto ambiental, mas também como esse custo-benefício é percebido pelas empresas, o que inclui efeitos de pressões de regulação, pressões da sociedade civil como um todo, pressões de mercado (mudanças nas preferências dos consumidores) e pressões financeiras de investidores. A introdução das ecoinovações, portanto, é determinada por estratégias e interação dos atores, que convergem para continuidades e descontinuidades tecnológicas (DEL RIO GONZÁLEZ et al, 2010, p.89). O Quadro (8) sintetiza os diferentes tipos de estratégias, de acordo com a abordagem de gestão interna.

Quadro 8 – Tipos de estratégia ambiental

(continua)

<b>Estratégia Ambiental</b>	<b>Atitude Ambiental</b>	<b>Comentários</b>
Hiperativo	“Definimos a agenda”	Essa estratégia baseia-se na consideração de que proteger o meio ambiente é uma necessidade da empresa, pois gera novas oportunidades e gera vantagens competitivas. A diferença de uma estratégia proativa é que, enquanto na primeira trata-se de aproveitar as oportunidades de negócios que o meio ambiente oferece, na hiperativa as empresas vão além, influenciando a regulação ambiental em seu benefício.
Pró-ativo	“Vamos em frente”	Algumas empresas consideram os problemas ambientais como sua responsabilidade, algo que não podem ignorar porque ameaça sua própria existência a longo prazo ou porque o desafio ambiental constitui uma oportunidade de negócio que deve ser aproveitada. As empresas que adotam uma estratégia desse tipo procuram antecipar novas regulamentações e adotar tecnologias ambientais que vão além do que as regulamentações ambientais exigem.
Reativa	“Obedecemos a lei”	Eles tendem a perceber as questões ambientais como custos adicionais a serem minimizados e não como oportunidades de negócios. Reagem apenas à pressão do poder público ou de outros atores sociais (clientes, por exemplo). Alguns autores distinguem vários tipos de estratégias defensivas das empresas: desde as empresas que simplesmente não relatam a poluição que geram ou que se recusam a reduzir essa poluição, até aquelas que decidem bloquear as regulamentações ambientais.
Seguidora	“Nos adaptamos a nova situação”	Uma empresa seguidora é aquela que não introduz inovações nem luta para mudar as regulamentações ambientais. Só realiza ações ambientais quando exigido pela regulamentação. Evitar sanções, garantir mercados futuros, alcançar certa legitimidade social ou evitar a perda de competitividade podem ser os motivos fundamentais que levam a adotar essa atitude.



Quadro 8 – Tipos de estratégia ambiental

(conclusão)

<b>Estratégia Ambiental</b>	<b>Atitude Ambiental</b>	<b>Comentários</b>
Inativa	“Não temos problemas”	Algumas empresas deixam de agir quando surgem novos desafios ambientais. Eles negam que haja problemas de poluição em sua empresa e consideram que as medidas que adotam (normalmente incrementais) são suficientes para resolver o problema da poluição gerada por seus processos produtivos.

Fonte: Del Río González et al (2010).

Os tipos de abordagem apresentados no Quadro (8) dependem, intrinsecamente, do comprometimento das gestões. Del Río González et al (2010, p.93) reflete que a falta de informação sobre a rentabilidade das tecnologias e de confiança no desempenho dessas tecnologias e a falta de capacidade e de capital para lidar com custos de transação gerados no processo de reorganização das estratégias são fatores que justificam a falta de comprometimento das empresas em relação às causas ambientais. Além disso, a empresa deve possuir uma competência tecnológica mínima para a incorporação de determinadas inovações, a saber que quanto mais radical aecoinovação, mais habilidades tecnológicas seriam necessárias à sua implementação.

Por fim, tem-se a abordagem evolutiva<sup>32</sup>, que entende o processo de mudança tecnológica como um processo gradual cumulativo, resultado de interações entre fatores de oferta e demanda, bem como de grupos e forças sociais (DEL RIO GONZÁLEZ et al, 2010, p.94). Nessa abordagem, são as rotinas que determinam as decisões e a coordenação do trabalho, de forma que os agentes possam conhecer, interpretar os processos e gerar resultados, é o principal meio de desempenho organizacional (CORIAT; WEINSTEIN, 2011, p.107).

Segundo Dosi (1991), existem algumas características da abordagem evolutiva, que se desenvolvem com base nos pressupostos acima: a dinâmica evolucionista não linear das inovações (novos produtos, novos processos, novas formas de organização e etc), o que implica na associação com momentos de rupturas, revoluções, transformações e instabilidades e, além disso, nas interações permanentes dos agentes (interdependência); o comportamento de adaptação (processo de aprendizagem, hipótese cognitiva) dos indivíduos, em

<sup>32</sup> Nelson e Winter (1982) não foram os pioneiros na abordagem evolucionista da firma, mas foram aqueles que a sintetizaram como escola do pensamento econômico. Em resumo a teoria tem três pressupostos: (i) os elementos de permanência/herança (genes), em referência às rotinas adquiridas e passadas dentro da firma - dependência do caminho; (ii) princípio de variações e mutações (evolução, transformação endógena), base do processo de inovação; e (iii) um mecanismo de seleção, constituído pelo comportamento de concorrência das empresas (CORIAT; WEINSTEIN, 2011, p.104)

contrariedade a uma racionalidade invariável; e a noção de não existe uma ordem ou estrutura de um único equilíbrio - são múltiplos (CORIAT; WEINSTEIN, 2011, p.105).

A explicação para evolução endógena da firma é a própria história (*path dependence*), “[...] uma vez que, da mesma forma que a empresa só acumula os seus conhecimentos anteriores, só pode sair do seu caminho inicial na "conjuntura" em que as oportunidades tecnológicas o permitem” (CORIAT; WEINSTEIN, 2011, p.117, tradução). E que “o princípio da pluralidade dos ambientes de seleção é essencial para a abordagem evolutiva. Só este princípio pode explicar a existência de diferentes e diferenciadas trajetórias tecnológicas de acordo com a estrutura dos ambientes em que as empresas evoluem” (CORIAT; WEINSTEIN, 2011, p.118, tradução).

Vê-se, portanto, a aproximação da temática ecoinovativa e o referencial teórico-econômico neoschumpeteriano. Esse, por último, que argumenta sobre a sexta onda de inovação, associada a uma mudança de paradigma – que foi associada à Economia Verde -, no anseio por organizações mais sustentáveis. Na ótica neoschumpeteriana, portanto, a sustentabilidade tem se tornado um fator de vantagem competitiva das empresas: a introdução de processos sustentáveis, por exemplo, pode aumentar a eficiência do uso de matérias primas, energia e água, que como resultado, para além do aspecto ambiental, reduz os custos por parte da empresa; e não só isso, pode contribuir para o estímulo do comércio de subprodutos advindos de insumos que seriam descartados, bem como redução dos resíduos – através, por exemplo, da reciclagem (HARGROVES, SMITH, 2005).

Além disso, pode-se relacionar ao conceito de ecoinovações a responsabilidade pela presença de uma fase de transição entre dois paradigmas, cercados pelas incertezas em relação às inovações viáveis e os seus efeitos. As indagações desse período permeiam questões tais como a incerteza sobre a tecnologia *standard* do processo e o uso dos recursos naturais, que terão de suprir a demanda ao mesmo tempo em que enfrentarão desafios pela ótica da oferta. Essas incertezas também demandarão rearranjos institucionais e organizacionais, refletidos nas estratégias corporativas, bem como nos métodos de gestão ambiental (DEL RÍO GONZALEZ et al, 2010). Nesse sentido, o protagonismo do investimento em P&D, de políticas governamentais e de estudos de mensuração se tornam primordiais.

### 3.3.1 Os Tipos Gerais de Ecoinovações

A partir da breve definição do que se constitui a ecoinovação, esta sessão se destina a apresentar uma classificação dos tipos gerais encontrados na literatura, que abrange este tipo de conceito. Partindo de uma abordagem, em que diferentes naturezas de inovação podem minimizar o impacto ambiental e/ou adotar critérios ambientais na produção e comercialização, tem-se, em geral, os seguintes tipos (CEPAL, 2017, p.21):

- Ecoinovação de processo;
- Ecoinovação de produto;
- Ecoinovação organizacional;
- Ecoinovação comercial;
- Ecoinovação social;
- Ecoinovação de fluxo.

As ecoinovações de processos se referem a introdução/melhoramento de métodos e técnicas no processo produtivo e no consumo dos bens. É um tipo de inovação, em geral, baseada na redução do uso de recursos, tais como água, energia, matérias primas e etc, que também pode ser associada a redução de custos de produção, uma vez que se aumenta a eficiência do processo. Nesse sentido, se também forem considerados a cadeia de suprimentos e o capital físico utilizado durante a produção do bem, a introdução de métodos de entrega (reduzindo CO<sub>2</sub>, por exemplo), melhoramento de instalações/maquinário, bem como a incorporação de tecnologias de informação e comunicação (TICs), processos de reciclagem e substituição de insumos contaminantes por insumos menos contaminantes, são inovações dentro do escopo de ecoinovações de processo - se as mesmas envolverem redução do impacto ambiental (CEPAL, 2017, p.22).

As ecoinovações de produtos, por sua vez, são associadas a incorporação de bens e serviços, além de aprimoramentos gerais no bem/serviço - tanto em relação às características técnicas, quanto em termos de uso -, que reduzem o seu impacto sobre o meio ambiente. Argumenta-se, no geral, que a maior parte dos impactos ambientais causados pelos produtos são pré-determinados em sua fase de projeto. Dessa forma, melhorias em materiais e/ou componentes do produto, no design (eco-design) e, principalmente, melhorias que aumentam o ciclo de vida do produto são exemplos deste tipo de inovação. No que se refere aos serviços, dentro da abrangência da ecoinovação de produto, tem-se inovações relacionadas, por exemplo, a serviços financeiros como eco-créditos e fundos de investimentos verdes; serviços ambientais como o gerenciamento de resíduos; e serviços que minimizam o uso de recursos gerais, tais como os objetos de pesquisa da economia circular (CEPAL, 2017, p.22).

As ecoinovações organizacionais, como o próprio nome sugere, são inovações relacionadas a introdução de métodos organizacionais e sistemas de gestão que incorporam a preocupação com os aspectos ambientais, tanto na produção quanto no produto. Nesse sentido, sistemas de auditoria, gestão ambiental, gestão da cadeia de valor, uso de softwares em relação ao monitoramento e compartilhamento de informações (relacionadas a poluição, por exemplo) compõem este tipo de ecoinovação (CEPAL, 2017, p. 22).

As ecoinovações de comercialização, por sua vez, se referem as mudanças significativas no design do produto, na embalagem, na distribuição, no posicionamento da marca, bem como em promoções que convergem para a redução do impacto ambiental, que por fim, são associadas a técnicas de marketing. A obtenção de rótulos ecológicos e introduções de marcas ecológicas são exemplos deste tipo de ecoinovação (CEPAL, 2017, p. 23).

As ecoinovações sociais, por sua vez, abrangem uma dimensão diferente das apresentadas anteriormente, uma vez que se relaciona, majoritariamente, com a ótica da oferta. As ecoinovações sociais são inovações baseadas em mudanças no estilo de vida e no comportamento do consumidor, em que o agente demanda por produtos e serviços que, por sua vez, reduzam o impacto ambiental (produtos/serviços verdes, por exemplo). Este tipo de inovação impulsiona a responsabilidade social corporativa e colabora para ecoinovações de processo e de produto, o que reforça uma inter-relação entre os tipos de ecoinovações apresentados, ao associarmos os aspectos de oferta e demanda em questão (CEPAL, 2017, p. 23).

Por fim, tem-se as ecoinovações de fluxo, que são inovações relacionadas a cadeia de valor material de produtos/processos. Este último tipo de ecoinovação ao mesmo tempo que reduz o uso de materiais, aumenta o nível de bem-estar e de serviço. A intencionalidade, nesse sentido, é diminuir a obsolescência dos produtos e promover uma economia circular. Assim, os sistemas de extração, consumo e descarte de recursos tendem a se modificar, uma vez que se busca recuperar o valor existente no final do fluxo da mercadoria. O fluxo, portanto, deixa de ser fechado e passa a ser um fluxo circular, onde o valor material ainda pode ser extraído, mesmo no fim da vida útil dos produtos, ou seja, quando o produto já cumpriu sua finalidade (CEPAL, 2017, p. 23).

O Quadro (9) complementa as discussões anteriores sobre os tipos de ecoinovação, ao oferecer uma discussão, que abrange as ecoinovações, de acordo com o seu impacto.

Quadro 9 – Impacto das ecoinovações de acordo com seu tipo, seguido da descrição, bem como de seus aspectos característicos

<b>Impacto</b>	<b>Descrição</b>	<b>Caraterísticas</b>
Incremental	Destina-se a modificar e melhorar as tecnologias ou processos existentes para aumentar a eficiência dos recursos e o uso de energia, sem modificar substancialmente as tecnologias básicas subjacentes. As pesquisas de ecoinovação nas empresas mostram que esta é a forma dominante na indústria (Díaz-García et al., 2015); ou seja, refere-se a uma melhoria de produtos, processos ou serviços, no contexto de um projeto dominante, ou de um produto, arquitetura ou demanda existente.	A demanda do mercado é conhecida e previsível; alcança um rápido reconhecimento e aceitação do mercado e é facilmente adaptável às vantagens de mercado existentes e à política de distribuição; se encaixa na segmentação de mercado atual e nas políticas de produtos.
Disruptivo	Refere-se ao que leva a mudanças no paradigma ou no funcionamento de todo um sistema. Muda a forma como as coisas são feitas ou a forma como as funções tecnológicas específicas são cumpridas, sem necessariamente alterar o regime tecnológico subjacente.	Exemplos incluem a transição de máquinas de escrever manuais para elétricas e processadores de texto, ou a mudança de lâmpadas incandescentes para fluorescentes (EIO, 2012)
Radical ou Sistêmico	Implica uma ruptura com produtos e processos existentes, para abrir novas indústrias e novos mercados. Inclui não apenas desenvolvimentos tecnológicos de fronteira, mas também uma reconfiguração de sistemas produto-serviço, fechando, por exemplo, o círculo de produção com uma abordagem “cradle to cradle”, ou seja, projetando produtos de tal forma que a pureza do material é mantido e é fácil extrair seus componentes para regeneração ou retorno à terra. Isso implica uma mudança radical, de forma que os fluxos de produtos tenham um impacto positivo no meio ambiente, diferentemente das abordagens tradicionais que focam na redução dos impactos negativos (Stankevice e Jucevicius, 2010).	A demanda potencial é grande, mas não muito previsível. Há um alto risco de falha; uma reação imitativa rápida da concorrência não é previsível; você pode exigir políticas exclusivas de vendas, distribuição e marketing para educar os consumidores; a demanda pode não coincidir com segmentos de mercado estabelecidos, distorcendo o controle de diversas visões da empresa.

Nota: Cradle to cadle

Fonte: (CEPAL, 2017, p.22, tradução nossa)

A sistematização acima aponta para como as ecoinovações sistêmicas, bem como as incrementais possuem papel primordial, no que tangencia os aspectos de transição verde. As ecoinovações sistêmicas podem contribuir para impactos mais amplos de médio prazo, enquanto as ecoinovações incrementais têm maior potencial no processo de difusão. Por fim, entende-se que do ponto de vista de dissociar o crescimento econômico do uso de recursos naturais e do impacto ambiental gerado, as ecoinovações radicais e sistêmicas ganham destaque e tem recebido mais atenção por parte de órgãos tais como a OCDE (CEPAL, 2017, p.25).

### 3.3.2 Os Determinantes das EcoInovações

A recente e ainda incipiente teorização sobre o objeto de estudo das ecoinovações se depara com dificuldades de mensuração e, principalmente, com incertezas teóricas e metodológicas. A ecoinovação por vezes pode ser considerada sinônimo das inovações verdes, inovações ambientais e tecnologias verdes, isto porque adentram no meio acadêmico partindo de óticas e a partir de finalidades diferentes. Há inovações com redução do impacto ambiental que surgem como um objeto de regulamentação ou como uma área de crescimento industrial, bem como abordagens como finalidades adaptativas, enquanto outras com finalidades preventivas (ANDERSEN, 2008).

A associação da ecoinovações com questões tecnológicas, além disso, possui ressaltos, uma vez que próprio conceito de tecnologia vem sendo modificado pelas abordagens teóricas. Por fim, ainda se menciona a questão das bases de dados estatísticos, ainda pouco padronizados, questão que dificulta/impossibilita a comparação econômica entre empresas/países (ANDERSEN, 2008).

A necessidade de novos quadros metodológicos para a abordagem das ecoinovações tem crescido, ainda que vagarosamente, no escopo do pensamento econômico, principalmente quando se relaciona os objetivos de sustentabilidade no longo prazo e a importância das inovações para o alcance desse lugar. Políticas ecoinovadoras, tanto no âmbito público, quanto no âmbito privado têm crescido em razão de encargos ambientais, regulamentações, redução de custos, aumento da competitividade, criação de novos mercados para produtos e processos, novas infraestruturas com o acirramento do processo de difusão de novas tecnologias e, não menos importante, com a criação de programas e iniciativas de sustentabilidade (RENNINGS, 2000).

Carrillo-Hermosilla, Gonzalez e Konnola (2009) elegem quatro dimensões da ecoinovação: dimensão de design, do usuário, o tipo - se produto ou serviço - e a governança. A dimensão do design diz respeito ao papel e/o ao impacto das ecoinovações, que podem ser: a) de adição de componentes, cuja inovação busca amenizar e/ou reparar impactos negativos sem necessariamente mudar profundamente o processo produtivo e o sistema que provoca o problema ambiental; b) de mudança no subsistema ou soluções ecoeficientes, cujo objetivo de melhorar o desempenho ambiental, pela redução de externalidades negativas pela criação de mais bens e serviços enquanto fazem menos uso de recursos e criam menos lixo e poluição; c) de mudança no sistema, cujo objetivo é o redesenho do sistema e/ou mudanças

dos seus componentes, para que consiga tanto para a diminuição dos impactos negativos quanto para a geração de impactos positivos.

A dimensão do usuário diz respeito a envolvimento dos usuários nas ecoinovações (novos produtos e/ou serviços), especialmente no modo que vão aceitar e se beneficiar, bem como das possíveis sinergias geradas pelas suas criatividade de uso/aplicação das inovações nas diversas fases da difusão. A dimensão do produto/serviço envolve a maneira pela qual as empresas podem criar valor agregado com seus produtos, processos e serviços, mas também por meio de suas relações ao longo da cadeia de valor. A dimensão da governança as soluções de aspectos institucionais e organizacionais para resolver conflitos sobre recursos ambientais tanto no setor público quanto privado surgidos e/ou potencializados com ecoinovações, especialmente no plano sistêmico.

Rennings (1998) aborda as ecoinovações e o desenvolvimento sustentável em diferentes dimensões (ecológica, econômica e social), considerando também, os mecanismos complexos de feedbacks e interrelações. Para o autor, as ecoinovações envolvem medidas protagonizadas por diversos atores, tais como empresas, políticos, sindicatos associações, igrejas, lares, dentre outros, que “[...] desenvolvem novas ideias, comportamentos, produtos e processos, que ao aplicá-los ou introduzi-los contribuem para a redução de encargos ambientais e/ou para os objetivos de sustentabilidade” (RENNINGS, 2000, p.322)

A tipologia estabelecida pelo autor, classifica as ecoinovações de acordo com sua natureza, sendo elas de origem: (i) tecnológica; (ii) organizacional; (iii) social; ou (iv) institucional. As ecoinovações tecnológicas (i) podem ser divididas em tecnologias curativas e preventivas. A primeira é aquela destinada a reparar danos ao meio ambiente (tais como as tecnologias de fim de ciclo), enquanto a segunda se destina em evitá-los (redução de emissão/energia/matéria-prima). Já as ecoinovações organizacionais (ii) se referem aos instrumentos de gestão da empresa ou de serviços, acompanhado de novas infraestruturas e transformações do sistema. As ecoinovações sociais (iii), por sua vez, refletem as mudanças de estilo de vida e comportamento do consumidor, uma vez que as ecoinovações, sejam elas de qualquer natureza, precisam se articular aos valores e estilos de vida das pessoas. Por fim, as ecoinovações institucionais (iv), referentes às redes e agências locais, novos regimes de governação e comércio<sup>33</sup> (RENNINGS, 2000).

---

<sup>33</sup> Como por exemplo, o Painel Intergovernamental sobre Alterações Climáticas – IPCC.

Andersen (2008), por sua vez, propõe uma taxonomia de ecoinovações<sup>34</sup> que insere o protagonismo da interrelação entre a firma dinâmica (abordagem evolucionária) e o conhecimento e, a partir disso, as define de acordo com o papel que desempenham no mercado (e não por seus efeitos ambientais), no processo de esverdeamento. Para ele, as ecoinovações são definidas como inovações capazes de atrair renda verde no mercado, um conceito intrinsecamente ligado a questões de competitividade. Assim, as ecoinovações devem ser analisadas de acordo com o grau em que as questões ambientais integram o processo econômico, tanto no que tange a organização da produção, quanto em relação ao processo de aprendizagem.

As ecoinovações são, dessa forma, classificadas em: (i) ecoinovações adicionais, referente aos produtos/serviços que melhoram o desempenho ambiental dos clientes, tais como tecnologias e serviços de tratamento de poluição e recursos; (ii) ecoinovações integradas, que tornam o processo de produção ou produto mais ecoeficiente, em relação aos processos convencionais; (iii) produtos alternativos, que representam um descontinuidade tecnológica radical com amplo efeito sistêmico, tais como: a energia renovável e a agricultura orgânica; (iv) ecoinovações macro organizacionais, como novas formas organizacionais da produção e consumo, em nível sistêmico (e aí se inclui também inovações técnicas), tais como: a simbiose industrial e a ecologia urbana; e (v) ecoinovações de propósito geral, referentes às tecnologias que definem o paradigma técnico econômico, tais como: biotecnologia e nanotecnologia. A diferenciação entre os tipos de ecoinovações se sujeitam, portanto, em relação as diferentes necessidades de aprendizado, nos diferentes custos de transição, bem como nas incertezas e na maturidade do mercado (ANDERSEN, 2008).

Kemp e Pearson (2007), classificam as ecoinovações em: (i) tecnologias ambientais, relacionadas às tecnologias de controle de poluição, processos limpos de uso de recursos, energia limpa, reserva e gerenciamento de água, controle de barulho e equipamentos de gerenciamento de despejo; (ii) inovações organizacionais, relacionadas aos esquemas de prevenção de poluição, sistemas de gerenciamento de auditoria ambiental e de cadeias de produção; (iii) produtos ou serviços benéficos ao meio ambiente, tais como produtos novos ou melhorados, produtos financeiros, serviços ambientais e serviços menos poluentes; e, por fim, (iv) inovações de sistemas verdes, relacionados a sistemas alternativos de produção e consumo que são mais benéficos ao ambiente.

---

<sup>34</sup> O autor conceitua a ecoinovação como inovações que são capazes de atrair rendas verdes.



Um outro recorte analítico é em relação aos tipos e/ou funções dos atores envolvidos na implementação deecoinovações. Com esse propósito – e seguindo as diretrizes do Manual de Oslo – Kemp e Pearson (2007, p.9) elaboraram uma taxonomia, composta por quatro categorias de “ecoinovadores”, apresentadas no Quadro 10:

Quadro 10 – Taxonomia de Ecoinovadores

<b>Categoria</b>	<b>Descrição</b>
Ecoinovadores estratégicos	São os agentes ativos nos setores de eco equipamentos, produtos e serviços que desenvolvem ecoinovações para venda para outras empresas. São um tipo de fornecedores especializados em ecoinovações
Ecoadotadores estratégicos	São os agentes que de forma intencional e deliberada implementam ecoinovações, seja pelo desenvolvimento de tecnologias internas (in house), e/ou pela aquisição de outras empresas.
Ecoinovadores passivos	São os agentes que adotam inovações de produto, organizacionais, de processo, etc. que resultam em externalidades positivas ambientais, mas em que não há uma estratégia específica para essa finalidade. Alguns tipos de tecnologias transversais ou “tecnologias de propósito geral”, que são adotadas e que podem ter impacto ambiental positivo (Andersen, 2006, 2008; Kemp e Pearson, 2007; Lustosa, 2002).
Não ecoinovadores	São os agentes que não atuam para inovações com benefícios ambientais.

Fonte: Elaboração própria, com base em Kemp e Pearson (2007)

Considerando que a introdução de inovações é realizada preponderantemente por empresas, um recorte comum na literatura é aquele a partir dos objetivos da inovação em relação ao meio ambiente: (i) reduzir ou eliminar danos já causados, ou (ii) prevenir sua ocorrência. No primeiro caso, estão as inovações que não fazem parte do processo produtivo, mas que são acrescentadas (add-ons) ou aplicadas após o consumo, visando eliminar ou diminuir as externalidades negativas já gerados.

No segundo grupo, estão as inovações que buscam a prevenção de danos ao meio ambiente. Em geral, tais inovações estão integradas no processo produtivo com o objetivo, por exemplo, de reduzir o consumo de recursos naturais e o volume de resíduos gerados. Mas pode-se ter inovações preventivas, tais como as de monitoramento e controle dos danos ao meio ambiente, como satélites para acompanhamento de áreas desmatadas. (KOELLER et al., 2019).

Alguns autores entendem que abordar o desenvolvimento tecnológico pautado somente por processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente é insuficiente, uma vez

que também deve-se considerar os padrões de consumo não adequados, bem como os impactos do efeito escala. Vale dizer, focar somente no lado da oferta – inovações que incorporam a dimensão ambiental nos processos produtivos, produtos e serviços – é insuficiente e incompleto, uma vez que são os padrões de consumo que impõe o ritmo de crescimento da oferta. Adicionalmente, devem ser considerados também os aspectos institucionais que podem facilitar ou não o processo de difusão tecnológica e seu impacto ambiental positivo (KOELLER et al., 2019).

Um aspecto importante sobre as EI diz respeito aos fatores (os *drivers*) que levam as empresas a introduzirem tais inovações. Há diversos fatores encontrados na literatura (DÍAZ-GARCÍA et al., 2015; BARBIERI et al., 2016). Por exemplo: a) a implementação de regras ou normas ambientais mais rigorosas; b) a busca de redução de custos, mediante o melhor aproveitamento de insumos e/ou de gestão (da empresa e/ou da cadeia de suprimentos); c) a maior pressão socioambiental do mercado, de stakeholders e clientes, e; d) e os programas de certificação ambiental. (CARRILLO-HERMOSILLA et al., 2009; DEL RÍO, 2009; BOSSLE et al., 2016; SPEROTTO; TARTARUGA, 2021).

Grosso modo, os *drivers* de EI podem ser classificados em internos ou externos à empresa. Os drivers internos dizem respeito à capacitação da empresa em termos financeiros, tecnológicos, de aprendizagem e de gestão que permitem à empresa implementar uma EI. Os drivers externos compreendem os diversos fatores de incentivos e estímulos – os quais que a empresa não tem pleno controle – que induzem a empresa a fazer a EI (BOSSLE et al., 2016; SPEROTTO; TARTARUGA, 2021).

De modo complementar, pode-se seguir a proposta de Horbach (2008), e analisar os estímulos à EI a partir da dimensão: a) tecnológica (*technology push*). Nesta dimensão são importantes os fatores que induzem a oferta de EI, tais como a diminuição de custos, a maior eficiência e/ou produtividade da empresa e/ou das cadeias (ou redes) produtivas, por exemplo; b) da dimensão do mercado (*market pull*). Destacam-se nesta dimensão a mudança de preferências (*lato sensu*) dos consumidores e sua demanda na direção de produtos e/ou serviços de menos impacto ambiental; e, c) da dimensão institucional relacionada às regulamentações ambientais e à pressão por proteção ambiental, seja atual ou em relação à expectativa futura nesse campo.

Por fim, cabe citar que diversos autores utilizam do arcabouço teórico apresentado sobre ecoinovações para o desenvolvimento de pesquisas, com a intenção de mapear as evidências empíricas, tanto no que tange os fatores de contribuição para a implementação de

ecoinovações, como em relação à sua crescente importância nas atividades econômicas – resultado das conjunturas internacionais e das agendas de desenvolvimento dos países.

Com o objetivo de contribuir para a cumulatividade do conhecimento, no próximo capítulo são abarcadas as principais contribuições empíricas, a respeito na tangência de inovações e aspectos do desenvolvimento sustentável. São apresentados também diversos métodos de análise, que compreendem o referencial teórico aqui apresentado e contribuem para o desenvolvimento de políticas públicas e privadas, no âmbito da ecoinovação.

## 4 REVISÃO DE LITERATURA EMPÍRICA

Nos capítulos anteriores, a revisão teórica foi subsidiada pelas discussões a respeito da teoria neoschumpeteriana, bem como no conceito apresentado de ecoinovações e seus determinantes. Dada a importância do conhecimento empírico e experimental de pesquisas no ramo, buscou-se formular um capítulo que abarcasse as principais pesquisas sobre a temática da ecoinovações (ou inovações ambientais). Com o objetivo de apresentar metodologias e perspectivas sobre a temática de inovações e meio ambiente, foram consideradas literaturas internacionais e nacionais, abarcando o tema de inovações ambientais ou, seu sinônimo, ecoinovações. Na literatura nacional, contudo, delimitou-se pesquisas que utilizaram a base de dados da PINTEC – escolhida para a metodologia empírica do presente estudo.

Devido a amplitude de base de dados e/ou metodologias aplicadas nas pesquisas, este capítulo serve para apresentar o estado da arte sobre a temática ecoinovativa. Dito isto, este capítulo se divide em duas seções exploratórias e uma seção com algumas considerações gerais acerca da contribuição da revisão empírica para este trabalho. Na primeira seção exploratória, está posta um breve resumo sobre os principais trabalhos internacionais. Na segunda seção, por sua vez, apresenta-se a principal literatura nacional sobre a temática. Cabe a menção de que nessas últimas foram consideradas as nomenclaturas de ecoinovação, inovação ambiental e inovação com redução do risco ambiental, para compor esta revisão.

### 4.1 LITERATURA INTERNACIONAL

A associação entre inovações e meio ambiente têm um arcabouço melhor elaborado internacionalmente e, geralmente, os trabalhos empíricos são a partir de pesquisas coletadas em empresas<sup>35</sup>. Mazzanti e Zaboli (2006), a partir de uma pesquisa amostrada na região norte da Itália, entre 2002 e 2004, buscaram analisar os determinantes ecoinovativos de empresas, a fim de compreender o impacto de fatores endógenos e exógenos às empresas na adoção de inovações ambientais. Para isso, a metodologia utilizada pelos autores foi a de dados em painel, com o método de Mínimos Quadrados Ordinários (MQO), em que se avaliou o impacto da adoção de inovações ambientais, a partir de variáveis tais como: aspectos estruturais das empresas; investimento em P&D e investimentos ambientais; pressão política e

---

<sup>35</sup> As pesquisas internacionais e nacionais têm buscado se aprofundar sobre o assunto que tangencia as inovações e o meio ambiente. Como referências de pesquisas empíricas, Moura (2016) realizou um apanhado das principais contribuições realizadas e serviu de inspiração para o trabalho de revisão realizado nesta dissertação.

custos regulatórios; desempenhos anteriores da empresa; atividades em rede; outras inovações técnico-organizacionais não ambientais; e a qualidade/natureza das relações de trabalho.

Seus resultados apontaram que economias horizontais de escala e acordos/estratégicas cooperativas, ou seja, um ambiente de distritos industriais, são mais relevantes para impulsionarecoinovações do que aspectos internos da firma. Assim, relações de rede voltadas para o capital social contribuem para a adoção de inovações. Políticas industriais/tecnológicas que diminuem os custos das inovações também favorecem o ambiente inovativo. Por fim, os autores esclarecem que, apesar da especificidade do sistema industrial da região estudada, a análise demonstrou o potencial de avaliação de drivers de inovação ambiental (MAZZANTI, ZAOLI, 2006).

Frondel, Horbach e Rennings (2007), por sua vez, analisaram fatores que influenciam positivamente na propensão de implementação, por parte das empresas, de tecnologias de produção mais limpas e tecnologias end-of-pipe. O primeiro tipo de tecnologia atua ao substituir/modificar tecnologias com menos impacto ambiental, tal como o uso de materiais/insumos ecologicamente corretos. O segundo tipo, por outro lado, atua de maneira complementar, ao atender requisitos ambientais, tais como absorvedores de ruídos, controle de qualidade do ar e tratamento de resíduos. Na percepção dos autores, embora os dois tipos de tecnologia possam atenuar os impactos ambientais, as tecnologias de produção mais limpas serão, em geral, mais vantajosas, tanto ambientalmente como economicamente<sup>36</sup>.

A pesquisa foi realizada com dados disponibilizados pela OCDE, abrangendo o Canadá, França, Alemanha, Hungria, Japão, Noruega e EUA, no ano de 2003. A metodologia aplicada pelos autores foi a utilização do modelo Logit Multinomial, a partir do agrupamento de cinco categorias: motivações para a introdução de tecnologias, instrumentos de política ambiental, ferramentas de gerenciamento, grupos de interesse e características facilitadoras. Para cada categoria de análise, os autores utilizaram diversas *proxys* de avaliação. Como resultado, mais de 75% das empresas do escopo analisado investem em tecnologias de produção mais limpas, apesar de existirem diferenças significativas entre os países. Para as tecnologias *end-of-type*, medidas regulatórias e políticas ambientais tem mais impacto, já para as tecnologias de produção mais limpa a maior influência se dá por economia de custos e melhores sistemas de gestão (FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, 2007).

---

<sup>36</sup> “Por exemplo, filtros adicionais atualmente reduzem as emissões de partículas de carros a diesel de forma mais eficaz do que os motores a diesel mais ecoeficientes” (FRONDEL; HORBACH; RENNINGS, p.581, 2007).

Horbach (2008) buscou mapear os determinantes de inovações ambientais na Alemanha, em uma análise de duas etapas. Na primeira etapa, o autor analisa a introdução de inovações com redução de impacto ambiental em empresas alemãs listadas na base de dados do Institute for Employment Research (IAB), nos anos 2001 e 2004, através do Modelo Probit de Efeitos Aleatórios. Já na segunda etapa, o autor analisa os determinantes dos efeitos das atividades de inovação com redução do impacto ambiental nos setores de fabricação e de serviços na Alemanha, para o ano de 2001, utilizando os dados fornecidos pelo Mannheim Innovation Panel (MIP) – advindos do Centre of European Economic Research (ZEW), aplicados em um Modelo Probit Binário.

Na primeira etapa, sua variável dependente foi caracterizada por uma dummy em que empresas fornecedoras de bens e serviços ambientais com inovações de produtos detinham o valor 1. Já na segunda etapa, sua variável dependente foi caracterizada por uma dummy em empresas que realizaram de inovação com efeitos ambientais/saúde. As variáveis dependentes de análise para as duas etapas incluíram aspectos tais como o tamanho da empresa, expectativas de rotatividade (demanda), desempenho econômico passado (lucro), participação de funcionários altamente qualificados, atividades em P&D, horas extras trabalhadas, introdução de ferramentas de gestão ambiental, subsídios, tempo de atividade da empresa, distinção entre Alemanha Oriental e Alemanha Ocidental e dummies setoriais e outros. Os resultados, em geral, corroboram o raciocínio de que capacidades tecnológicas (atividades em P&D, funcionário qualificados e outros) influenciam positiva e significamente para o ambiente deecoinovação, bem como medidas de gestão ambiental, regulação e melhorias organizacionais. De modo contrário, o tamanho da empresa não é uma variável significativa (HORBACH, 2008).

Kammerer (2009) realizou um estudo sobre inovações de produtos ambientais em fabricantes de aparelhos elétricos e eletrônicos da indústria alemã de eletrodomésticos, durante o período de 2004 a 2006, contando com a participação de 92 empresas. Sob as óticas de regulação ambiental e de benefício ao cliente, o autor utilizou como variáveis principais, a fim de analisar seus impactos como inovações de produtos ambientais: a introdução de inovações relacionadas a eficiência energética dos produtos, a presença de substância tóxica nos produtos, a eficiência de materiais e de campos eletromagnéticos. Sua hipótese era de que produtos verdes possuiriam benefícios ambientais privados aos consumidores – como a economia de energia gerada pelos produtos, por exemplo -, que para além dos benefícios

públicos, constituiriam motivações para a implementação de inovações deste tipo, via um impulso de demanda – um tipo de marketing verde.

Através de um Modelo Logit Binário, o autor avaliou a implementação de produtos ambientais via a capacidade verde das empresas, atividades em P&D, número de funcionários, setores da indústria (com base no agrupamento das empresas em tecnologias de informação e comunicação, eletrodomésticos e aparelhos médicos) e as demais variáveis apresentadas no parágrafo anterior. Seus resultados apontaram que tanto a regulamentação, quanto os aspectos de benefício aos clientes são de fundamental importância para a implementação, aplicação e nível de novidade das inovações de produtos ambientais (KAMMERER, 2009)

Horbach, Rammer e Rennings (2012) realizaram um estudo de empresas alemãs, com base na *German Community Innovation Survey* de 2009, a fim de avaliar se diferentes tipos deecoinovação - classificadas de acordo com seu impacto ambiental -, seriam impulsionados por diferentes fatores de oferta e demanda. A pesquisa abrange o triênio de 2006 a 2009 e disponibiliza informações relacionadas, por exemplo, aos benefícios, bem como os drivers da introdução de uma inovação ambiental nestas empresas, nos âmbitos de processo e produto, no que se refere a redução do consumo de água, energia, CO<sub>2</sub>, poluição da água, solo e poluição sonora, reciclagem e outros; e aspectos relacionadas a regulação, aporte governamental, códigos de conduta, ações voluntárias das empresas. Por meio de um Modelo Probit de análise uma gama de mais de 40 variáveis observadas e classificadas nos âmbitos apresentados e utilizando um para a análise dessas variáveis, os autores concluíram que o papel da regulação, redução de custos e benefícios para clientes são os principais determinantes deste tipo de inovação.

Galliano e Nadel (2013) buscaram analisar os fatores de influência na adoção de inovações ambientais, no âmbito das empresas francesas e, para isso, utilizaram dados do ano de 2008, retirados do *Community Innovation Survey* e *Annual Business Survey*. Os autores, dessa forma, avaliaram variáveis relacionadas ao porte das empresas, sua afiliação corporativa, suas atividades direcionadas a P&D, a promoção da imagem da marca, o perfil de inovação da empresa, as oportunidades tecnológicas (associadas a condições de apropriabilidade), a concentração de mercado, a abertura internacional, a localização geográfica e o nível de adoção de ecoinovação de outras empresas. Suas hipóteses de análise perpassam três modelos que, por sua vez, são baseados em motivos de adoção de inovações ambientais das empresas resumidos em três perfis de estratégia: economia de custos, demanda do cliente e regulamentações (existentes ou previstas).

Assim, para avaliar a existência de uma influência positiva entre os perfis de estratégia e a adoção deecoinovações, os autores utilizaram como método estatístico o Modelo Probit. Como resultados, entendeu-se que as características internas e o ambiente externo são fatores influenciadores para a implementação deecoinovações. No mesmo sentido, a comunicação de imagem e a co-evolução de práticas inovadoras foram considerados fatores determinantes. Por fim, concluiu-se que cada empresa possui um perfil de combinação de diversos fatores que influenciam na adoção deecoinovações e que análises microeconômicas são necessárias para aprofundar estes aspectos (GALLIANO; NADEL, 2013).

#### 4.2 LITERATURA NACIONAL

Na literatura nacional, por sua vez, os estudos sobreecoinovação na indústria brasileira são bastante limitados em razão da escassa disponibilidade de dados. A PINTEC fornece dados de inovação desde de 2000, contudo, somente a PINTEC 2017, publicada em 2020 e referente ao período 2015-2017, disponibilizou informações sobre aspectos que envolvem inovações com redução do impacto ambiental. Nesse sentido, a maioria dos estudos apresentados nesta revisão de literatura utilizam dados em tabulação especial solicitada ao IBGE.

Queiroz e Podcameni (2013) avaliaram as características das empresas brasileiras que realizaram inovações com redução do impacto ambiental (inovações ambientais), a fim de investigar as características das firmas e as estratégias inovativas utilizadas. Para isso, utilizaram dados da PINTEC 2008 – referente ao triênio 2006, 2007, 2008 - para a indústria de transformação brasileira e uma metodologia de estatística descritiva na análise dos dados. As autoras obtiveram uma tabulação especial, fornecida pelo IBGE, a fim de relacionar as empresas que relataram média ou alta importância para a introdução de uma inovação com redução do impacto ambiental<sup>37</sup> à diversas variáveis agrupadas nas seguintes análises: características da empresa (tamanho, capital controlador e outros); esforço inovativo (atividades em P&D, aquisição de equipamentos e outros); estratégias de cooperação (parceria com fornecedores, universidades, empresas de consultoria e outros); e fontes de

---

<sup>37</sup> Em pesquisas anteriores como proxy de empresa que realizou algum tipo de inovação com redução do impacto ambiental, se realizava pelos seguintes critérios: (a) relatar importância alta ou média para a redução no consumo de matéria-prima; (b) relatar importância alta ou média para redução do consumo de água; (c) o mesmo para o consumo de energia; e (d) implementação de técnicas de gestão ambiental. A PINTEC 2008 introduziu a questão 105 (Se a inovação permitiu reduzir o impacto sobre o meio ambiente), a fim de captar informações sobre a redução da degradação ambiental.



financiamento e subsídios (programas governamentais, fontes de financiamento de P&D e outros).

Como resultados, de um total de 37.808 empresas inovadoras, cerca de um terço realizou inovação ambiental. Desse último número, empresas de capital estrangeiro realizam mais inovações ambientais que empresas nacionais e a mesma conclusão se deu para empresas de maior porte. Em relação ao esforço inovativo, as empresas que realizaram inovação ambiental adquiriram mais equipamentos físicos que realizaram atividades em P&D<sup>38</sup>, além disso, a efetivação de treinamentos teve impacto significativo no que diz respeito a inovações ambientais. Contudo, justificou-se que de maneira geral, os esforços inovativos não tem muita convergência com as inovações ambientais, em termos de geração dessas inovações (QUEIROZ; PODCAMENI, 2017).

Por fim, em relação a estratégias de cooperação, cerca de 10% do total de empresas inovadoras, realizou esta atividade. Das empresas que realizaram inovação ambiental, a cooperação com fornecedores é a mais importante. Além disso, um dado interessante demonstra que do total de empresas que relataram cooperação com universidades e institutos de pesquisa, 65% realizou inovação ambiental, o que demonstrou que fatores relacionados à geração e difusão de conhecimento, aprendizado e capacitação representam grande parte das inovações ambientais. Por fim, em relação às fontes de financiamento de P&D, a principal é a governamental (QUEIROZ; PODCAMENI, 2017).

Rabêlo, Melo e Azuada (2016) realizaram uma análise das empresas brasileiras, a partir de dados da PINTEC, obtidos por tabulação especial - fornecida pelo IBGE, referente ao período de 2003 a 2011, num total de 35.060 observações. Seu objetivo consistiu em mapear os principais condutores das ecoinovações, com foco na estratégia de cooperação com parceiros externos (tanto para aspectos de resultado, quanto para transferência de conhecimento).

Para a possibilidade dessa análise, os autores utilizaram um Modelo Logit Multinomial, com dummy na variável dependente, classificada em firmas ecoinovadoras (com valores 1, 2 e 3) e firmas não-ecoinovadoras (valor 0). Optou-se por essa classificação pela própria limitação da PINTEC na definição de empresas ecoinovadoras. Nesse sentido, as empresas ecoinovadoras consideradas são aquelas em que foram identificadas inovações de produto/processo com redução do uso de matéria-prima, energia e água. Para as empresas em que se observou uma redução em um dos aspectos mencionados, a variável dependente

---

<sup>38</sup> Segundo as autoras, o resultado sobre a baixa significância do P&D pode se relacionar com o uso de tecnologias *end-of-type*

assume o valor 1; no caso de redução em dois ou três aspectos, a variável assume valor 2; e por fim, no caso de redução do uso em todos os aspectos, a variável dependente assume o valor 3 (RABÊLO; MELO; AZUADA, 2016).

Por sua vez, as variáveis de controle estabelecidas pelos autores possibilitaram uma análise multidimensional, ao abarcar dummies para os seguintes possíveis tipos de condutores deecoinovação: o tamanho da empresa a partir de um n de empregados, aplicação de técnicas de gestão, aplicação de mudanças no produto (estética, desenho e outros), recebimento de apoio do governo, se é multinacional, se realiza exportação de seus produtos, se é enquadrada em regulações ambientais e se realiza alguma estratégia de cooperação com outras organizações (RABÊLO; MELO; AZUADA, 2016).

Os resultados estimados por Rabêlo, Melo e Azuada (2016) indicaram que a cooperação com parceiros externos, regulação ambiental, tamanho da empresa, bem como estratégias no que tange a implementação de técnicas de gestão e de mudanças nos produtos das indústrias são, dentre os aspectos analisados, aqueles que mais propiciam um ambiente favorável à implementação deecoinovações, ou seja, são condutores deecoinovação. Por sua vez, o fato da empresa ser exportadora ou uma multinacional não foi caracterizado como um aspecto importante para o estímulo aecoinovações.

Moura (2016), por sua vez, realizou um estudo sobreecoinovações a partir dos dados da PINTEC 2011, também utilizando tabulação especial. O objetivo proposto pela autora era mapear quais os setores com maior incidência deecoinovação e quais as principais características das empresasecoinovadoras. A fim de identificar os determinantesecoinovativos, bem como o tipo deecoinovação adotada nas empresas brasileiras, Moura (2016) aplicou o método de estimação com variável dependente binária, através do modelo Probit e Heckprobit utilizou como parâmetro de empresasecoinovadoras aquelas que: reduziram o consumo de água; reduziram o consumo de matéria prima; reduziram o consumo de energia; reduziram impactos ao meio ambiente; e/ou aplicaram novas técnicas de gestão ambiental para tratamento de efluentes, redução de resíduos, CO e etc.

O autor utilizou cerca de 37 variáveis agrupadas de acordo com oito dimensões: características da empresa; indicadores de esforço e desempenho inovativo; indicadores de resultado inovativo; indicadores de resultado inovativo; arranjos cooperativos; fontes de informação; impactos de inovação; fatores que restringem ou inibem a realização de atividades inovativas e variáveis de controle, região geográfica e intensidade tecnológica do setor (MOURA, 2016).

Seus resultados indicaram que as empresas ecoinovativas são, em maioria, nacionais e recebem pouco incentivo governamental. A ecoinovação com mais destaque são aquelas voltadas para a gestão ambiental e redução do impacto ambiental. Além disso, as estimativas apresentaram uma tendência de ecoinovação em empresas que buscam: melhorar sua estrutura organizacional, com maior flexibilidade produtiva e menores custos; melhorar a qualidade ou imagem do produto/serviço que fornecem; e por fim, buscam novos nichos de mercado (MOURA, 2016).

Hoff, Avellar e Andrade (2016), na intenção de compreender a incidência de ecoinovações, a partir do contexto da Economia Verde, realizaram um estudo sobre o comportamento das empresas brasileiras. Para isso, os autores realizaram análises comparativas entre empresas inovadoras e empresas ecoinovadoras, a partir de dados da PINTEC 2008 em tabulação especial, solicitada ao IBGE. Como metodologia, utilizou-se a análise descritiva, empírica e exploratória dos dados. Dada as limitações da PINTEC, a estratégia utilizada pelos autores na definição de firma ecoinovadora se deu pelo critério de indicação média ou alta para a introdução de inovações que reduziram o impacto ambiental; e/ou reduziram o consumo de água; e/ou reduziram o consumo de energia; e/ou reduziram o consumo de matérias primas; bem como aquelas que realizaram inovação organizacional, como novas técnicas de gestão ambiental para tratamento de efluentes e outros.

Como resultados, destaca-se que os elementos de técnicas de gestão ambiental, redução de impacto ao meio ambiente e redução de consumo de matérias primas obtiveram maior representatividade na amostra, na definição de firma ecoinovadora. Em congruência, cerca de 93% de empresas ecoinovadoras realizaram inovação organizacional, 56% realizaram inovação em processo e 36,6% realizaram inovação em produto. Em relação às estratégias de cooperação, percebe-se que na amostra não é muito representativa - tanto para empresas inovadoras, como para empresas ecoinovadoras, e a principal parceria observada se dá por fornecedores e clientes, seguida de universidades e centros de pesquisa. Geograficamente, por sua vez, as empresas ecoinovadoras se concentram nas regiões Sul e Sudeste (HOFF; AVELLAR; ANDRADE, 2016).

As atividades mais representativas, no que tange a introdução de ecoinovações, são os setores de fabricação de produtos alimentícios, produtos de metal, confecção e vestuário, minerais não-metálicos e borracha e plástica. As menos representativas são os setores de fumo, seguida da atividade de fabricação de outros produtos de transporte. Os autores acreditam que a concentração de atividades ecoinovativas nestes setores se dão por aspectos

internos dos processos produtivos, bem como adequação às leis/regulações ambientais (HOFF; AVELLAR; ANDRADE, 2016).

Dentre os trabalhos mais recentes, cita-se o artigo de Sperotto e Tartaruga (2021). O objetivo dos autores foi estabelecer um panorama dasecoinovações na indústria brasileira, para determinar de que maneira o setor industrial tem se posicionado em relação a um modelo de desenvolvimento mais sustentável. Para isso, os autores utilizaram dados, a partir da última PINTEC disponibilizada, correspondente ao triênio 2015-2017. Nessa edição, novas questões foram adicionadas a pesquisa, a fim de abarcar também aspectos relacionados a inovação, o que já reflete a importância que ótica ambiental tem ganhado nas discussões em diversos setores econômicos. Como metodologia, Sperotto e Tartaruga (2021) empregaram o método heatmap, um tipo de análise de cluster, para a indústria de transformação e para a indústria extrativa.

Sua análise considerou a teoria de inovação de Horbach (2008) e a relacionou com os dados da PINTEC 2017, a partir de 26 atividades industriais. Assim, as variáveis utilizadas foram agrupadas em drivers de ecoinovação e impactos de ecoinovação. Os drivers de ecoinovação foram determinados pelas variáveis de empresas que realizaram alguma inovação ambiental, a partir de razões definidas em: ações voluntárias; requisitos para consolidação de contratos públicos; demanda do mercado; disponibilidade de apoio governamental; elevados custos de energia, água e matérias primas; melhorar a reputação; normas ambientais existentes ou impostos incidentes; normas ambientais ou impostos que possam ser introduzidos no futuro; e outras razões. Como impactos de ecoinovação foram determinadas as seguintes variáveis: reciclagem; redução da contaminação; redução da pegada CO<sub>2</sub>; substituição total ou parcial de energia, para fontes renováveis; e substituição total ou parcial de matérias primas para aquelas menos contaminantes ou perigosas (SPEROTTO; TARTARUGA, 2021).

Como resultados, os drivers que menos contribuíram para a implementação de ecoinovações foram a disponibilidade de apoio governamental, bem como requisitos para consolidação de contratos públicos; já os drivers como maior contribuição se deu pelas variáveis de reputação, códigos de boas práticas e elevados custos de matérias primas – os resultados podem estar relacionados com a exposição de algumas atividades ao setor externo e a respostas de mercado. Na análise dos drivers, por sua vez, os efeitos mais relevantes se deram nas variáveis de reciclagem, redução da contaminação e substituição de matérias primas por aquelas menos contaminantes; já os efeitos menos relevantes se deram pela

redução da pegada de carbono e a substituição de fontes de energia por fontes renováveis (SPEROTTO; TARTARUGA, 2021).

Por fim, o último trabalho mapeado é de autoria de Miranda, Koeller e Lustosa (2021). A fim de caracterizar as empresas ecoinovadoras e atividades mais propensas paraecoinovação, os autores utilizaram dados da PINTEC 2011, 2014 e 2017, para a análise das indústrias extrativa e de transformação, além dos setores de eletricidade e gás, e serviços, contabilizando 27 atividades econômicas; dados de concessão de certificação internacional de empresas, disponibilizados pelo ISO, para as indústrias extrativa e de transformação, os setores de eletricidade e gás, o setor de serviços e o setor de agricultura, pesca e produção florestal; e, por fim, registros de depósitos de patentes no INPI - BADEPI. Para isso, os autores utilizaram uma metodologia de análise descritiva, empírica e exploratória dos dados disponibilizados.

Na análise PINTEC, referente aos períodos 2009-2011, 2012-2014 e 2015-2017, os autores identificaram uma redução de empresas que implementaram algum tipo de técnica de gestão ambiental, queda essa, revelada pelo último triênio analisado. Nos anos 2009-2011 e 2012-2014 cerca de 26% das empresas - abarcadas dentro das indústrias extrativa; de transformação; dos setores de eletricidade e gás; e do setor de serviços - realizaram a inovação de processo, enquanto nos anos 2015-2017 este porcentual caiu para 19%. O mesmo aconteceu para a análise de impactos de ecoinovações tais como: redução do consumo de matéria prima; redução do consumo de energia; redução no consumo de água; e redução do impacto ambiental e/ou em aspectos ligados à saúde e segurança. Percebeu-se na análise mais desagregada, uma heterogeneidade entre as 27 atividades econômicas analisadas. Por fim, dos fatores motivadores de ecoinovação, a reputação, os códigos de boas práticas, fatores relacionados a custos e questões regulamentares são os de maior impacto (MIRANDA; KOELLER; LUSTOSA, 2021).

Na análise de certificação ambiental, um dos indicadores de ecoinovação, as certificações relacionadas ao tema ambiental são a ISO 14000 e a ISO 50000, mais especificamente a 14001 e 50001. Para obter a certificação a empresa deve estabelecer alguns objetivos de política ambiental e realizar coletas de dados de monitoramento e avaliação de desempenho ambiental. Os resultados, a partir de uma análise de 12534 empresas, demonstraram que há períodos de alta e baixa nas certificações, mas que na análise agregada, de 1999 a 2017, há um enfraquecimento do perfil ecoinovador. Percebe-se, como na análise anterior, heterogeneidade da amostra, uma vez que há muita disparidade entre as atividades,

com destaque para a Indústria Extrativa e setor de Eletricidade e Gás, com taxas elevadas de certificação ambiental. Na análise de patentes, duas áreas tiveram destaque com participações mais elevadas no registro de depósitos, sendo elas as tecnologias associadas à produção de energias alternativas e as tecnologias voltadas para o gerenciamento de resíduos. Do período de 1998-2017, as atividades com maior número de patentes foram da fabricação de coque, petróleo e biocombustíveis, seguido da indústria extrativa e de máquinas, aparelhos e materiais elétricos (MIRANDA; KOELLER; LUSTOSA, 2021).

### 4.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS

Visto a recente e breve literatura, realizada neste estudo, a respeito da temática dasecoinovações (ou inovações ambientais), percebe-se a diversidade de variáveis e métricas utilizadas nesta revisão de literatura empírica. Não há um padrão de análise, variáveis e/ou perspectiva teórica nos estudos revisados. No entanto, ao mesmo tempo, esses revelam o esforço acadêmico crescente a respeito do tema, que podem ser justificados pela eminente importância da temática de desenvolvimento sustentável nas economias mundiais. Em todos os trabalhos abordados, nesse sentido, reforça-se a importância da análise empírica de inovações com visa a medir o desempenho econômico e/ou ambiental do objeto de estudo. Ainda que o desempenho do objeto de estudo, em geral, não seja comparável com outros estudos na mesma temática, a medição sempre pode fornecer insumos para uma análise temporal.

Cabe ainda mencionar que no campo da literatura empírica nacional, no que se refere às inovações com redução de impacto ambiental, percebe-se o uso de um importante instrumento: a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC). Infelizmente, a análise descritiva e/ou os modelos utilizados pelos autores não auxiliam em demasia este estudo, uma vez que na maioria das pesquisas revisadas utilizou-se tabulação especial e/ou proxies de ecoinovações, dada a limitação de informações disponibilizadas. Dito isso, o trabalho contido nessa dissertação, portanto, constitui uma novidade - em método e análise - para a literatura empírica nacional sobre ecoinovações. O próximo capítulo, nesse sentido, irá abordar os aspectos metodológicos utilizados neste trabalho, por meio do instrumental da PINTEC.

## 6 ASPECTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo se destina a apresentar os aspectos metodológicos a serem desmembrados no presente estudo. O objetivo deste capítulo, para além de apresentar a metodologia econométrica a ser utilizada, é tecer alguns comentários, a fim de situar o leitor a respeito do trabalho aqui apresentado. Para isso, foram elaboradas duas seções. A primeira seção intenta apresentar a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica, bem como suas principais limitações metodológicas. Na segunda seção, por sua vez, apresenta-se a metodologia econométrica de estudo de ecoinovações, baseado em uma análise multivariada. Esta seção se divide: na exposição da fonte e base de dados utilizada na pesquisa, abarcando também a questão da escolha das variáveis; e na apresentação do método utilizado, a partir de uma análise fatorial exploratória e na construção de um Índice de Ecoinovação.

### 6.1 A PESQUISA DE INOVAÇÃO NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) divulga a Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica (PINTEC), abarcando períodos trienais. A primeira pesquisa divulgada foi no ano de 2000, referente ao triênio 1998-2000, em parceria com o Ministério da Ciência e Tecnologia, Inovações e Comunicações, bem como da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP). Desde a primeira pesquisa disponibilizada, já foram realizadas a PINTEC 2003 (triênio 2001-2003), a PINTEC 2005 (triênio 2003-2005), a PINTEC 2008 (triênio 2006-2008), a PINTEC 2011 (triênio 2009-2011), a PINTEC 2014 (triênio 2012-2014) e a mais recente a PINTEC 2017, publicada no ano de 2020.

A PINTEC, vem desde o seu primeiro ano de publicação, incorporando aperfeiçoamentos da pesquisa, a saber: ampliou-se o tamanho da amostra, com a regionalização dos resultados; incluiu-se novos setores econômicos, abarcando serviços intensivos em conhecimento; além de estatísticas em níveis setoriais um pouco mais desagregados. No Apêndice I desta dissertação, consta as divisões e agregações e grupos da Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE 2.0, contendo as atividades da indústria (extrativa e de transformação), dos setores de eletricidade e gás, bem como do setor de serviços selecionados, obtidos a partir da publicação das Notas Técnicas da PINTEC 2017.

A Indústria de Transformação “[...] compreende as atividades que envolvem a transformação física, química ou biológica de materiais, substâncias ou componentes com a

finalidade de se obterem produtos novos (LACERDA, 2009, p.89)”. A indústria extrativa, por sua vez, compreende as atividades de extração de minerais em estado natural, o que inclui a extração de carvão mineral, extração de petróleo e gás, extração de minerais metálicos, extração de minerais não-metálicos e atividades de apoio à extração de minerais (IBGE, 2022). Já o setor de eletricidade e gás é responsável pela geração, transmissão, produção e distribuição de energia elétrica, produção e distribuição de combustíveis gasosos por redes urbanas e produção e distribuição de vapor, água quente e ar condicionado. O setor de serviços, por fim, que é composto por atividades tecnológicas com alta intensidade tecnológica (IBGE, 2022).

De forma breve, como metodologia, a PINTEC utiliza como principais critérios para um corte transversal na seleção da amostra:

- Empresas com dez ou mais pessoas ocupadas até o último dia do ano triênio de referência da pesquisa;
- Na análise da indústria extrativa e de transformação, são consideradas as Unidades da Federação (UF's) mais industrializadas, utilizando o parâmetro de VTI (Valor de Transformação Industrial). Assim, aquelas UF's que representaram mais de 1% do VTI da indústria Brasileira estão contidas na análise, sendo elas: Amazonas, Pará, Ceará, Pernambuco, Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul, sendo que São Paulo foi considerado isoladamente;
- Não disponibiliza a desagregação regional no setor de Eletricidade e Gás;
- No setor de Serviços abarca-se empresas que detém pelo menos 5% do valor adicionado dessas atividades nas Unidades de Federação, sendo elas: Atividades de gravação de som e de edição de música; Telecomunicações; Atividades dos serviços de tecnologia da informação; Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas; Serviços de arquitetura e engenharia; Testes e análises técnicas; Pesquisa e desenvolvimento científico.

De modo geral, a PINTEC foi elaborada a fim de mapear os fatores que impactam positivamente na competitividade, nas condições institucionais e no desenvolvimento econômico das empresas brasileiras, bem como na difusão e incorporação de inovações. Estatísticas como estas fornecem subsídio para a atuação dos agentes, na implementação e monitoramento de políticas públicas e privadas, além de possibilitar a comparação com outros países, relevando a incorporação de tendências mundiais para o âmbito de inovação dentro



das firmas. Sobre ecoinovações, de maneira mais específica, a falta de informações sistematizadas e periódicas se configura um obstáculo para o seu debate mais aprofundado, uma vez que, como campo de investigação científico, “[...] com potencial de auxiliar formuladores de políticas públicas e estratégias privadas, [a ecoinovação] ainda é muito pouco discutida na literatura, e em especial no Brasil” (RABÊLO; MELO; AZUADA, 2016, p.2). Nesse intuito, a Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), correspondente ao período 2015-2017, deu um importante passo, ao incluir em seu questionário o bloco denominado “Sustentabilidade e inovação ambiental”, disponibilizando, dessa forma, informações com o intuito de identificar os fatores de introdução de ecoinovações, bem como seus principais impactos. Apesar dos dados ainda não serem suficientes para uma pesquisa aprofundada, demonstram a importância de inovações, dentro de um contexto sustentável, por parte da indústria brasileira. Além disso, ressalta a tendência mundial relacionada às temáticas da mudança climática, da agenda internacional dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), bem como comparações com outros países, no âmbito da Community Innovation Survey – CIS<sup>39</sup>.

Dito isto, ressalta-se a importância da pesquisa, por ser o mais amplo e importante meio de mapeamento das inovações implementadas nas empresas do Brasil, devido sua abrangência territorial e a atuação da pesquisa como referência metodológica o Manual de Oslo (2005), proposto pela *Statistical Office of the European Communities* – EUROSTAT, pré-requisito para comparações estatísticas internacionais.

## 6.2 A METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho possui duas etapas, sendo elas, cumulativas. Na primeira, busca-se construir indicadores de esforços de ecoinovação, com base na técnica de análise fatorial exploratória. A segunda etapa, por sua vez, tem como objetivo construir um índice de ecoinovação, a partir dos indicadores obtidos na etapa anterior. Visa-se elencar as atividades econômicas da indústria brasileira, com base nas suas atuações em relação à ecoinovação. Assim, essas atividades são classificadas, relativamente, em atividades com: ecoinovação muito alta, ecoinovação alta, ecoinovação média, ecoinovação baixa e ecoinovação muito baixa. As etapas se justificam, na medida em que constroem indicadores importantes na “[...] formulação, acompanhamento, avaliação e aperfeiçoamento de políticas;

---

<sup>39</sup> Pesquisa de referência sobre inovação nas empresas na União Europeia.

[bem como] monitoramento da capacitação tecnológica de empresas [...]; identificação de áreas científicas ou tecnológicas mais promissoras ou estratégicas; [...]; [e] fundamentação dos debates sobre as políticas” (VIOTTI, 2003, p.50).

### 6.2.1 Fonte e Base de Dados

O Quadro 11 contém as dezessete variáveis utilizadas no presente estudo. Cabe ressaltar, que estas têm como fonte a Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC), 2017 - correspondente ao período 2015 a 2017, organizada pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

Quadro 11 – Definição dos indicadores de esforço tecnológico

<b>Sigla</b>	<b>Indicador</b>
SUBSMP	Substituição (total ou parcial) das matérias primas por outras menos contaminantes e perigosas (importância alta e média indicada no questionário)
SUBSCF	Substituição (total ou parcial) de energia proveniente de combustíveis fósseis por fontes de energia renovável (importância alta e média indicada no questionário)
RAMB	Redução da contaminação do solo, da água, do ruído e ar (importância alta e média indicada no questionário)
RCG	Reciclagem de resíduos, águas residuais ou materiais (importância alta e média indicada no questionário)
REDCO2	Redução da pegada CO2 (importância alta e média indicada no questionário)
NAM	Normas ambientais existentes ou impostos incidentes sobre a contaminação
NAMF	Normas ambientais futuras ou impostos que possam vir a ser introduzidos no futuro
GOV	Disponibilidade de apoio governamental, subsídios ou outros incentivos financeiros governamentais à inovação ambiental
D	Demanda (real ou potencial) do mercado por inovação ambiental
REP	Introduziu a inovação ambiental para melhorar a reputação da empresa
AV	Ações voluntárias
CBP	Introduziu inovação em razão dos códigos de boas práticas do seu setor de atuação
CUSTOS	Introduziu inovação para reduzir custos de água, energia e matérias primas
CP	Atender aos requisitos para consolidação de contratos públicos
REDMP	As inovações permitiram reduzir o consumo de matérias primas
REDAG	As inovações permitiram reduzir o consumo de água
REDEG	As inovações permitiram reduzir o consumo de energia

Fonte: Elaboração própria.

As variáveis escolhidas para este estudo são compostas por indicadores de esforços de inovação com redução do impacto ambiental, ou seja, esforços de ecoinovações por parte das firmas brasileiras. Cada uma delas representa uma inovação ambiental de produto e/ou processo que reflete de alguma forma intenções e efetividades acerca de mudanças na produção, seja por motivos intrafirma ou interfirmas. Nesse sentido, as variáveis apresentam

aspectos de apoio governamental, estratégias e políticas das empresas (menciona-se fatores de reputação, conduta, redução de pegada CO<sub>2</sub> e etc), implementação de práticas de gestão, tecnologias ambientais, dentre outros, o que permite a conexão com todo o arcabouço teórico apresentado no presente trabalho sobreecoinovações e transição de paradigma.

Dito isto, as variáveis associadas àecoinovação foram divididas em dois grupos, conforme a PINTEC, 2017, a saber: (a) fatores que contribuíram para introduzir inovações ambientais (ou ecoinovações), e (b) impactos causados pela introdução deste tipo de inovação.

As variáveis do grupo (a) são constituídas por: substituição total ou parcial de matérias primas por outras menos contaminantes e perigosas (SUBSMP); substituição total ou parcial de energia proveniente de combustíveis fósseis por fontes de energia renovável (SUBSCF); redução da contaminação do solo, da água, do ruído e do ar (RAMB); reciclagem de resíduos, águas residuais ou materiais (RCG); redução da pegada CO<sub>2</sub> (REDCO<sub>2</sub>).

As variáveis do grupo (b) são constituídas por: normas ambientais existentes ou impostos incidentes sobre a contaminação (NAM); normas ambientais futuras ou impostos que possam vir a ser introduzidos no futuro (NAMF); disponibilidade de apoio governamental, subsídios e outros incentivos financeiros e governamentais (GOV); demanda do mercado por inovação ambiental (D); introduziu inovação ambiental para melhorar a reputação da empresa (REP); realizou ações voluntárias relacionadas ao aspecto ambiental (AV); introduziu inovação em razão dos códigos de boas práticas (CBP); introduziu inovação para reduzir custos de água, energia e matérias primas (CUSTOS); introduziu inovação ambiental a fim de atender requisitos para consolidação de contratos públicos (CP); inovações permitiram reduzir o consumo de matérias primas (REDMP); inovações permitiram reduzir o consumo de água (REDAG); as inovações permitiram reduzir o consumo de energia (REDEG).

Cabe ainda esclarecer, que as análises de ecoinovações nas atividades econômicas brasileiras são avaliadas com base nas indústrias extrativa e de transformação, e nos setores de eletricidade e gás e de serviços, a partir da CNAE 2.0, contendo cinquenta e cinco observações para cada uma das variáveis.

Vale ressaltar, que todas as variáveis aqui apresentadas são compostas, em grande parte, pela análise complementar da PINTEC, disponibilizada em sua última pesquisa e disposta como uma iniciativa para incluir aspectos de inovação ambiental e sustentabilidade. Isso significa que a crescente importância das inovações ambientais suscitou ao IBGE fazer a

inclusão de tabelas adicionais relacionadas às temáticas de sustentabilidade. As variáveis, nesse sentido, incluem perspectivas tanto no que tange aos fatores de implementação, quanto aos resultados obtidos pelas inovações. As inovações analisadas, por sua vez, abarcam processos e produtos (analisadas conjuntamente) e são constituídas por inovações radicais e incrementais<sup>40</sup> – apesar de que, nesse último aspecto, a pesquisa da PINTEC não faz distinção, mas pressupõe que estão consideradas. Por fim, na próxima seção, estão apresentadas as ferramentas estatísticas utilizadas.

### 6.2.2 Análise Fatorial Exploratória: uma breve apresentação

O método análise de análise fatorial exploratória é aplicado nas variáveis apresentadas no Quadro (1), com o objetivo de agrupar, de forma linear e não correlacionada, vetores ortogonais, compostos pelas dezessete variáveis, e, assim, captar o máximo de informações contidas nos valores observados, através da matriz de correlação. Deseja-se, com o método, que as informações contidas nessas variáveis originais sejam substituídas pelas informações de variáveis alternativas, os chamados fatores ( $r$ ), a fim de sumarizar as informações das variáveis principais (MINGOTI, 2005).

Busca-se, dessa forma, interpretar, de forma lógica, o padrão de relação entre as  $p$ -ésimas variáveis apresentadas no Quadro (1), através da construção de indicadores de esforços deecoinovação, de maneira que  $r < 17$ . Para isso, primeiro se estima os fatores por meio de um método de estimação - seja ele componentes principais, fator principal ou máxima verossimilhança, posteriormente, esses fatores são utilizados na estimação das cargas fatoriais.

De acordo com Mingoti (2005), o modelo matricial de análise fatorial é dado por:

$$\mathbf{X}_i = \mathbf{a}_{ij}\mathbf{F}_j + \varepsilon_i, \quad (1)$$

em que,  $\mathbf{X}_i = (X_1, X_2, \dots, X_p)^t$  é um vetor transposto das variáveis originais;  $\mathbf{a}_{ij}$  é uma matriz de cargas fatoriais, que identifica o grau de associação linear entre  $\mathbf{X}_i$  e  $\mathbf{F}_j$ , o que dito de outra forma significa que as cargas fatoriais são os coeficientes de correlação entre as variáveis e os fatores;  $\mathbf{F}_j = (F_1, F_2, \dots, F_m)^t$  é um vetor transposto dos fatores comuns, ou seja, variáveis latentes<sup>41</sup> que descrevem elementos da amostra; e, por fim,  $\varepsilon_i = (\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_p)^t$  é um vetor

<sup>40</sup> Tal como disposto no Quadro 1, as inovações radicais são melhoramentos ou modificações cotidianas, enquanto as inovações incrementais são saltos descontínuos na tecnologia de processos e produtos.

<sup>41</sup> Variáveis latentes são aquelas não contidas dentre as variáveis originais, ou seja, não são diretamente observáveis.

transposto de resíduos aleatórios, que correspondente a parte da variação de  $\mathbf{X}_i$  que não é explicada pelos fatores comuns.

As pressuposições do modelo matricial apresentado são tais que:

- a)  $E(\varepsilon) = 0$ , em que a média do erro é igual a zero.
- b)  $E(F_j) = 0$ , em que todos os fatores têm média zero.
- c)  $Var(F_j) = 1, j = 1, 2, \dots, r$  e  $VarCov(F_j) = E(FF') = I$ , em que todos os fatores têm variância igual a 1 e são não correlacionados.
- d) Sendo a  $Var(\varepsilon_j) = \psi_j$  e  $Cov(\varepsilon_i, \varepsilon_j) = 0$ , se  $i \neq j$ , significa que mesmo que os erros tenham variâncias diferentes, não devem ser correlacionados.
- e)  $Cov(F, \varepsilon) = E(F, \varepsilon) = 0$ , em que todos os fatores comuns são independentes dos fatores específicos e dos erros.

Intenta-se com a análise fatorial exploratória determinar as matrizes  $A_{pxp}$  e  $\psi_{pxp}$ , de forma a considerar a matriz  $R_{pxp}$ , com um número de fatores  $r$ , tal que seja menor que o número de variáveis originais (observáveis). Uma das formas mais utilizadas para a estimação das cargas fatoriais, ou seja, da matriz  $A_{pxp}$ , é o método de componentes principais, através da matriz de correlação ou da matriz de variância-covariância.

Se a opção for utilizar a matriz  $\psi_{pxp}$  na estimação da equação (1), é preciso padronizar as variáveis como:

$$Z_i = \frac{X_i - \mu_{X_i}}{\sigma_{X_i}} \sim N(0,1) \quad (2)$$

em que,  $\mu_{X_i}$  e  $\sigma_{X_i}$  representam, respectivamente, a média e o desvio-padrão da  $i$ -ésima variável. Feito isto, verifica-se a distribuição normal multivariada das observações, através do teste Doornik-Hansen, realizados a priori. A hipótese nula ( $H_0$ ) do teste pressupõe que as observações seguem o pressuposto de normalidade. Dessa maneira, se o p-valor da estatística qui-quadrada do teste for superiores ao nível de significância de 5%, não se rejeita  $H_0$  e as observações seguem distribuição normal multivariada.

Alternativamente, pode-se estimar a equação (1) com a matriz  $\mathbf{R}$ , sem que seja necessário recorrer à padronização das variáveis, pois, é possível provar que a matriz de variância-covariância das variáveis padronizadas é igual a matriz de correlação. Em notação matricial, tem-se:

$$VarCov(X) = R \quad (3)$$

Sabendo que  $R = VarCov(X) = E(XX')$  e  $E(\varepsilon\varepsilon') = \Psi$ , dadas as pressuposições do modelo apresentadas anteriormente, tem-se que a matriz  $R$  dada por:

$$R = E[(AF + \varepsilon)(AF + \varepsilon)'] \quad (4)$$

$$R = E[(AFF'A' + AF\varepsilon' + \varepsilon F'A' + \varepsilon\varepsilon')] \quad (5)$$

$$R = A E(F F') A' + A E(F \varepsilon') + E(\varepsilon F') A' + E(\varepsilon \varepsilon') \quad (6)$$

$$R = AA' + \Psi \quad (7)$$

em que,  $AA'$  representa a parcela de comunalidade, que demonstra a variabilidade de  $X_j$  explicada pelos  $r$  fatores comuns; e  $\psi$  representa a parcela de unicidade e erro, associadas aos fatores específicos e ao erro, não explicada pela variância.

A otimização condicionada, aplicada a variância de  $Z_i$ , resulta na equação das raízes características, ou seja, o quanto da variância é explicado pelo fator, dada por:

$$Var(Z_i) = \lambda_i \quad (8)$$

A equação (8) deve atender as condições de  $F_i'F = 1$  e  $F_i'F_k = 0$ , que se referem, respectivamente, aos pressupostos de que os fatores capturem toda a variância das variáveis originais e que os fatores gerados sejam independentes uns dos outros (ortogonalidade). Assim, com a decomposição espectral, a matriz de correlação pode ser reescrita como:

$$R_{PXP} = P\Lambda P' = \sum_{j=1}^r \lambda_j a_j a_j' \quad (9)$$

em que,  $\Lambda$  é uma matriz diagonal com as raízes características; e  $P$  é uma matriz ortogonal com os autovetores, tal que  $P = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_p]$ .

A equação (9) se concentra no somatório dos  $r$  fatores, uma vez que um bom ajustamento do modelo indica valores residuais pequenos. Assim, a escolha dos fatores se baseia nos seguintes critérios: com os *engenvelue* maior que um, ou que captura de pelo menos 70% da variabilidade dos dados. Contudo, a fim de tornar a interpretação dos fatores mais simples e melhor adequação das variáveis aos fatores, é comum realizar a rotação dos mesmos e, posteriormente, realizar as análises.

A rotação dos fatores se dá pela premissa de que os vetores característicos não são valores únicos, dessa forma, as cargas fatoriais podem ser modificadas, no entanto, sem alterar a comunalidade, ou seja, a proporção da variância explicada pelos fatores.

Assim, dada a Equação (1) e utilizando uma matriz  $T$ , sendo ela ortogonal de dimensão  $rxr$ , tal que  $TT' = I$ , tem-se o novo modelo fatorial rotacionado por:

$$X = ATT'F + \varepsilon \quad (10)$$

$$X = A^*F^* + \varepsilon \quad (11)$$

em que,  $A = AT$  e  $F = T'F$ , mantendo se as mesmas propriedades estatísticas do modelo de análise fatorial apresentado anteriormente. Existem alguns métodos de rotação ortogonal e

não ortogonal oblíquo, contudo, mais comumente utilizado é o método Varimax. Esse permite “[...] encontrar fatores com grandes variabilidades nos *loadings*, isto é, encontrar, para um fator fixo, um grupo de variáveis  $Z_i$  altamente correlacionadas com o fator e um outro grupo de variáveis que tenham correlação desprezível ou moderada com o fator” (MINGOTI, 2005, p.112).

Após a rotação dos fatores, usando a equação (11), intenta-se calcular os escores fatoriais. Os escores fatoriais são os valores numéricos para cada elemento amostral e permitem o mapeamento das observações, bem como a criação de índices, *clusters* e nas análises de regressões. A estimação dos coeficientes dos escores é dado pelo método de mínimos quadrados ponderados ou pelo método de máxima verossimilhança. Opta-se neste estudo, pelo uso do método de mínimos quadrados ponderados (MQP), no qual se obtém o escore, formalmente, como:

$$\hat{F}_i = (A'_i A_i)^{-1} A'_i X_i \quad (12)$$

Por fim, se faz necessários alguns testes para verificar a qualidade do ajuste do modelo de análise fatorial. O ajuste indica se a relação entre os fatores e as variáveis é estatisticamente significativa. Alguns das inferências principais são: (a) o Teste de esfericidade de Bartlett (Teste T); (b) Critério KMO (Kaiser-Meyer-Olkin); e (c) Medida Amostral de Adequabilidade; e, por fim, teste Alfa de Cronbach (d). O Teste de esfericidade de Barlett (a) tem como objetivo verificar se a matriz de correlações é estatisticamente igual a uma matriz identidade, sob a premissa de que as variáveis tenham distribuição normal p-variada. Assim, a hipótese nula ( $H_0$ ) do teste pressupõe que  $H_0: R_{p \times p} = I_{p \times p}$ . Ao rejeitar a hipótese nula, os dados são adequados ao modelo de análise fatorial. A estatística do teste é dada por:

$$T = - \left[ n - \frac{1}{6} (2p + 11) \right] \left[ \sum_{i=1}^p \ln(\hat{\lambda}_i) \right] \quad (13)$$

em que,  $\ln(.)$  demonstra a função logaritmo neperiano e  $\hat{\lambda}_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, p$  são os autovalores da matriz de correlação amostral  $R_{p \times p}$ . Essa estatística se aproxima de uma qui-quadrado sob a hipótese nula e um  $n$  assintótico.

O Critério Kaiser-Meyer-Olkin –KMO (b), ou compara correlações simples e parciais. O método avalia se a matriz de correlação inversa  $R_{p \times p}^{-1}$  é próxima a matriz diagonal. Se as

correlações parciais são próximas a zero, o coeficiente KMO está próximo de 1, o que indica que a matriz de correlação se aproxima da matriz diagonal. A estatística do teste é dada por:

$$KMO = \frac{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^p r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^p r_{ij}^2 + \sum_{j=1}^p \sum_{i=1}^p a_{ij}^2} \quad (14)$$

em que,  $r_{ij}^2$  o coeficiente de correlação simples ou amostral entre as variáveis; e  $a_{ij}^2$  o coeficiente de correlação parcial entre  $X_i$  e  $X_j$ . Se o valor de KMO for maior ou igual a 0,6, há adequabilidade de ajuste para o modelo de análise fatorial. Similar ao critério KMO, tem-se a Média Amostral de Adequabilidade - MSA (c) que utiliza uma estatística tal qual a apresentada na Equação anterior, contudo, aplicada a cada variável, assim, um MSA maior que 0,6 indica que a variável, em voga, é estatisticamente adequada para a análise fatorial exploratória.

Por fim, tem-se o Alfa de Cronbach (d) que avalia a correlação entre as variáveis observadas. O valor do teste varia entre 0 e 1, e quanto mais próximo de 1 (de preferência maior que 0,7), maior confiabilidade e consistência interna dos dados, ou seja, maior a intercorrelação entre as variáveis de determinado fator. A estatística do teste é dada por:

$$\alpha = \left[ \frac{\frac{cov}{var}}{1 + (p - 1) \left( \frac{cov}{var} \right)} \right] \quad (15)$$

em que,  $p$  é o número de variáveis observadas; e  $cov$  e  $var$  são, respectivamente, a média das covariâncias e das variâncias das variáveis.

### 6.2.3 Índice De Ecoinovação

Um índice, em geral, é estabelecido a partir da agregação de indicadores, e justifica-se pelo caráter limitado que os indicadores possuem na “[...] explicação dos objetos ou fenômenos em observação, uma vez que são utilizados para mensurar um atributo ou dimensão da realidade (MEDEIROS, 2017, p.49)”. Assim, o Índice de Ecoinovação (IECO) consiste na soma ponderada dos escores fatoriais associados à ecoinovação. Essa ponderação se dá pela proporção da variância do k-ésimo fator sobre a variância total dos fatores usados na análise fatorial.

Formalmente, o Índice de Ecoinovação (IECO) da k-ésima atividade econômica, analisada no presente trabalho, é definido por:



$$IECO_k = \sum_{j=1}^p \left[ \left( \frac{a_j^2}{\sum_{j=1}^p a_j^2} \cdot E'_{jk} \right) \right], \quad (16)$$

em que,  $a_j^2$  é a variância explicada do j-ésimo fator;  $\sum_{j=1}^p a_j^2$  representa o somatório das variâncias explicadas pelos fatores utilizados na análise;  $\frac{a_j^2}{\sum_{j=1}^p a_j^2}$  é a participação relativa dos j-ésimo fatores na explicação da variância total capturada; e  $E'_{jk}$  o escore normalizado do j-ésimo fator aplicado pela k-ésima observação, que são as atividades econômicas de vários setores da economia brasileira e que adotaram algum tipo deecoinovação. Na prática, isso significa que cada escore sintetiza as informações contidas nos fatores, de maneira isolada, calculando seu valor para cada observação. A normalização dos escores, para possibilitar o cálculo do índice é dada por:

$$E'_{jk} = \left( \frac{\hat{E}_k - \hat{E}_{min}}{\hat{E}_{max} - \hat{E}_{min}} \right), \quad (17)$$

em que,  $\hat{E}_k$  é o escore fatorial estimado associado à k-ésima observação,  $\hat{E}_{min}$  e  $\hat{E}_{max}$  são, respectivamente, o menor e o maior valor considerando todos os escores fatoriais estimados .

Executadas as duas primeiras etapas, aplica-se, finalmente, o IECO para cinquenta e cinco atividades econômicas, associadas à indústria brasileira (extrativa; de transformação; eletricidade e gás e serviços, como descritas no Apêndice I. Assim, é possível classificar esses setores da indústria em cinco intervalos de esforço em termos deecoinovação, conforme retratado na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetro para análise do IECO

<b>Esforço - índice deecoinovação (IECO)</b>	<b>Classificação</b>
$1 > IECO_k \geq 0,8$	Ecoinovação muito alta
$0,8 > IECO_k \geq 0,6$	Ecoinovação alta
$0,6 > IECO_k \geq 0,4$	Ecoinovação média
$0,4 > IECO_k \geq 0,2$	Ecoinovação baixa
$0,2 > IECO_k \geq 0,0$	Ecoinovação muito baixa

Fonte: Elaboração própria.

Como demonstrado na Tabela 1, aqueles ramos industriais que alcançarem um IECO maior ou igual a 0,8, são considerados como atividades econômicas comecoinovação muito alta; já aqueles que obtiveram um IECO menor que 0,8, mas maior ou igual a 0,6, são classificadas em atividades comecoinovação alta. Similarmente, as atividades em que o

índice compreender um valor maior ou igual a 0,4 e menor que 0,6, são consideradas atividades comecoinovação média. Já as atividades em que o IECO for menor ou igual a 0,4 e maior 0,2, são classificadas em atividades comecoinovação baixa. Por fim, aquelas atividades em que o índice for menor ou igual a 0,2 são classificadas como contendoecoinovação muito baixa. Cabe ressaltar, que o IECO, como definido na equação (16), é um índice relativo. Isso significa que a atividade econômica com maior valor de índice serve de referência para as demais atividades econômicas analisadas.

## 7 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Conforme ressaltado no Capítulo 1, buscou-se construir um índice de esforços deecoinovação, usando análise fatorial, associados às atividades econômicas da indústria extrativa, da indústria de transformação, dos setores de eletricidade e gás e do setor de serviços, no triênio 2015-2017. Assim, foi possível realizar um mapeamento das atividades econômicas das brasileiras, com base nas suas atuações em relação à ecoinovação, classificando as atividades com: ecoinovação muito alta, ecoinovação alta, ecoinovação média, ecoinovação baixa e ecoinovação muito baixa.

Dito isto, na primeira seção deste capítulo busca-se proporcionar uma abordagem das empresas inovadoras e ecoinovadoras, com o intuito de oferecer uma visão geral dos principais fatos que abarcam o escopo da pesquisa. Na segunda seção são apresentados e discutidos os resultados alcançados com o presente trabalho. Nas duas últimas seções, por fim, são feitas breves reflexões sobre o quão perto ou distante está o processo de transição verde no contexto das empresas brasileiras analisadas.

### 7.1 CARACTERIZAÇÃO DAS EMPRESAS ECOINOVADORAS BRASILEIRAS

Esta seção se destina na caracterização das empresas inovadoras e ecoinovadoras brasileiras, contidas dentro das indústrias de transformação e extrativa, bem como dos setores de eletricidade e gás, e serviços. Para a caracterização destas empresas, parte-se do dado da última pesquisa disponibilizada pela PINTEC, referente ao triênio 2015-2017, em que foram mapeadas 116.962 empresas no total. Das empresas mapeadas, 39.329 realizaram algum tipo de inovação de processo e/ou produto, isso significa que cerca de 1/3 ou 33% das empresas brasileiras são consideradas empresas inovadoras. Deste último número, 15.975 empresas realizaram algum tipo de inovação de processo e/ou produto com redução do impacto ambiental.

Na Tabela 2 estão demonstradas o total de empresas inovadoras por atividade econômica, bem como o total de empresas ecoinovadoras. As empresas consideradas ecoinovadoras se caracterizam como aquelas que assinalaram importância alta ou média para a implementação algum tipo de inovação de processo e/ou produto que reduziram o impacto ambiental. Na última coluna da tabela está demonstrado o percentual de empresas ecoinovadoras em relação ao total de empresas inovadoras por atividade.

Tabela 2 – Percentual do total de empresas inovadoras e ecoinovadoras

(continua)

<b>Atividades Econômicas</b>	<b>Total de Empresas Inovadoras</b>	<b>Total de Empresas Ecoinovadoras</b>	<b>% de Empresas Ecoinovadoras sobre o total de Empresas Inovadoras</b>
<b>Indústrias extrativas</b>	<b>336</b>	<b>159</b>	<b>47%</b>
<b>Indústria de Transformação</b>	-	-	-
Fabricação de produtos alimentícios	6.106	2.301	38%
Fabricação de bebidas	461	232	50%
Fabricação de produtos do fumo	20	3	17%
Fabricação de produtos têxteis	990	417	42%
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	4.969	1.605	32%
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	892	420	47%
Fabricação de produtos de madeira	919	521	57%
Fabricação de celulose e outras pastas	9	8	89%
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	700	242	35%
Impressão e reprodução de gravações	750	476	63%
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	64	36	55%
Refino de petróleo	37	26	71%
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	270	213	79%
Fabricação de produtos químicos orgânicos	58	44	75%
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	145	77	53%
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	554	269	49%
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	585	425	73%
Fabricação de produtos farmoquímicos	16	4	25%
Fabricação de produtos farmacêuticos	161	60	38%
Fabricação de artigos de borracha e plástico	1.909	749	39%
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	2.657	1.581	60%
Produtos siderúrgicos	205	44	22%
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	247	171	69%
Fabricação de produtos de metal	2.689	1.103	41%
Fabricação de componentes eletrônicos	175	63	36%
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	67	35	52%
Fabricação de equipamentos de comunicação	181	83	46%
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	72	55	76%
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	216	66	30%
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	367	146	40%
Fabricação de eletrodomésticos	102	56	56%
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	241	85	35%
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	318	147	46%
Máquinas e equipamentos para agropecuária	408	223	55%
Máquinas para extração e construção	83	52	62%

Tabela 2 – Percentual do total de empresas inovadoras e ecoinovadoras

(conclusão)

<b>Atividades Econômicas</b>	<b>Total de Empresas Inovadoras</b>	<b>Total de Empresas Ecoinovadoras</b>	<b>% de Empresas Ecoinovadoras sobre o total de Empresas Inovadoras</b>
Outras máquinas e equipamentos	1.380	580	42%
Fabricação de veículos automotores, reboques e carrocerias	944	406	43%
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	26	17	65%
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	243	101	41%
Fabricação de peças e acessórios para veículos	674	288	43%
Fabricação de outros equipamentos de transporte	288	95	33%
Fabricação de móveis	1.775	721	41%
Fabricação de produtos diversos	1.077	475	44%
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	433	148	34%
Outros produtos diversos	644	327	51%
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	1.290	481	37%
<b>Eletricidade e gás</b>	<b>169</b>	<b>55</b>	<b>33%</b>
<b>Serviços</b>	-	-	-
Edição e gravação e edição de música	227	104	46%
Telecomunicações	821	143	17%
Desenvolvimento de software sob encomenda	522	17	3%
Desenvolvimento de software customizável	551	98	18%
Desenvolvimento de software não customizável	339	23	7%
Outros serviços de tecnologia da informação	751	105	14%
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	400	33	8%
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	795	424	53%
Pesquisa e desenvolvimento	22	16	73%
		<b>Média</b>	<b>45%</b>

Nota: A partir da CNAE 2.0 para atividades econômicas da indústria extrativa, de transformação e os setores de Eletricidade e Gás, e setor de serviços.

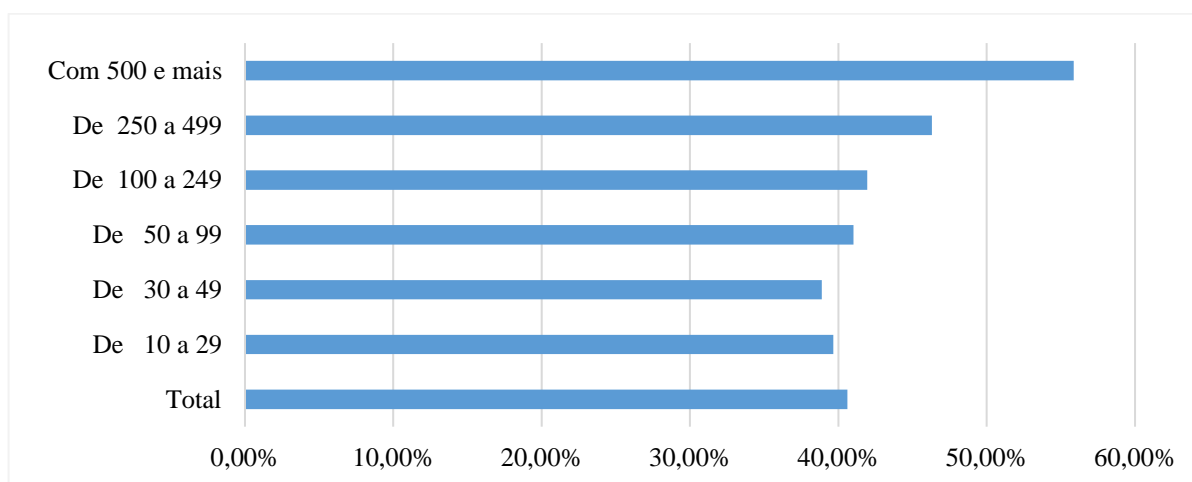
Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da PINTEC 2017.

Os dados demonstram que o maior número de empresas inovativas e ecoinovativas se encontra na atividade de fabricação de produtos alimentícios. Das empresas inovadoras, realizadoras da atividade de fabricação de produtos alimentícios, cerca de 38% apresentaram algum tipo de ecoinovação. Contudo, na relação em que se coloca o total de empresas inovadoras sobre o total de empresas ecoinovadoras, os dados revelam que, apesar de ser o setor com o maior número de firmas ecoinovadoras, não é a atividade com maior percentual relativo de implementação de inovações com redução do impacto ambiental.

O setor com maior percentual deecoinovação dentre as inovações implementadas é a atividade de fabricação de celulose e outras pastas, com taxa deecoinovação em torno de 89%, contudo, também é a atividade com menor número de empresas inovativas da amostra. Assim, apesar dos casos extremos demonstrados, a taxa deecoinovação média das atividades apresentadas é de 45%. Cerca de trinta e seis atividades, das cinquenta e cinco, apresentaram um número igual ou superior à média.

O Gráfico 4, por sua vez, apresenta o total de empresas ecoinovadoras, a partir da faixa de pessoal ocupado. Essas faixas são compostas por empresas que variam de 10 a mais de 500 funcionários.

Gráfico 4 – Empresas Inovadoras que implementaram inovações ambientais, segundo a faixa de pessoal ocupado, durante o período 2015-2017.



Fonte: Elaboração própria, com base na PINTEC 2017.

O Gráfico 4 demonstra que empresas com 500 ou mais pessoas ocupadas representam a maior proporção de empresas inovadoras e que implementaram inovações ambientais, ou seja, ecoinovações. Contudo, no geral, empresas inovativas de micro/pequeno/médio<sup>42</sup> porte também apresentaram resultados significativos, uma vez que em todas as faixas de pessoal ocupado, mais de 35% da amostra realizou ecoinovação. Cabe ressaltar, que a maioria das empresas ecoinovadoras se encontram nas regiões Sudeste e Sul.

Por fim, a Tabela 3 apresenta a quantidade de empresas, que declararam alta ou média importância para as variáveis utilizadas no presente estudo, contidas no Quadro 1 da metodologia deste estudo.

<sup>42</sup> Em geral, considera-se microempresas aquelas com até 19 empregados; pequenas empresas com 20 a 99 empresas; médias empresas com 100 a 499 empregados; e grandes empresas com mais de 500 empregados.

Tabela 3 – Fatores que contribuíram para a implementação e resultados de ecoinovações, a partir de dados da PINTEC (2017).

(continua)

Atividades Econômicas	SUBSMP	SUBSCF	RAMB	RCG	REDCO2	NAM	NAMF	GOV	D	REP	AV	CBP	CUSTOS	CP	REDMP	REDEG	REDAG
<b>Indústrias extrativas</b>	49	34	111	108	91	106	64	8	47	115	58	102	68	50	76	117	73
<b>Indústria de Transformação</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabricação de produtos alimentícios	450	261	1637	1351	1049	1059	1166	663	1079	1620	814	1385	1468	791	1538	1661	733
Fabricação de bebidas	61	16	101	141	97	118	147	51	92	137	119	149	97	29	206	153	152
Fabricação de produtos do fumo	2	1	2	3	2	0	0	0	2	3	2	3	0	0	3	2	1
F.de produtos têxteis	214	57	171	88	45	314	201	9	99	273	281	303	241	49	332	165	204
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	645	90	586	993	433	426	294	28	279	831	637	484	814	126	1715	2393	660
Preparação de couros e fabricação de artefatos e outros	309	186	281	306	36	82	71	1	89	152	339	97	97	32	435	186	48
Fabricação de produtos de madeira	99	272	222	230	248	249	203	54	214	280	279	265	147	125	224	217	119
Fabricação de celulose e outras pastas	4	3	3	3	5	2	1	1	7	5	5	4	1	0	7	6	4
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	64	28	126	160	84	111	94	30	116	172	116	203	105	18	226	129	98
Impressão e reprodução de gravações	402	63	403	445	347	209	183	82	196	348	232	306	406	114	477	396	374
Fabricação de coque e biocombustíveis	16	20	25	18	24	22	13	5	14	7	26	23	9	3	33	30	19
Refino de petróleo	13	11	16	21	11	20	13	0	20	18	13	16	12	6	11	9	8
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	91	171	188	191	174	193	82	14	176	185	127	144	110	6	20	116	22
Fabricação de produtos químicos orgânicos	27	13	18	23	9	20	20	7	31	29	27	32	32	2	29	27	23
Fabricação de resinas e elastômeros e outros	40	21	37	50	22	37	27	3	30	34	34	43	39	8	36	34	29
Fabricação de sabões, detergentes e outros	167	67	144	165	70	88	105	14	124	144	158	180	89	24	174	154	141
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e outros	254	51	166	237	75	259	162	10	196	299	179	300	169	31	162	212	144
Fabricação de produtos farmoquímicos	2	1	1	2	1	2	1	0	1	1	1	3	2	1	3	3	4
Fabricação de produtos farmacêuticos	25	18	33	42	22	27	17	2	10	43	40	40	26	4	26	28	26
Fabricação de artigos de borracha e plástico	304	62	277	423	264	341	292	148	315	478	403	501	353	252	643	508	207
Fabri. de produtos de minerais não-metálicos	527	244	703	824	374	723	967	215	356	979	517	876	755	532	951	699	532

Tabela 3 – Fatores que contribuíram para a implementação e resultados de ecoinovações, a partir de dados da PINTEC (2017).

(continua)

<b>Atividades Econômicas</b>	<b>SUBSMP</b>	<b>SUBSCF</b>	<b>RAMB</b>	<b>RCG</b>	<b>REDCO2</b>	<b>NAM</b>	<b>NAMF</b>	<b>GOV</b>	<b>D</b>	<b>REP</b>	<b>AV</b>	<b>CBP</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>CP</b>	<b>REDMP</b>	<b>REDEG</b>	<b>REDAG</b>
<b>Indústria de Transformação</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Produtos siderúrgicos	21	5	22	28	24	32	27	4	24	30	25	31	13	9	37	26	12
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	13	2	118	137	111	154	43	9	116	61	26	59	66	5	60	50	41
Fabricação de produtos de metal	350	213	678	752	320	503	425	63	366	659	561	519	511	197	919	915	403
Fabricação de componentes eletrônicos	35	8	14	31	1	29	4	1	19	7	20	7	9	2	86	55	30
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	18	5	8	18	15	23	19	2	12	18	21	28	15	15	28	12	6
Fabricação de equipamentos de comunicação	29	7	17	39	20	11	15	2	12	40	55	17	23	6	82	28	15
Fabricação de aparelhos eletromédicos e outros	47	12	40	40	14	5	30	2	32	33	45	35	3	3	38	16	16
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	9	6	21	35	16	41	21	0	26	44	42	37	6	9	70	34	12
Fabricação de geradores, transformadores e outros	77	64	74	75	64	93	33	44	26	76	73	119	88	56	125	103	60
Fabricação de eletrodomésticos	21	19	20	50	20	41	40	4	11	12	16	43	52	8	26	22	19
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros	46	22	33	43	29	32	22	6	33	48	37	50	42	25	85	42	37
Motores, bombas e outros	28	10	37	37	15	70	53	32	60	89	72	112	68	33	157	76	43
Máquinas e equipamentos para agropecuária	109	69	180	162	98	184	163	36	149	159	182	129	87	45	181	102	52
Máquinas para extração e construção	27	8	36	38	8	34	46	6	46	46	10	47	39	15	27	17	14
Outras máquinas e equipamentos	165	72	177	307	41	173	208	39	207	288	237	172	239	42	431	552	223
Fabricação de automóveis, caminhonetas e outros	6	3	9	10	13	12	9	7	9	9	13	9	11	2	11	13	14
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e outros	93	38	93	89	55	67	66	5	38	98	10	94	95	72	142	38	2
Fabricação de peças e acessórios para veículos	79	62	76	216	129	122	104	42	180	211	75	239	120	2	260	184	84



Tabela 3 – Fatores que contribuíram para a implementação e resultados de ecoinovações, a partir de dados da PINTEC (2017).

(conclusão)

<b>Atividades Econômicas</b>	<b>SUBSMP</b>	<b>SUBSCF</b>	<b>RAMB</b>	<b>RCG</b>	<b>REDCO2</b>	<b>NAM</b>	<b>NAMF</b>	<b>GOV</b>	<b>D</b>	<b>REP</b>	<b>AV</b>	<b>CBP</b>	<b>CUSTOS</b>	<b>CP</b>	<b>REDMP</b>	<b>REDEG</b>	<b>REDAG</b>
<b>Indústria de Transformação</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fabricação de outros equipamentos de transporte	56	8	56	24	18	69	68	9	51	62	24	72	70	46	90	75	8
Fabricação de móveis	218	135	225	547	130	341	142	56	275	303	148	281	426	196	922	337	140
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e outros	118	8	122	30	114	27	117	0	18	129	25	28	28	2	91	83	179
Outros produtos diversos	176	46	288	234	190	228	145	2	194	169	175	170	104	113	185	208	226
Manutenção, reparação e outros	303	35	349	291	131	263	267	8	207	318	176	304	284	42	168	175	133
<b>Eletricidade e gás</b>	13	40	24	16	25	39	24	14	46	45	41	18	26	12	5	31	2
<b>Serviços</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Edição e gravação e edição de música	30	17	27	27	17	18	13	1	18	81	73	66	34	11	0	33	0
Telecomunicações	61	15	16	23	20	17	13	2	38	53	83	56	68	27	0	125	0
Desenvolvimento de software sob encomenda	3	3	4	4	3	4	1	0	10	9	6	5	5	2	0	20	0
Desenvolvimento de software customizável	0	22	20	18	1	19	0	0	5	45	58	20	42	1	0	31	0
Desenvolvimento de soft. não customizável	8	2	3	4	5	6	4	4	6	9	9	6	4	6	0	20	0
Outros serviços de tecnologia da informação	28	22	17	18	17	1	10	1	21	25	47	79	18	21	0	207	0
Tratamento de dados, hospedagem e outros	12	4	13	4	2	1	5	0	10	13	21	12	13	1	0	63	0
Serviços de arquitetura e engenharia e outros	52	68	124	71	130	297	252	34	178	147	177	349	246	246	0	242	0
Pesquisa e desenvolvimento	12	5	10	12	7	7	7	6	9	6	11	6	7	2	0	5	0

Fonte: Elaboração própria, a partir dos dados da PINTEC 2017.

A Tabela 3 fornece subsídios para as discussões dos resultados da próxima seção. Para realização desses cálculos, foram consideradas as empresas que atribuíram média ou alta importância para a introdução de inovações de produto e/ou processo, com redução do impacto ambiental, no questionário da PINTEC 2017 (referente ao período 2015-2017).

Como aspecto metodológico, a PINTEC 2017, caracterizou as variáveis nos grupos (a) e (b), conforme definido no Capítulo 4. A Tabela 3, dessa forma, apresenta aspectos interessantes ao serem considerados na análise, tais como o setor de produção do fumo e o setor de fabricação de produtos alimentícios, em que o primeiro conta com, praticamente, nenhum esforço deecoinovação e o segundo, dada sua importância no impacto industrial, conta com o maior número de empresas a se dedicarem a implementação de ecoinovações.

## 7.2 ANÁLISE FATORIAL EXPLORATÓRIA

Esta seção é destinada à estimação do IECO usando uma das ferramentas da estatística multivariada, a análise fatorial. Entretanto, antes de proceder esta estimação, faz-se necessário realizar, a priori, os testes relatados no capítulo anterior. O propósito desses testes é diagnosticar se a análise fatorial pode ser aplicada à base de dados disponível.

A Tabela 4, traz o teste de normalidade multivariada de Doornik-Hansen. Como se pode verificar, o p-valor da estatística  $\chi^2$  é de 0,01, o que aponta para rejeição de  $H_0$ . Assim, o teste demonstra que os dados não seguem distribuição normal multivariada. Como medida de ajuste, geralmente, são realizadas alterações na base de dados a fim de excluir os valores extremos da amostra, os chamados *outliers*. No presente trabalho, este ajuste foi realizado, contudo, a medida refletiu em perdas consideráveis de observações, de maneira que o número de observações se igualou ao número de variáveis. Esse resultado comprometeu a consolidação da análise fatorial exploratória, visto que a mesma tem a função de sumarizar as informações das variáveis principais ao agrupar as mesmas em fatores.

Optou-se, dessa forma, em desconsiderar os resultados do teste, uma vez que, ao se utilizar o método de componentes principais na análise fatorial exploratória, “[...] a suposição de normalidade não é requisito necessário para que a técnica [...] possa ser utilizada (MINGOTI, 2005, p.57)”. Evidentemente, que se fosse utilizado o método de máxima verossimilhança, a hipótese da normalidade multivariada não poderia deixar de ser considerada.

Na sequência, são realizados os testes de ajustes do modelo, representados pelos testes KMO, Bartlett e Alfa de Cronbach, no qual as conclusões são apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Teste de ajuste de modelo – análise fatorial exploratória

Testes	Hipóteses	Resultados
Doornik-Hansen	$H_0$ : Distribuição normal multivariada $H_1$ : Distribuição não normal multivariada	Prob> $\chi^2$ = 0.0000
KMO	$H_0$ : Matriz de correlação inversa é próxima a matriz diagonal $H_1$ : Matriz de correlação inversa não é próxima a matriz diagonal	0.89
Bartlett	$H_0$ : A matriz de correlação é igual a matriz identidade $H_1$ : A matriz de correlação não é igual a matriz identidade	Prob>T= 0.0000
Alfa de Cronbach	$H_0$ : Os dados são consistentes $H_1$ : Os dados não são consistentes	0.9796

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software Stata 15.1.

Os resultados apresentados indicam um bom ajuste de modelo. A estatística KMO é uma medida que varia entre 0 e 1 e quão mais próximo de 1, mais adequados estão os dados ao método de análise fatorial exploratória. A literatura indica que um valor entre 0,8 e 0,9 tem adequidade ótima. O teste de Esfericidade de Bartlett aponta para a rejeição da hipótese nula, indicando que a matriz de correlação não é uma identidade, ou seja, a base de dados sustenta a análise fatorial. O teste de Alfa de Cronbach, que semelhante a estatística KMO, quão mais próximo seu resultado estiver da unidade, maior a consistência interna dos dados, dessa forma, a estatística de 0.97 indica que há consistência na base de dados, o que permite a análise fatorial.

Cabe ressaltar, que o Alfa de Cronbach tem melhores propriedades estatísticas quando a hipótese da normalidade multivariada não é violada. Como no presente estudo, o teste de Doornik-Hansen apontou para a rejeição da hipótese nula, deve-se reservas com relação à estatística com ressalvas.

Por fim, tem-se na Tabela 6 a Média Amostral de Adequabilidade, que utiliza o critério KMO aplicado a cada variável. Como esta estatística, de modo geral, aponta para um valor acima de 0,8 indica que as variáveis utilizadas no presente estudo são estatisticamente adequadas para se estimar o modelo de análise fatorial exploratória.<sup>43</sup>

<sup>43</sup> A literatura recomenda manter a variável na análise com  $SMA > 0,6$ .

Tabela 5 – Teste de Média Amostral de Adequabilidade (MSA)

Variável	MSA
SUBSCF	0.8811
REDEG	0.8739
GOV	0.9034
SUBSMP	0.9190
REDMP	0.8773
CP	0.8902
REDAG	0.8858
NAMF	0.8259
AV	0.9274
D	0.9206
REDCO2	0.8547
NAM	0.9256
CBP	0.8984
RAMB	0.9003
RCG	0.8909
CUSTOS	0.8083
REP	0.9213

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software Stata 15.1.

Como os testes apontarem que a base de dados permite a utilização da análise multivariada, parte-se, doravante, para a estimação do IEEO. Inicialmente, como de praxe na análise fatorial, se identifica o número de fatores a ser utilizados na análise fatorial. A Tabela 6 apresenta os autovalores e as variâncias de cada fator, que são obtidos através dos procedimentos de estimação, descritos no Capítulo 4 do presente trabalho.

Tabela 6 – Autovalores, variância explicada por cada fator e variância acumulada

Fator	Autovalores $\lambda_i$	Diferença	Variância explicada (%)	Variância acumulada (%)
1	14.70457	13.69303	0.8650	0.8650
2	1.01154	0.50664	0.0595	0.9245
3	0.50490	0.26977	0.0297	0.9542
4	0.23514	0.10016	0.0138	0.9680
5	0.13497	0.04741	0.0079	0.9759
6	0.08757	0.00103	0.0052	0.9811
7	0.08654	0.02239	0.0051	0.9862
8	0.06415	0.01206	0.0038	0.9900
9	0.05209	0.01618	0.0031	0.9930
10	0.03590	0.00476	0.0021	0.9951
11	0.03115	0.01338	0.0018	0.9970
12	0.01777	0.00518	0.0010	0.9980
13	0.01259	0.00467	0.0007	0.9988
14	0.00792	0.00259	0.0005	0.9992
15	0.00533	0.00089	0.0003	0.9995
16	0.00445	0.00104	0.0003	0.9998
17	0.00341	.	0.0002	1.00

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software Stata 15.1.

Os resultados consolidados na Tabela 6 demonstram que o primeiro fator explica 86,50% da variância total dos dados, enquanto os dois primeiros fatores explicam 92,45%. Os autovalores são significativos e maiores que 1 para os dois primeiros fatores, o primeiro com *engvalue* de 14,01 e o segundo com *engevalue* de 1,01. Portanto, quer seja pelo critério de raiz característica maior do que um, ou pela variância acumulada maior que 0,7, seria possível selecionar os dois primeiros fatores para a construção do IECO. No entanto, na Tabela 7 é possível diagnosticar que os valores das cargas fatoriais do primeiro fator são superiores a 0,8, indicando que todas as variáveis têm forte correlação com o primeiro fator; ao passo que todas as cargas fatoriais do segundo fator são menores que 0,5. Além disso, considerando que a variância explicada pelo primeiro fator supera os 70%, justifica a escolha de apenas um fator para identificar os esforços deecoinovação nos setores industriais no Brasil. Neste trabalho, portanto, esse fator é denominado de *esforço de implementação e efetivação da ecoinovação*.

A Tabela 7 demonstra as cargas fatoriais de cada fator antes da aplicação do método Varimax de rotação ortogonal dos fatores. Contudo, se fez essa rotação, mas os resultados se mantiveram os mesmos, uma vez que as variáveis estão alocadas em um único fator.

Tabela 7 – Matriz das cargas fatoriais com os fatores rotacionados

<b>Variáveis</b>	<b>Fator 1</b>	<b>Fator 2</b>
SUBSMP	0.8581	0.4117
SUBSCF	0.7768	-0.0755
RAMB	0.9746	-0.0928
RCG	0.9750	0.1586
REDCO2	0.9550	-0.1138
NAM	0.9703	-0.1031
NAMF	0.9442	-0.2126
GOV	0.8577	-0.4355
D	0.9508	-0.2017
REP	0.9937	-0.0126
AV	0.9503	0.1769
CBP	0.9740	-0.1494
CUSTOS	0.9851	0.0102
CP	0.9136	-0.3219
REDMP	0.9134	0.3321
REDEG	0.8521	0.4189
REDAG	0.9356	0.2454

Fonte: Elaboração própria com base nos resultados do software Stata 15.1.

Como evidencia a Tabela 7, as variáveis com os maiores pesos no primeiro fator se constituem em empresas que ecoinovaram para melhorar sua reputação (REP), com carga fatorial de 0.9937; empresas que ecoinovaram para redução de custos de água, energia e

matérias primas (CUSTOS), com 0.9851 e em empresas que ecoinovaram através da reciclagem de seus resíduos, águas residuais ou materiais (RCG), com carga fatorial de 0.9750 . As variáveis de menor peso para o fator 1, por sua vez, se constituem nas empresas que substituíram de forma total (ou parcial) a energia proveniente de combustíveis fósseis por fontes de energia renovável (SUBSCF) através de ecoinovações, empresas que reduziram o consumo de energia através de ecoinovações (REDEG), e empresas que ecoinovaram a partir da disponibilidade de apoio governamental, subsídios ou outros incentivos financeiros governamentais à inovação ambiental (GOV).

A explicação do peso das variáveis que mais impactam o primeiro fator pode se fundamentar na crescente preocupação das empresas em aspectos relacionados às temáticas ambientais, relacionadas ao critério ESG e as políticas NetZero, discutidas no primeiro capítulo desta dissertação. As empresas, de maneira geral, têm buscado soluções de eficiência, tanto nos processos de produção, quanto no fim de ciclo do produto e este movimento tem agregado valor de mercado aos produtos (ASA, 2022). Não obstante, a preocupação e a iminente transição energética são fatores contribuintes para mudanças técnicas, regulatórias e de custos (TAVARES, 2019).

A explicação do peso das variáveis que menos impactam o primeiro fator, por sua vez, pode se fundamentar pelo pouco aporte do Governo na implementação de ecoinovação (pouca sensibilidade às regulamentações públicas) e no raciocínio de que reduções do consumo de energia e substituição de energias de combustível fóssil por energia renovável podem não, necessariamente, estarem relacionadas às estratégias ambientais, mas, na verdade, com processos de otimização das empresas. Isto se justifica uma vez que introduções de processos sustentáveis podem aumentar a eficiência do uso de matérias-primas, energia e água, que como resultado, para além do aspecto ambiental, reduzem os custos de produção e contribuem para o estímulo do comércio de subprodutos advindos de insumos que seriam descartados, bem como redução dos resíduos – através, por exemplo, da reciclagem (HARGROVES, SMITH, 2005).

### 7.3 ESTIMANDO O ÍNDICE DE ECOINOVAÇÃO BRASILEIRO - IECO

Para se estimar o IECO, faz-se necessário obter os escores fatoriais, juntamente com a proporção da variância explicada por cada componente. É importante mencionar que o índice classifica os setores no que tange a implementação de inovações que puderam obter redução

no impacto ambiental, não quantificando essa redução de fato. Ou seja, não se avalia a redução do impacto ambiental em cada atividade econômica, mas sim, avalia de forma relativa, as atividades com maior ou menor implementação deecoinovações.

A Tabela 8 apresenta os resultados do  $IECO_k$ , calculados usando a equação (16). Na primeira coluna da tabela são apresentadas as atividades econômicas avaliadas, seguidas do valor do índice e a classificação de esforço deecoinovação por setores. Cabe a menção de que a indústria extrativa, conforme a disponibilidade dos dados, é apresentada em sua totalidade, bem como o setor de eletricidade e gás. A indústria de transformação e o setor de serviços são desmembrados nas atividades contidas no Apêndice I.

Tabela 8 – Índice de Ecoinovação das atividades das indústrias extrativa; de transformação; eletricidade e gás; e serviços.

(continua)

<b>Atividade</b>	<b><math>IECO_k</math></b>	<b>Esforço</b>
<b>Indústrias extrativas</b>	0,067358567	Ecoinovação muito baixa
<b>Indústria de transformação</b>	-	-
Fabricação de produtos alimentícios	1	Ecoinovação muito alta
Fabricação de bebidas	0,097072239	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos do fumo	0	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos têxteis	0,161098142	Ecoinovação muito baixa
Confecção de artigos do vestuário e acessórios	0,523669792	Ecoinovação média
Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos de viagem e calçados	0,149990236	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos de madeira	0,205719262	Ecoinovação baixa
Fabricação de celulose e outras pastas	0,001924757	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel	0,0958224	Ecoinovação muito baixa
Impressão e reprodução de gravações	0,263775367	Ecoinovação baixa
Fabricação de coque e biocombustíveis (álcool e outros)	0,01617776	Ecoinovação muito baixa
Refino de petróleo	0,010983106	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos químicos inorgânicos	0,119700855	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos químicos orgânicos	0,019125052	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de resinas e elastômeros, fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários	0,027693281	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria e de higiene pessoal	0,108621081	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos	0,153944831	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos farmoquímicos	0,00005523095	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos farmacêuticos	0,022150204	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de artigos de borracha e plástico	0,304897919	Ecoinovação baixa
Fabricação de produtos de minerais não-metálicos	0,582892407	Ecoinovação média
Produtos siderúrgicos	0,018217782	Ecoinovação muito baixa
Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição	0,055313278	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de produtos de metal	0,429236439	Ecoinovação média
Fabricação de componentes eletrônicos	0,015982024	Ecoinovação muito baixa
Fabricação de equipamentos de informática e periféricos	0,013096571	Ecoinovação muito baixa

Tabela 9 – Índice de EcoInovação das atividades das indústrias extrativa; de transformação; eletricidade e gás; e serviços.

(conclusão)

<b>Atividade</b>	<b>IECO<sub>k</sub></b>	<b>Esforço</b>
<b>Indústria de transformação</b>	-	-
Fabricação de equipamentos de comunicação	0,019676082	EcoInovação muito baixa
Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletroterapêuticos e equipamentos de irradiação	0,02117319	EcoInovação muito baixa
Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos	0,019919109	EcoInovação muito baixa
Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica	0,070298971	EcoInovação muito baixa
Fabricação de eletrodomésticos	0,021981619	EcoInovação muito baixa
Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos	0,033059237	EcoInovação muito baixa
Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão	0,049908603	EcoInovação muito baixa
Máquinas e equipamentos para agropecuária	0,11530988	EcoInovação muito baixa
Máquinas para extração e construção	0,023737476	EcoInovação muito baixa
Outras máquinas e equipamentos	0,176648345	EcoInovação muito baixa
Fabricação de automóveis, caminhonetas e utilitários, caminhões e ônibus	0,007647252	EcoInovação muito baixa
Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores	0,057480922	EcoInovação muito baixa
Fabricação de peças e acessórios para veículos	0,11316951	EcoInovação muito baixa
Fabricação de outros equipamentos de transporte	0,040215159	EcoInovação muito baixa
Fabricação de móveis	0,2453595	EcoInovação baixa
Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de artigos ópticos	0,058706028	EcoInovação muito baixa
Outros produtos diversos	0,155028469	EcoInovação muito baixa
Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos	0,181699443	EcoInovação muito baixa
<b>Eletricidade e gás</b>	0,025270429	EcoInovação muito baixa
<b>Serviços</b>	-	-
Edição e gravação e edição de música	0,024101026	EcoInovação muito baixa
Telecomunicações	0,031355736	EcoInovação muito baixa
Desenvolvimento de software sob encomenda	0,002405973	EcoInovação muito baixa
Desenvolvimento de software customizável	0,014279347	EcoInovação muito baixa
Desenvolvimento de software não customizável	0,003848656	EcoInovação muito baixa
Outros serviços de tecnologia da informação	0,024017733	EcoInovação muito baixa
Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas	0,006468664	EcoInovação muito baixa
Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas	0,148172382	EcoInovação muito baixa
Pesquisa e desenvolvimento	0,005358331	EcoInovação muito baixa

Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos seus resultados do  $IECO_k$ , Tabela 8, é possível perceber que apenas uma atividade possui uma classificação de esforço de atividade como ecoInovação muito alta, a atividade de fabricação de produtos alimentícios<sup>44</sup>. Essa atividade, como mencionado

<sup>44</sup>O setor de fabricação de alimentos é composto pelos grupos: (i) abate e fabricação de produtos de carne; (ii) preservação do pescado e fabricação de produtos do pescado; (iii) fabricação de conservas de frutas, legumes e outros vegetais; (iv) fabricação de óleos e gorduras vegetais e animais; (v) laticínios; (vi) moagem, fabricação de produtos amiláceos e de alimentos para animais; (vii) fabricação e refino de açúcar; (viii) torrefação e moagem de café; (iv) fabricação de outros produtos alimentícios.



anteriormente, serve como parâmetro do  $IECO_k$  para as demais atividades. Como visto na Tabela 3, o setor de fabricação de alimentos possui o maior número de empresas ecoinovadoras da amostra e as variáveis de maior impacto no resultado do  $IECO_k$  são relacionadas às inovações que permitiram reduzir o consumo de energia; que permitiram reduzir a contaminação do solo, da água, do ruído e do ar; e que permitiram melhorar a reputação da empresa.

O resultado apresentado pode ter relação com a mudança de comportamento dos consumidores e do impacto advindo das metas estabelecidas a partir dos pactos mundiais do clima, uma vez que tem crescido a procura de alimentos com menor “pegada de carbono”; não associados à aspectos de maus tratos aos animais; fabricados a partir de processos que utilizam fontes renováveis; possuidores de selos e certificações ambientais, bem como associados às causas sociais (FIESP; ITAL, 2010).

Sobre os valores deecoinovação média, tal como a atividade de fabricação de minerais não-metálicos<sup>45</sup>, o resultado pode ser explicado, segundo dados da Tabela 3, pelas variáveis relacionadas a reputação das empresas dessa atividade, a requisitos para consolidação de contratos públicos e a ampliação de normas ambientais - principalmente em relação a estudos prévios para a instalação da atividade. Além disso, nota-se que é uma das atividades econômicas apresentadas que conta com o maior apoio governamental. Esse resultado pode ser justificado, uma vez que a atividade mineral, como um todo, tem sofrido maior pressão pública e mercadológica, no que tange a promoção de uma sustentabilidade socioambiental e a difusão de novas tecnologias (CARVALHO et al, 2018). Isso porque, dentre as atividades econômicas expostas, a fabricação de mineiras não metálicos é uma das mais poluidoras, ao utilizar a métrica de emissão de CO<sub>2</sub> (MIRANDA; KOEELER; LUSTOSA, 2021).

A atividade de fabricação de produtos de metal, bem como a confecção de produtos de vestiário e acessórios constituem o grupo de atividades com tendência de ecoinovação alta/média, justificado pelo destaque das atividades no que tange a redução do consumo de matérias primas, água e energia, bem como no que tange a melhorias de processo/produto com a intenção de melhorar a reputação do setor – a atividade de confecção de artigos do

---

<sup>45</sup> “Os bens minerais não metálicos podem ser subdivididos em: (i) rochas e minerais industriais, podendo-se citar a grafita, a magnesita, a crisotila, o calcário, a areia industrial, a barita, a bentonita e a fluorita, entre outras, cujas aplicações são muito variadas, cobrindo, por exemplo, o uso em abrasivos, na agricultura, na produção de cerâmica, na construção civil, na indústria eletrônica, química, metalúrgica, de papel, pigmentos e plásticos; (ii) rochas ornamentais e de revestimento, como granitos, mármore, ardósias e quartzitos; (iii) materiais para construção civil, como areia, brita e argila; (iv) os agrominerais, como as rochas fosfáticas e o calcário agrícola; (v) minerais energéticos, como o carvão mineral; (vi) as pedras preciosas e semipreciosas; e (vii) água mineral” (MESQUISTA; CARVALHO; OGANDO, 2016, p. 327)

vestuário e acessórios, por exemplo, se destaca na implementação de inovações no processo de reciclagem.

Em relação ao setor têxtil especificamente, o Brasil é um importante produtor do setor. Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias Têxtil (ABIT) (2018), o Brasil possui a cadeia têxtil de maior proporção na América Latina, o que evidencia a caracterização do setor como um importante meio para geração de emprego e renda no País. Em relação ao destaque da atividade no que tange às inovações relacionadas a reciclagem de resíduos, águas residuais ou materiais, tem-se a evidência da indústria, no que tange a reciclagem mecânica de têxteis, como a principal atividade de reprocessamento de descartes. Contudo, argumenta-se que “[...] a falta de dados sobre a geração e descarte de resíduos têxteis de origem industrial ou pós-consumo doméstico dificulta o melhoramento de seu gerenciamento ambientalmente correto (ZONATTI et al, 2010, p. 64)”.

Em geral, vê-se que as atividades comecoinovação muito alta e média, destacam-se inovações no que tange o aspecto institucional, tecnológico e social. No mais, é interessante observar que atividades industriais tais como a de fabricação de alimentos, de confecção de artigos de vestuário e acessórios, bem como a de fabricação de metais, são setores altamente poluidores, resultado do desperdício de seus processos e em razão da utilização de recursos naturais (MOURA, 2016), o que demonstra uma iniciativa do setor em solucionar seus gargalos.

Em contrapartida, os setores de impressão e reprodução de gravações, fabricação de borracha e plástico e fabricação de móveis e produtos de madeira, por sua vez, estão classificadas em esforço baixo e todas as outras atividades possuem uma tendência deecoinovar muito baixa; inclusive, as atividades da indústria extrativa; eletricidade e gás; e serviços que apresentaram todos os  $IECO_k$  com valores menores que 0,3. Esses resultados indicam, sobretudo, que há um longo caminho, ainda, a se percorrer no que tange os esforços deecoinovação.

Além disso, ao considerar o recorte setorial, os resultados podem refletir uma característica estrutural da indústria de países semi-industrializados como é o caso do Brasil, em que: a) é a alta representatividade dos setores de média ou baixa intensidade tecnológica, sendo que muitos destes, também, apresentam níveis elevados de potencial poluidor, e, portanto, pouca capacitação para implementar com maior efetividadeecoinovações e/ou poucos sensíveis às regulamentações públicas e; b) os setores são pouco homogêneos, no que tange capacitação produtiva, tecnológica, de gestão, na composição da qualificação de mão de

obra, nos fluxos das cadeias de produção, dentre outros. Em vista disso, as alternativas tecnológicas e oportunidades deecoinovações são diferentes de setor para setor. Dessa forma, as heterogeneidades setoriais podem afetar tanto as oportunidades tecnológicas existentes como influenciar o seu grau de inovatividade e, bem como, podem afetar a implementação deecoinovações (CARRILLO-HERMOSILLA et al., 2009, SPEROTTO; TARTARUGA, 2021).

Enfim, percebe-se que estes resultados refletem uma estrutura industrial pouco homogênea, com atividades de média/baixa intensidade tecnológica e com possível elevado potencial poluidor. Com isso, instiga-se a reflexão sobre em quais os próximos passos para a inserção das firmas brasileiras em um processo de transição verde, uma vez que o processo inovativo e a sustentabilidade desse processo estão no cerne do desenvolvimento deste século em diante.

Como apresentado a tendência é que firmas incorporem aspectos relacionados a conservação do meio ambiente, com o instrumental de inovações tecnológicas, institucionais e organizacionais, com a finalidade de acompanhar o processo de mudança de paradigma - que o mundo tem sinalizado através das estratégias empresarias e padrões de investimento e a academia tem teorizado como a sexta onda de inovação. Apesar disso, as evidências para o Brasil, no que tange as indústrias extrativa e de transformação; e os setores de eletricidade e gás e serviços demonstram que ainda existem importantes alterações no que tange a estrutura de produção, demonstrados pelo pouco esforço ecoinovativo das firmas brasileiras e pelas características específicas de cada atividade.

No mesmo sentido, uma mudança de paradigma depende intrinsecamente da inovação e deve existir incentivos para tal, nas esferas público e privada. Há um longo caminho a ser percorrido em busca de uma sociedade sustentável e, nesse sentido, as firmas devem estar atentas às oportunidades de novos nichos de mercado e lacunas tecnológicas, bem como as exigências dos consumidores atuais, no sentido de estabelecer um crescimento verde, em alinhamento com as tendências mundiais. Para isso, para o caso brasileiro, incentiva-se uma maior disponibilidade de dados e informações, bem como do papel ativo das políticas econômicas direcionadoras, assim como dos stakeholders, via mudança no comportamento/padrão de consumo. Isso porque a transição verde só será viável ao abarcar os aspectos sociais, ambientais, culturais e econômicos da sociedade. Dito isto, por fim, salienta-se que a melhor compreensão destes tipos de aspectos, dentro do cenário brasileiro, pode ser viabilizada através de estudos mais aprofundados e detalhados no plano microeconômico.

## 8 CONCLUSÃO

Ao longo do presente estudo apresentou-se as principais referências relacionadas ao conceito de paradigmas econômicos, sendo esses impulsionados pelas inovações e com embasamento da teoria neoschumpeteriana. As pressões atuais da sociedade, embasadas em políticas/estratégias de mitigação dos impactos decorrentes da mudança climática, juntamente com a preocupação a nível microeconômico das empresas, têm gerado transformações na maneira como essas organizações atuam no cenário econômico. Os acordos internacionais, bem como a incorporação de aspectos ambientais no nível das firmas, a partir da ótica da sustentabilidade como um meio transformador, reforçaram a emergente mudança de paradigma.

Uma mudança de paradigma, nesse sentido, se estabelece a partir de uma relação intrínseca com as inovações, com o preceito de que inovações combinadas e difundidas são capazes de influenciar no comportamento da sociedade e permear uma transformação por toda a economia. Portanto, a associação entre a mudança de paradigma e a recente Economia Verde, que foi definida como um modelo econômico capaz de melhorar o bem-estar dos agentes, ao mesmo tempo em que proporciona a igualdade social e reduz os riscos ambientais e de escassez ecológica. A partir deste arcabouço, destaca-se o papel da tecnologia e das inovações e, portanto, das ecoinovações, denominadas como inovações com redução do impacto ambiental.

As ecoinovações, sejam elas organizacionais, comerciais, sociais, de fluxo, relacionadas aos processos de produção e/ou produtos finais, têm papel fundamental na mudança de paradigma para uma economia, no que se refere a reverberar os novos modelos de negócio, com foco no desenvolvimento sustentável e, da mesma maneira, auxiliar na redução das emissões de gases do efeito estufa. A partir do arcabouço teórico apresentado, o presente estudo viabilizou uma análise da influência das ecoinovações no cenário brasileiro, destacando as características, diferenças e a intensidade de ecoinovações das indústrias brasileiras de transformação; extrativa; bem como os setores de eletricidade e gás; e serviços.

Para essa finalidade, adotou-se a análise multivariada, aplicados aos dados da Pesquisa de Inovação Tecnológica (PINTEC) para o ano de 2017. Em um primeiro momento, aplicou-se a análise fatorial exploratória, que, posteriormente, permitiu a construção de um índice de esforço ecoinovativo nas atividades econômicas das firmas brasileiras

A análise fatorial possibilitou o agrupamento das variáveis em um único fator, que foi denominado de *esforço de implementação e efetivação da ecoinovação*. Cabe mencionar que

das dezessete variáveis utilizadas, aquelas de maior destaque para o indicador de esforço ecoinovativo foram as relacionadas ao intento de melhora da reputação; redução de custos de água, energia e matérias primas; e de uso de reciclagem. Os pesos dessas variáveis para a explicação do fator podem ser fundamentados através da adoção de políticas e estratégias pelas empresas, tais como o critério ESG e o conceito NetZero, onde menciona-se, também, a transição energética. Não obstante, a adequação das empresas às demandas do mercado e a processos mais limpos, tanto na produção, quanto no fim de ciclo do produto tem agregado valor aos produtos. Assim, o *esforço de implementação e efetivação da ecoinovação* possibilitou a formulação de um índice, no qual relevou a tendência das atividades econômicas, no que se refere as ecoinovações.

No índice, com finalidade de avaliar as ecoinovações nas atividades econômicas brasileiras, foi denominado de  $IECO_k$ , percebeu-se que as únicas atividades que obtiveram um esforço acima da média foram as atividades de: fabricação de alimentos, fabricação de minerais não-metálicos; fabricação de produtos de metal; confecção de produtos de vestiário e acessórios. Destaca-se, primeiro, a importância econômica e tamanho das atividades e, em segundo, o potencial poluidor das atividades. Contudo, percebe-se nessas atividades a emergente tentativa em adequação às novas tendências do mercado, bem como as pressões públicas e mercadológicas.

As outras atividades econômicas analisadas, por sua vez, onde inclui-se as indústrias extrativa, os setores de eletricidade e gás, bem como o de serviços demonstram firmas com baixa ou muito baixa atividade de ecoinovação. Isso aponta que, em geral, há pouca iniciativa, por parte das firmas, na incorporação dos preceitos da Economia Verde - o que pode ser justificado pela estrutura industrial pouco homogênea, com atividades de média/baixa intensidade tecnológica. Reforça-se, portanto, a partir dos resultados do presente trabalho, que as firmas devem estar atentas às oportunidades de novos nichos de mercado e lacunas tecnológicas, bem como as exigências dos consumidores atuais, uma vez que o desenvolvimento econômico só é sustentável se for sustentável.

Como sugestões para próximas pesquisas, através de tabulação especial solicitada a IBGE, indica-se a análise dos aspectos regionais e espaciais das atividades econômicas e das variáveis utilizadas no estudo, dentro do âmbito das ecoinovações.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. da M. Capitalismo pós-www: uma discussão introdutória sobre uma nova fase na economia global. **Cadernos do Desenvolvimento**, v. 14, n. 24, p. 131-154, 2019.
- ANDERSEN, M. M. Eco-innovation–towards a taxonomy and a theory. In: **25th celebration DRUID conference**. 2008. p. 17-20.
- ANDRADE, D.C. Economia e meio ambiente: aspectos teóricos e metodológicos nas visões neoclássica e da economia ecológica. **Leituras de economia política**, v. 14, p. 1-31, 2008.
- Assessoria de Análise Econômica e Gestão de Riscos (ASA). A agenda ASG e o mercado de capitais: uma análise das iniciativas em andamento, desafios e oportunidades para futuras reflexões da CVM. Comissão de Valores Mobiliários. ASA, 2022. 96 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA TÊXTIL E DE CONFECÇÃO (ABIT). O poder da moda: cenários, desafios e perspectivas. Agenda de competitividade da indústria têxtil e de confecção brasileira 2015 a 2018. ABIT, 2015. 52 p.
- BARBIERI, Nicolò; GHISSETTI, Claudia; GILLI, Marianna; MARIN, Giovanni.; NICOLLI, Francesco. A survey of the literature on environmental innovation based on main path analysis. **Journal Economic Surveys**, v. 33, n. 3, p.596-623, 2016.
- BOSSLE, M. B. et al. The drivers for adoption of eco-innovation. **Journal of Cleaner production**, v. 113, p. 861-872, 2016.
- CARRILLO-HERMOSILLA, J.; GONZÁLEZ, P. R. del; KÖNNÖLÄ, T. What is eco-innovation?. In: **Eco-innovation**. Palgrave Macmillan, London, 2009. p. 6-27.
- CARVALHO, P. S. L. de et al. **Sustentabilidade socioambiental da mineração**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro,. n. 47, p. 333-389, mar, 2018.
- CAVALCANTI, C. Concepções da economia ecológica: suas relações com a economia dominante e a economia ambiental. **Estudos avançados**, v. 24, p. 53-67, 2010.
- CECHIN, A.; PACINI, H. Economia verde: por que o otimismo deve ser aliado ao ceticismo da razão. **Estudos avançados**, v. 26, p. 121-136, 2012.
- CECHIN, A.; VEIGA, J.E. O fundamento central da economia ecológica. **Economia do meio ambiente: teoria e prática**, v. 2, p. 33-48, 2010.
- CORIAT, B.; WEINSTEIN, O. **Entre neoclássicos y heterodoxos. Nuevas teorías de la empresa**. Lenguaje claro Editora, 2011.
- CORRAR, L. J. **Análise Multivariada para os cursos de Adm. Ciências Contábeis e Economia**. –1 ed. –São Paulo: Atlas, 2012.

CORRÊA, L.; CARIO, S. A. F. As transições entre paradigmas tecno-econômicos e as janelas de oportunidade: o emergente caso das energias renováveis. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 5., 2021, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte/MG: Abein e UFMG, 2021.

COSTA, E.; FERREZIN, N. B. ESG (Environmental, Social and Corporate Governance) e a comunicação: o tripé da sustentabilidade aplicado às organizações globalizadas. **Revista Alterjor**, v. 24, n. 2, p. 79-95, 2021.

DEL RÍO, P.; ROMERO-JORDÁN, D.; PEÑASCO, C. Analysing firm-specific and type-specific determinants of eco-innovation. **Technological and Economic Development of Economy**, v. 23, n. 2, p. 270-295, 2017.

DESHA, Cheryl; HARGROVES, Karlson Charlie. Informing engineering education for sustainable development using a deliberative dynamic model for curriculum renewal. In: **Proceedings of the 2011 Research in Engineering Education Symposium**. Universidad Politecnica de Madrid, 2011. p. 1-7.

DIAS, M.A. F. B. A. **Recursos naturais não renováveis: modelos de exploração ótima: o caso de uma pedreira de mármore em Vila Viçosa e sua recuperação paisagística**. 1995. Dissertação (Mestrado em Economia e Política da Energia e do Ambiente) – Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 1995.

DIAZ-GARCIA, C., GONZALES-MORENO, A., SAEZ-MARTINEZ, F.J. “Eco-innovation: insights from a literature review”, **Innovation, Management, Policy and Practice**. v. 17 n. 1, pp. 6-23, 2015.

DOSI, G. **Mudança técnica e transformação industrial**. Editora da Unicamp. Campinas, 2006.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE MINAS GERAIS (FIEMG). **Gestão Sustentável dos Negócios**. Belo Horizonte, MG, 2020.

FERREIRA, M. A.; SANTOS, E. C. dos; LIMA, J. E. de. Índice de avaliação ambiental: uma análise a partir de modelos estatísticos multivariados. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 26, p. 0177-190, 2016. Disponível em: [https://portaldaindustria-es.com.br/system/repositories/files/000/000/883/original/rota\\_ct\\_c.pdf?1606963626](https://portaldaindustria-es.com.br/system/repositories/files/000/000/883/original/rota_ct_c.pdf?1606963626)

FERREIRA, M. A.; SANTOS, E. C.; LIMA, J. E. Índice de avaliação ambiental: uma análise a partir de modelos estatísticos multivariados. **Revibec: revista de la Red Iberoamericana de Economía Ecológica**, v. 26, p. 0177-190, 2016.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DE SÃO PAULO; INSTITUTO DE TECNOLOGIA DE ALIMENTOS. **Brasil Food Trends 2020**. São Paulo, 2010.

FIGUEIREDO, P. N. **Gestão da inovação: conceitos, métricas e experiências de empresas no Brasil**. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

FREEMAN, C.; PEREZ, C. Structural crises of adjustment, business cycles and investment behaviour. **Technology, Organizations and Innovation: Theories, concepts and paradigms**, p. 38-66, 1988.

FURTADO, A. Difusão Tecnológica: um debate superado? In: (Org) PELAEZ, V; SZMRECSÁNYI, T. **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

HARGROVES, K.; SMITH, M. The Natural Advantage of Nations: Business Opportunities, Innovation and Governance in the 21st Century, **The Natural Edge Project**, London: Earthscan, 2005.

HELLER, C. Diversificação Tecnológica: a tecnologia como elemento de unidade do conceito de indústria, Revista IMES, S. B do Campo, 1991.

HENISZ, W.; KOLLER, T.; NUTTALL, R. **Five ways that ESG creates value**. McKinsey and Company. 2019 Disponível em: <[https://www.mckinsey.com/businessfunctions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/five-ways-that-esgcreates value](https://www.mckinsey.com/businessfunctions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/five-ways-that-esgcreates-value)>. Acesso em: agosto/2021.

HOFF, D. N.; AVELLAR, A. P.; ANDRADE, D.C. Eco-inovação nas empresas brasileiras: investigação empírica a partir da PINTEC. **Revista Iberoamericana de Economía Ecológica**, p. 73-87, 2016.

IBGE. **CONCLA**. Santa Maria, 2020. Disponível em:< <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html>>

IEA– INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. Energy Technology Perspectives. International Energy Agency, 2020. Disponível em: < <https://www.iea.org/reports/energy-technology-perspectives-2020>>

IEA– INTERNATIONAL ENERGY AGENCY. NetZero by 2050: A Roadmap for the Global Energy. International Energy Agency, 2020. Disponível em: < <https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Pesquisa industrial de inovação tecnológica 2017**. Rio de Janeiro, 2020.

KEMP, R.; PEARSON, P. **Final report MEI project about measuring eco-innovation**. United Nations University - Maastricht, v. 10, n. 2, 2007.

KOELLER, P.; MIRANDA, P.; LUSTOSA, M. C.; PODCAMENI, M. G. **EcoInovação: revisitando o conceito**. Rio de Janeiro: IPEA, 2020.

KRISHNAN, M; SAMANDARI, H.; WOETZEL, J.; SMIT, S; PACTHOD, D.; PINNER, D.; NAUCLER, T.; TAI, H.; DARR, A.; WU, W; IMPERATO, D. The Net Zero transition: What it would cost, what it could bring. **McKinsey Global Institute**,: 2022.



LACERDA, M. B.de. **Análise multivariada da inovação nos setores da indústria química nacional**. 2009. 371 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

LUSTOSA, M. C.J. Inovação e tecnologia para uma economia verde: questões fundamentais. **Política Ambiental**, v. 8, p. 111-122, 2011.

MACHADO, D. de Q.; MATOS; F. R. N.; OGASAVARA, M. H.; IPIRANGA, A. S. R. Caminhos e desafios de inovações e organizações rumo à sustentabilidade. **Amazônia, Organizações e Sustentabilidade**. v. 8, n.2, p. 181-197, jul/dez. 2019.

MATHEWS, J. A. The sixth technoeconomic paradigm. In: **35th DRUID Celebration Conference**. Barcelona: DRUID, v. 19.2013.

MATHEWS, John A. The renewable energies technology surge: A new techno-economic paradigm in the making?. **Futures**, v. 46, p. 10-22, 2013.

MATOS, A. K. V. Revolução verde, biotecnologia e tecnologias alternativas. **Cadernos da FUCAMP**, v. 10, n. 12, p. 1-17, 2011.

MAZZUCATO, Mariana. **O estado empreendedor: desmascarando o mito do setor público vs. setor privado**. Portfolio-Penguin, 2014.

MENDONÇA, A. T.B.B; CHEROBIM, A.P. M.; CUNHA, S. K. Sistemas setoriais de inovações sustentáveis: Categorias de análise, tipologias e classificações para análise. **Race: revista de administração, contabilidade e economia**, v. 13, n. 1, p. 305-328, 2014.

MESQUITA, P. P. D.; CARVALHO, P. S. L. de; OGANDO, L. D. **Desenvolvimento e inovação em mineração e metais**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 43 , p. 325-361, mar. 2016.

MINGOTI, S.A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.

MONTENEGRO, R. L.G. **Inovações ambientais e Sistemas Nacionais de Inovação: caracterizações para o período 1990-2010**. 2016. 2011 p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, 2016.

MOURA, M. S. **Eco-inovação no Brasil: uma análise a partir da PINTEC 2011**. 2016. 162 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, MG, 2016.

MUELLER, C. C. **Os economistas e as relações entre o sistema econômico e o meio ambiente**. Editora UnB, 2012.

PÉREZ, C. Revoluciones tecnológicas y paradigmas tecno-económicos. **Cambridge Journal of Economics**, v. 34, n. 1, p. 185-202, 2010.

PEREZ, C. Technological Revolutions and Techno-Economic Paradigms. **Cambridge Journal of Economics**, v.34, n.1, p. 185-202, 2010.

PNUMA. **Rumo à economia verde: caminhos para o desenvolvimento sustentável e a erradicação da pobreza**. Relatório. Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente, 2011. Disponível em: [unep.org/resources/report/rumo-uma-economia-verde-caminhos-para-o-desenvolvimento-sustentavel-e-erradicacao](http://unep.org/resources/report/rumo-uma-economia-verde-caminhos-para-o-desenvolvimento-sustentavel-e-erradicacao).

POLLIN, Robert. An industrial policy framework to advance a global green new deal. **The Oxford Handbook of Industrial Policy**, p. 394-428, 2020.

POSSAS, M. Em direção a um paradigma microdinâmico: a abordagem neo-schumpeteriana. In AMADEO, E. (org.) **Ensaio sobre a Economia Política Moderna: teoria e história do pensamento econômico**. São Paulo: Ed. Marco Zero, 1989.

QUEIROZ, J. M.; PODCAMENI, M. G. V. B. Estratégia inovativa das firmas brasileiras: convergência ou divergência com as questões ambientais? **Revista Brasileira de Inovação**, v. 13, n. 1, p. 187-224, 2014.

QUEIROZ, S. Aprendizado Tecnológico. In: (Org.) V. PELAEZ & T. SZMRECSÁNYI. **Economia da Inovação Tecnológica**. São Paulo: Editora Hucitec, 2006.

RABÊLO, O. da S.; MELO, A. S. S. A.; AZUAGA, F.L. As multidimensões da ecoinovação: evidências empíricas dos principais condutores nas indústrias brasileiras focados na rede de cooperação. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS CENTROS DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA, 43., 2015, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis: ANPEC, 2015.

RENNINGS, K. Towards a theory and policy of eco-innovation: neoclassical and (co-) evolutionary perspectives. **Discussion Paper**. Mannheim: Centre for European Economic Research, n. 98-24, 1998.

RODRIGUES, A. L.; VENTURA, R. A.; MONTENEGRO, R. L. Dinâmica e evolução da capacidade tecnológica ambiental dos países desenvolvidos e em desenvolvimento (1990-2015). In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 5., 2021, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte/MG: Abein e UFMG, 2021.

ROMEIRO, A. R. Economia ou economia política da sustentabilidade. **Economia do meio ambiente**. Rio de Janeiro: Elsevier, p. 1-29, 2001.

ROUSSENQ, S. C. **O estado da arte nos estudos sobre economia ecológica no Brasil**. 2020. Monografia – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2020.

ROVERE, R. L. L. Paradigmas e trajetórias tecnológicas. In: (Org.) PELAEZ, V. E SZMRECSÁNYI, T. **Economia da Inovação Tecnológica**, Ed. Hucitec, SP, 2006.

ROVIRA, S.; PATIÑO, J. A.; SCHAPER, M. Ecoinnovación y producción verde: una revisión sobre las políticas de América Latina y el Caribe. **Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)**, 2017. Disponível em: <[https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40968/S1700072\\_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40968/S1700072_es.pdf?sequence=1&isAllowed=y)>.

SACHS, I. **Caminhos para o desenvolvimento sustentável**. Editora Garamond, 2000.

SCARPELLI, M. C.; JUNIOR, S. K. Mensuração e avaliação de indicadores de inovação. In: **Gestão da Inovação e Empreendedorismo**. Elsevier Editora Ltda., 2013. p. 335-364.

SCHUMPETER, J. A. **A Teoria do Desenvolvimento Econômico**: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e o ciclo econômico. São Paulo: Nova Cultural, 1997.

SCHUMPETER, J. A. **Capitalismo, socialismo e democracia**. Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961.

SCHUMPETER, J. A. et al. **Business cycles**. New York: Mcgraw-hill, 1939.

SILVA, E. R. A. **Agenda 2030: metas nacionais dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Brasília: Ipea, 2019.

SILVA, G; DI SERIO, L.C. A sexta onda da inovação: estamos preparados? In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON PROJECT MANAGEMENT, INNOVATION AND SUSTAINABILITY, 4., 2015, São Paulo. **Anais...**São Paulo: SINGEP, 2015.

SOARES, L. R. **Crescimento econômico e desacoplamento do uso de recursos naturais e de impactos ambientais: evidências para o Brasil**. 2015. 139 p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, SP, 2015.

SPEROTTO, F. Q.; TARTARUGA, I. G. P. O lado verde da indústria brasileira: o que revelam os drivers e os impactos das ecoinovações?. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA INDUSTRIAL E INOVAÇÃO, 5., 2021, Belo Horizonte/MG. **Anais...** Belo Horizonte/MG: Abein e UFMG, 2021.

STEFANO, N. M.; LAUX, R. O. Sustentabilidade empresarial por meio do sistema de gestão integrada (SGI). **Sustainable Business International Journal**, n. 70, 2017.

TAVARES, F. B. **Política energética em um contexto de transição: a construção de um regime de baixo carbono**. 2019. 216 p. Tese (Doutorado em Economia) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2019.

TIGRE, P. B. **Gestão da inovação**: a economia da tecnologia no Brasil. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013.

UNITED NATIONS (UN). **The Sustainable Development Goals**, 2018. Disponível em: <https://sdgs.un.org/goals>. Acesso em: 17 fev. 2022.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Towards a Green Economy**: Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication. Brasil: 2011. Disponível em: [www.unep.org/greeneconomy](http://www.unep.org/greeneconomy). Acesso em: 6 maio 2021

VAN DEN BERGH, J. C. J. M. Themes, approaches, and differences with environmental economics. *Regional Environmental Change*. **Tinbergen Institute**. v. 3, n. 1, p. 13-23, 2001

VIOTTI, E.B. Fundamentos e Evolução dos Indicadores de CT&I In VIOTTI, E. B. & MACEDO, M.M (Org.) **Indicadores de Ciências Tecnologia e Inovação no Brasil**, Ed. Unicamp, 2003.

ZONATTI, W. F. et al. Reciclagem de resíduos do setor têxtil e confeccionista no Brasil: panorama e ações relacionadas. **Sustentabilidade em Debate**, p. 50-69, 2010.

**APÊNDICE I – ATIVIDADES ECONÔMICAS DA INDÚSTRIA BRASILEIRA  
CONTIDAS NA PINTEC 2017, DE ACORDO COM A CNAE 2.0.**

<b>5; 6; 7; 8; 9</b>	<b>Indústria Extrativa</b>
	<b>Indústria de Transformação</b>
10	Fabricação de produtos alimentícios
11	Fabricação de bebidas
12	Fabricação de produtos do fumo
13	Fabricação de produtos têxteis
14	Confecção de artigos do vestuário e acessórios
15	Preparação de couros e fabricação de artefatos de couro, artigos para viagem e calçados;
16	Fabricação de produtos de madeira
17.1	Fabricação de celulose e outras pastas
17.2; 17.3; 17.4	Fabricação de papel, embalagens e artefatos de papel
18	Impressão e reprodução de gravações
19	Fabricação de coque e biocombustíveis
19.2	Refino de petróleo
20.1	Fabricação de produtos químicos inorgânicos
20.2	Fabricação de produtos químicos orgânicos
20.3	Fabricação de resinas e elastômeros
20.4; 20.5	Fibras artificiais e sintéticas, defensivos agrícolas e desinfetantes domissanitários
20.6	Fabricação de sabões, detergentes, produtos de limpeza, cosméticos, produtos de perfumaria de higiene pessoal
20.7	Fabricação de tintas, vernizes, esmaltes, lacas e produtos afins e de produtos diversos;
21.1	Fabricação de produtos farmoquímicos
21.2	Fabricação de produtos farmacêuticos
22	Fabricação de artigos de borracha e plástico
23	Fabricação de produtos de minerais não-metálicos
24.1; 24.2; 24.3	Produtos siderúrgicos
24.4; 24.5	Metalurgia de metais não-ferrosos e fundição
25	Fabricação de produtos de metal
26.1	Fabricação de componentes eletrônicos
26.2	Fabricação de equipamentos de informática e periféricos
26.3; 26.4	Fabricação de equipamentos de comunicação
26.6	Fabricação de aparelhos eletromédicos e eletro terapêuticos e equipamentos de irradiação
26.5; 26.7; 26.8	Fabricação de outros produtos eletrônicos e ópticos
27.1; 27.3	Fabricação de geradores, transformadores e equipamentos para distribuição de energia elétrica
27.5	Fabricação de eletrodomésticos
27.2; 27.4; 27.9	Fabricação de pilhas, lâmpadas e outros aparelhos elétricos
28.1	Motores, bombas, compressores e equipamentos de transmissão
28.3	Máquinas e equipamentos para agropecuária
28.5	Máquinas para extração e construção
28.2; 28.4; 28.6	Outras máquinas e equipamentos
29.1; 29.2	Fabricação de automóveis, camionetas e utilitários, caminhões e ônibus
29.3; 29.5	Fabricação de cabines, carrocerias, reboques e recondicionamento de motores
29.4	Fabricação de peças e acessórios para veículos
30	Fabricação de outros equipamentos de transporte
31	Fabricação de móveis
32.5	Fabricação de instrumentos e materiais para uso médico e odontológico e de art.

	Ópticos
32.1; 32.2; 32.3; 34.4; 32.9	Outros produtos diversos
33	Manutenção, reparação e instalação de máquinas e equipamentos
35	<b>Eletricidade e gás</b>
	<b>Serviços selecionados</b>
58; 59.2	Edição e gravação e edição de música
61	Telecomunicações
62.01	Desenvolvimento de software sob encomenda
62.02	Desenvolvimento de software customizável
62.03	Desenvolvimento de software não customizável
62.04; 62.09	Outros serviços de tecnologia da informação
63.1	Tratamento de dados, hospedagem na internet e outras atividades relacionadas
71	Serviços de arquitetura e engenharia, testes e análises técnicas
72	Pesquisa e desenvolvimento

Fonte: Elaboração própria com base na tabela disponibilizada pela PINTEC 2017.