

Economia circular no Polo Industrial de Manaus

Circular economy in the Manaus Industrial Hub

Economía circular en el Polo Industrial de Manaus

Thiago Azevedo Conte de Melo¹

Marcelo Albuquerque de Oliveira²

Sara Raquel Gomes de Sousa²

Ocileide Custódio da Silva²

Recebido em: 02/05/2024; revisado e aprovado em: 09/12/2024; aceito em: 30/04/2025

DOI: <https://dx.doi.org/10.20435/inter.v26i1.4490>

Resumo: O presente estudo visa investigar as políticas públicas de economia circular implementadas em diversos países e sua aplicabilidade no Polo Industrial de Manaus (PIM). Utilizando uma abordagem metodológica que combina revisão bibliográfica e aplicação de questionários, o objetivo é compreender as políticas adotadas e as práticas das empresas instaladas no PIM. A amostra, composta por 153 empresas, revelou que a maioria implementa gestão de resíduos (66,20%) e utiliza fontes de energia renovável (25,5%). No entanto, foram identificadas barreiras significativas, como falta de recursos econômicos e escassez de mão de obra qualificada. Adicionalmente, muitas empresas não utilizam novas tecnologias e não realizam a substituição de tecnologias tradicionais por verdes. Os resultados indicam a necessidade de políticas públicas que incentivem a adoção de práticas circulares e abordem as barreiras econômicas e tecnológicas enfrentadas pelas empresas do PIM. Este estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre economia circular e o desenvolvimento de estratégias que promovam a sustentabilidade e competitividade das empresas na região.

Palavras-chave: Economia Circular; Polo Industrial de Manaus; Suframa; Desenvolvimento regional.

Abstract: The present study aims to investigate public policies on circular economy implemented in various countries and their applicability in the Manaus Industrial Pole (PIM). Using a methodological approach that combines literature review and questionnaire application, the objective is to understand the policies adopted and the practices of companies located in the PIM. The sample, composed of 153 companies, revealed that the majority implement waste management (66.20%) and use renewable energy sources (25.5%). However, significant barriers were identified, such as a lack of economic resources and a shortage of qualified workforce. Additionally, many companies do not use new technologies and do not replace traditional technologies with green ones. The results indicate the need for public policies that incentivize the adoption of circular practices and address the economic and technological barriers faced by PIM companies. This study contributes to advancing knowledge about circular economy and developing strategies that promote sustainability and competitiveness of companies in the region.

Keywords: Circular Economy; Manaus Industrial Hub; Suframa; Regional Development.

Resumen: El presente estudio tiene como objetivo investigar las políticas públicas de economía circular implementadas en varios países y su aplicabilidad en el Polo Industrial de Manaus (PIM). Utilizando un enfoque metodológico que combina revisión de literatura y aplicación de cuestionarios, el objetivo es comprender las políticas adoptadas y las prácticas de las empresas ubicadas en el PIM. La muestra, compuesta por 153 empresas, reveló que la mayoría implementa gestión de residuos (66,20%) y utiliza fuentes de energía renovable (25,5%). Sin embargo, se identificaron barreras significativas, como la falta de recursos económicos y la escasez de mano de obra calificada. Además, muchas empresas no utilizan nuevas tecnologías y no sustituyen las tecnologías tradicionales por las verdes. Los resultados indican la necesidad de políticas públicas que incentiven la adopción de prácticas circulares y aborden las barreras económicas y tecnológicas que enfrentan las empresas del PIM. Este estudio contribuye al avance del conocimiento sobre la economía circular y al desarrollo de estrategias que promueven la sostenibilidad y competitividad de las empresas en la región.

Palabras clave: Economía Circular; Polo Industrial de Manaus; Suframa; Desarrollo Regional.

¹ Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa), Manaus, Amazonas, Brasil.

² Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Manaus, Amazonas, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A economia circular emerge como uma abordagem fundamental para enfrentar os desafios contemporâneos de sustentabilidade, promovendo a eficiência no uso de recursos, a redução de resíduos e a promoção do crescimento econômico sustentável (Ellen MacArthur Foundation, 2017). No contexto industrial, a implementação de políticas públicas é crucial para impulsionar a transição em direção a modelos de negócios circulares.

Nesse cenário, a região do Polo Industrial de Manaus (PIM) se destaca como um importante polo industrial no Brasil, com relevância significativa para a economia nacional. No entanto, para garantir sua sustentabilidade a longo prazo, é essencial promover a adoção de práticas circulares pelas empresas instaladas no PIM.

Este estudo se propõe a investigar as políticas públicas de economia circular implementadas em diversos países e sua aplicabilidade no contexto do PIM. Por meio de uma abordagem metodológica que combina revisão bibliográfica e aplicação de questionários, busca-se compreender as políticas adotadas e as práticas das empresas, visando desenvolver diretrizes e modelos que promovam a circularidade e a sustentabilidade na região.

Dessa forma, este estudo busca contribuir para o avanço do conhecimento sobre economia circular e para o desenvolvimento de estratégias que promovam a sustentabilidade e a competitividade das empresas no contexto do PIM, alinhadas aos princípios da economia circular na análise dos resultados do questionário aplicado.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O desenvolvimento sustentável, conceito introduzido na década de 1970, propõe um modelo de crescimento econômico que considera não apenas o progresso material, mas também a preservação dos recursos naturais e a equidade social. A expressão “sustentabilidade” surgiu nesse contexto, com raízes na ideia de que a geração atual deve ser capaz de atender as suas necessidades sem comprometer a capacidade das gerações futuras de fazer o mesmo (Kidd, 1992; Shrivastava; Hart, 1994). Esta abordagem reconhece a interdependência entre o bem-estar humano, a saúde ambiental e a estabilidade econômica, destacando a necessidade de abordagens integradas para enfrentar desafios globais (Barbosa; Drach; Corbella, 2014).

Para alcançar o desenvolvimento sustentável, é essencial considerar suas dimensões: ambiental, social e econômica. Estas devem ser abordadas de forma integrada para garantir resultados eficazes (Adams, 2006). Embora os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU), estabelecidos em 2016, forneçam um roteiro para a ação global em direção à sustentabilidade, sua implementação requer esforços coordenados em nível local, nacional e internacional (Hassini; Surti; Searcy, 2012; Zhong *et al.*, 2017).

A adoção de modelos de negócios sustentáveis é fundamental para alcançar esses objetivos, com ênfase na eficiência de recursos, inovação e responsabilidade social corporativa (Man; Strandhagen, 2017). Nesse contexto, a economia circular emerge como uma abordagem estratégica para a implementação do desenvolvimento sustentável. Ela promove a minimização do desperdício, a reutilização de materiais e a regeneração de recursos naturais (Ghisellini; Cialani; Ulgiati, 2016).

Ao contrário do modelo econômico linear tradicional, baseado na produção, no consumo e no descarte, a economia circular propõe um ciclo contínuo de produção, uso e reciclagem de

materiais, visando criar valor econômico e reduzir os impactos ambientais (Kirchherr; Reike; Hekkert, 2017). A transição para uma economia circular requer uma combinação de políticas públicas eficazes e ações da indústria para promover a inovação e a colaboração em toda a cadeia de valor (Lieder; Rashid, 2016).

No contexto específico de Manaus, políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos sólidos desempenham um papel crucial na promoção da sustentabilidade ambiental e na proteção da saúde pública (Lima, 2012; Miranda Sobrinho *et al.*, 2020). Além disso, é importante reconhecer que a implementação efetiva de políticas de sustentabilidade requer uma abordagem holística, considerando não apenas os aspectos ambientais, mas também os econômicos e sociais. A colaboração entre diferentes setores da sociedade, incluindo governos, empresas, sociedade civil e academia, é essencial para enfrentar os desafios complexos associados ao desenvolvimento sustentável (Dantas *et al.*, 2021).

Assim, o desenvolvimento sustentável, os ODS da ONU e a economia circular são conceitos interconectados que oferecem um quadro abrangente para abordar os desafios socioambientais contemporâneos. Sua implementação bem-sucedida requer a colaboração de múltiplos atores e a adoção de estratégias integradas que considerem o tripé da sustentabilidade, com suas dimensões ambientais, sociais e econômicas. Através dessas abordagens, é possível promover a mudança rumo a um futuro ambientalmente amigável e equitativo para as gerações presentes e futuras.

3 METODOLOGIA

A pesquisa segue uma abordagem metodológica formal, baseada nos princípios delineados por Lakatos e Marconi (2017) e Gil (2008), que enfatizam a necessidade de um tratamento científico para a compreensão e solução de problemas. Para isso, são adotados procedimentos sistemáticos e técnicas reflexivas.

Quanto à natureza da pesquisa, esta adota uma abordagem dedutiva, com procedimento descritivo e exploratório, visando à familiarização com o problema e à identificação de relações entre variáveis, características típicas de uma investigação exploratória. No que diz respeito aos meios, são utilizadas técnicas bibliográficas e dados diretos disponíveis em bases governamentais e empresariais do PIM (Lakatos; Marconi, 2017).

A coleta de dados é realizada por meio de pesquisa documental para analisar políticas públicas e questionários aplicados às empresas do PIM. A técnica de revisão sistemática da literatura é empregada para identificar e analisar estudos relevantes sobre políticas de economia circular. Posteriormente à coleta de dados, estes são organizados e tabulados utilizando o Microsoft Excel. Em seguida, são comparados e analisados para ampliar as categorizações e compreender as políticas públicas em economia circular no período estudado.

Essa abordagem metodológica visa proporcionar uma compreensão abrangente das políticas de economia circular e das práticas das empresas no PIM, contribuindo para o desenvolvimento de diretrizes e modelos que promovam a sustentabilidade e a circularidade na região.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As pesquisas de Melo *et al.* (2022) permitiram verificar que o levantamento de políticas públicas a serem aplicadas pode auxiliar o desenvolvimento sustentável e circular de uma região. Para dar continuidade a esta análise, o presente trabalho utilizou-se de um questionário baseado

nos estudos de Brennan, Tennant e Blomsma (2015) para avaliar fatores que podem influenciar a Economia Circular (EC). Com isso, foi possível fazer um resumo que envolve estratégias de produtos, métodos e implicações do modelo de negócios de EC, além de conceitos criticamente revisados em International Reference Centre for the Life Cycle of Products, Processes and Services (Ciraig, 2015), que apresentou uma visão geral dos obstáculos, nicho de *graus*, *mainstreaming* de *graus* e barreiras para uma implementação de uma EC. Entre os tipos de barreiras para a implementação se destacam aquelas levantadas por Ghisellini e Ulgiati (2020), conforme adaptado na Tabela 1:

Tabela 1 – Tipos de barreiras para a implementação da EC

| Tipos de barreiras | Descrição |
|--------------------|--|
| Legislativa | Quadro legislativo inadequado e incompleto que potencializa a reutilização/reciclagem de materiais e a substituição de matérias-primas por matérias-primas secundárias; Falta de coordenação entre as políticas ambientais implementadas nos diferentes níveis: regional, provincial e municipal; Falta de incentivos para estimular o consumo de materiais e produtos reciclados. |
| Econômica | Baixo índice de investimentos em atividades de pesquisa e desenvolvimento; Estrutura industrial composta principalmente por pequenas empresas familiares. |
| Mercado | Competitividade entre o preço baixo da matéria-prima virgem e o preço mais alto das matérias-primas secundárias derivadas da reciclagem de materiais residuais. |
| Financeira | Falta de disponibilidade de risco de capital; Falta de ferramentas adequadas para investimentos em projetos da EC; Falta de acesso ao crédito para o financiamento de pesquisas emecoinovação. |
| Networking | Ausência de plataformas que possibilitem o reaproveitamento de resíduos ao longo de vários ciclos e setores. |
| Tecnológica | Desenvolvimento de novas tecnologias avançadas para a reutilização de materiais residuais e subprodutos. |
| Cultural | Falta de atenção às estratégias de prevenção de resíduos (design, produção sustentável e consumo, simbiose industrial e urbana) do lado da produção e do consumo no debate social e industrial. |

Fonte: Adaptado de Ghisellini e Ulgiati (2020).

A estruturação do questionário seguiu o processo de resolução de problemas da McKinsey & Company (2016), denominado ReSOLVE, que utiliza os princípios fundamentais de circularidade e os aplica a seis ações: *Regenerate*, *Share*, *Optimise*, *Loop*, *Virtualise* e *Exchange* (Regenerar, Compartilhar, Otimizar, Reaproveitar, Virtualizar e Trocar). Assim, cada categoria analítica tem perguntas com o objetivo de verificar se as empresas do PIM, analisadas nesta pesquisa, têm capacidade para alcançar qual “R” do *Framework* 9R. Esse modelo promove a economia circular, oferecendo nove estratégias para reduzir, reutilizar e reciclar materiais e produtos, buscando minimizar o impacto ambiental. Se hierarquicamente organizadas, tais estratégias incentivam a redução do consumo de recursos e a maximização da vida útil dos produtos.

As nove estratégias do *Framework* 9R são: 1. Recusar (*Refuse*), que procura evitar o uso de produtos ou materiais desnecessários, principalmente aqueles com alto impacto ambiental; 2. Repensar (*Rethink*), que reavalia os processos e produtos, buscando soluções mais eficientes e sustentáveis; 3. Reduzir (*Reduce*), que objetiva diminuir a quantidade de materiais utilizados na produção e consumo, explorando a minimização do desperdício; 4. Reutilizar (*Reuse*), que

renova produtos e materiais, prolongando sua vida útil e evitando o descarte; 5. Reparar (*Repair*), que promove o conserto de produtos danificados, evitando a compra de novos itens; 6. Renovar (*Refurbish*), que restaura produtos para suas condições originais, incrementando sua vida útil e valor; 7. Remanufaturar (*Remanufacture*), que incentiva a fabricação de novos produtos a partir de componentes de produtos usados, economizando recursos e energia; 8. Reaproveitar (*Repurpose*); que utiliza produtos ou materiais para fins diferentes daqueles para os quais foram originalmente projetados; e 9. Reciclar (*Recycle*), que transforma materiais descartados em novos produtos, fechando o ciclo da economia circular. Portanto, o Framework 9R objetiva promover a transição de uma economia linear (produzir, usar, descartar) para uma economia circular, que enfatize a utilização mais eficiente e sustentável dos recursos e minimize os impactos ambientais (Muñoz; Hosseini; Crawford, 2024).

Por conseguinte, o procedimento utilizado nesta pesquisa se baseou na publicação da Ellen MacArthur Foundation (EMF, 2015), que oferece uma metodologia detalhada para explorar e priorizar oportunidades de EC, verificar se já existem ações de economia circular no PIM, identificar as barreiras que limitam essas oportunidades e mapear e priorizar as intervenções políticas para superar essas barreiras.

As perguntas da categoria analítica “Regenerar” buscam detectar se os participantes da pesquisa conseguem realizar mudanças em prol do uso de energia e materiais renováveis em seus processos produtivos. E, se é possível, recuperar, reter e restaurar a saúde dos ecossistemas, além de retornar recursos biológicos recuperados para a biosfera.

A categoria “Compartilhar” tem como objetivo identificar se as empresas do PIM compartilham ativos como carros, máquinas e eletrodomésticos; se reutilizam insumos em seus processos ou utilizam itens de segunda mão; e se conseguem prolongar a vida útil dos produtos por meio de manutenção, design para durabilidade, atualização etc.

A categoria “Otimizar” busca detectar no PIM se há aumento no desempenho ou eficiência do produto fabricado; se há redução de resíduos na produção e fornecimento; e se isso promove o uso de novas tecnologias, tais como *big data*, automação ou sensoriamento remoto.

A quarta categoria, denominada “Reaproveitar”, pretende verificar se há reciclagem de materiais nos processos; se produtos ou componentes são remanufaturados; e se há extração de produtos bioquímicos de resíduos orgânicos. Ou seja, se a empresa busca recuperar produtos, componentes e/ou resíduos para criar oportunidades econômicas.

Na quinta categoria, chamada “Virtualizar”, almeja-se saber se as empresas estão desmaterializando seus livros contábeis, CDs, DVDs e planilhas de controles impressas; e se há virtualização no comando de algum processo produtivo.

Na última categoria, denominada “Trocar”, as perguntas do questionário buscam detectar a quantidade de empresas que realizam a substituição de tecnologias tradicionais por materiais e processos verdes; se já aplicam novas tecnologia (por exemplo, impressão 3D); e se tem abertura para a escolha de novos produtos e serviços, tal como transporte modal, por exemplo.

Com as respostas do questionário, espera-se compreender o ponto de partida do PIM, antes de se decidir quais caminhos trilhar. Tornando possível a avaliação do nível de circularidade, com ampla compreensão do panorama das políticas existentes relacionadas à economia circular, produtividade de recursos, atividades circulares e geração de resíduos.

Quanto às perguntas do questionário, a seção 1 pretende mapear as práticas de organização e gestão da sustentabilidade e a percepção da economia circular das empresas do PIM. O

estudo se insere num projeto que visa definir em quais níveis de sustentabilidade as empresas se encontram e identificar os fatores determinantes para alcançar níveis superiores, para fins de política pública.

A seção 2 busca reunir informações gerais das empresas, enquanto a seção 3 objetiva mapear suas práticas de sustentabilidade no processo produtivo. Por fim, a seção 4 trata das percepções de economia circular.

O questionário foi elaborado e enviado à validação no início de fevereiro de 2022, para averiguar se os usuários entenderiam a proposta do questionário. No geral, as pessoas compreenderam que o objetivo do questionário era de mapear as práticas de organização e gestão da sustentabilidade e a percepção da economia circular das empresas do PIM.

Após a validação e a correção, o questionário foi enviado para o endereço eletrônico de 502 destinatários no dia 21/02/2022. O recebimento de respostas foi encerrado no dia 27/03/2022, com 157 respostas. As empresas que responderam pertencem aos setores identificados na Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Quantidade de respostas do questionário

| Setor | População Industrial | Proporção Setor/População | Nº Mínimo Amostra/Setor | Nº Total de Respostas |
|------------------------------|----------------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| Bebidas | 11 | 2,17% | 3 | 3 |
| Brinquedos/couros/similares | 8 | 1,57% | 2 | 2 |
| Diversos | 20 | 3,94% | 6 | 6 |
| Duas rodas | 23 | 4,53% | 7 | 8 |
| Editorial e gráfico | 6 | 1,18% | 2 | 2 |
| Eletroeletrônico | 102 | 20,08% | 31 | 31 |
| Embalagem | 54 | 10,63% | 16 | 16 |
| Energia/combustível | 6 | 1,18% | 2 | 2 |
| Isqueiros/caneta/madeireiro | 8 | 1,57% | 2 | 2 |
| Material de limpeza e velas | 14 | 2,76% | 4 | 4 |
| Mecânico | 29 | 5,71% | 9 | 9 |
| Metalúrgico | 40 | 7,87% | 12 | 14 |
| Mineral não metálico/relógio | 8 | 1,57% | 2 | 2 |
| Mobiliário | 19 | 3,74% | 6 | 6 |
| Papel e papelão | 27 | 5,31% | 8 | 8 |
| Produtos alimentícios | 48 | 9,45% | 14 | 16 |
| Químico | 15 | 2,95% | 5 | 5 |
| Reciclagem | 10 | 1,97% | 3 | 3 |
| Termoplástico | 39 | 7,68% | 12 | 12 |
| Têxtil | 21 | 4,13% | 6 | 6 |
| Total | 508 | 100% | 153 | 157 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A quantidade de amostras alcançadas por setor foi determinada segundo a metodologia de Levine, Berenson e Stephan (2000), cujo cálculo do tamanho da amostra resultou no número mínimo de 153 empresas. Esta quantidade mínima permite que os resultados obtidos possam ser expandidos para a população, como um todo, com um índice de confiança de 95%.

A seção 2 do questionário teve por objetivo coletar dados de quem o preencheu – por exemplo: qual era cargo da pessoa, se tinha especialidade em alguma área de sustentabilidade

e há quantos anos trabalhava na organização, além de entender e mapear a atividade principal da empresa, qual era o número de colaboradores, se havia um departamento dedicado à área de sustentabilidade ou afins, se a gestão ambiental era vista como um fator estratégico e se o conceito de EC era de conhecimento da alta gestão.

O cargo mais comum de quem preencheu o questionário foi o de engenheiro (33 pessoas), que representou 21,02% do total; seguido por 18 procuradores/representantes, que correspondeu por 11,46%. O terceiro cargo mais declarado foi o de gerente, com uma participação de 10,83%; seguido por 16 supervisores (10,19%); 14 auxiliares (8,92%) e 13 sócios/proprietários (8,28%). Três ocupações (técnicos, analistas e administradores) tiveram a mesma quantidade de declarantes (8), correspondendo a 5,10% cada. A porcentagem restante foi distribuída entre diretores, químicos, farmacêuticos e cargos que apareceram somente uma vez. A Figura 1 apresenta o percentual de recursos humanos entrevistados que são qualificados ou não, com especialização em alguma área de sustentabilidade:

Figura 1 – Recursos humanos com especialização em alguma área de sustentabilidade.

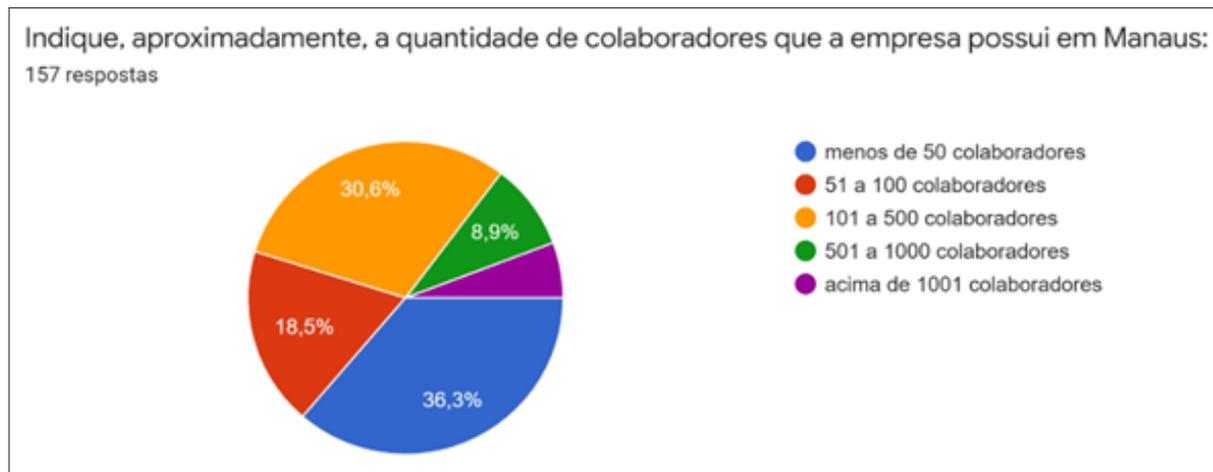


Fonte: Autores (2025).

De acordo com o que se observa na Figura 1, 61% das pessoas que responderam ao questionário afirmaram que não possuem especialização em alguma área de sustentabilidade, porcentagem que corresponde a 96 de 157 respostas. Em paralelo, apenas 39% dos respondentes, ou seja, 61 de 157, afirmaram ter especialização em alguma área de sustentabilidade. Dentre as especializações de interesse nesta pesquisa, as mais recorrentes foram: gestão sustentável, engenharia ambiental e áreas de análise ambiental e de gestão ambiental (em qualquer área).

Após essas questões de cunho individual, perguntou-se sobre o setor de atividade das empresas respondentes, cuja quantidade está na Tabela 2, e o número de colaboradores, conforme pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 – Quantidade de colaboradores



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com as informações apresentadas pelo gráfico, nota-se que 54,8% das indústrias do PIM que responderam a esta pesquisa possuem até 100 colaboradores. O que pode levar a percepção de que há uma barreira econômica para a implementação da EC, pois são empresas de pequeno porte.

Após investigar o número de colaboradores que cada empresa, foi indagado se a empresa tinha departamentos, setores ou seções dedicados a assuntos de sustentabilidade, gestão ambiental, resíduos, EC ou afins. Na ocasião, 53,5% responderam sim e 46,5% responderam não. As empresas que afirmaram ter áreas dedicadas à sustentabilidade foram dos ramos de eletroeletrônicos, embalagens e duas rodas.

Das empresas que responderam sim, 31 delas afirmaram que menos de 10 pessoas trabalhavam nos departamentos voltados a assuntos de sustentabilidade; 27 responderam que tinham de 11 a 30 colaboradores; 7 tinham de 31 a 50 colaboradores; e 8 tinham mais de 50 pessoas trabalhando nesta área. Por fim, nesta seção, foi perguntado se a gestão ambiental é vista como um fator estratégico dentro da empresa e se o conceito de EC é de conhecimento da alta gestão.

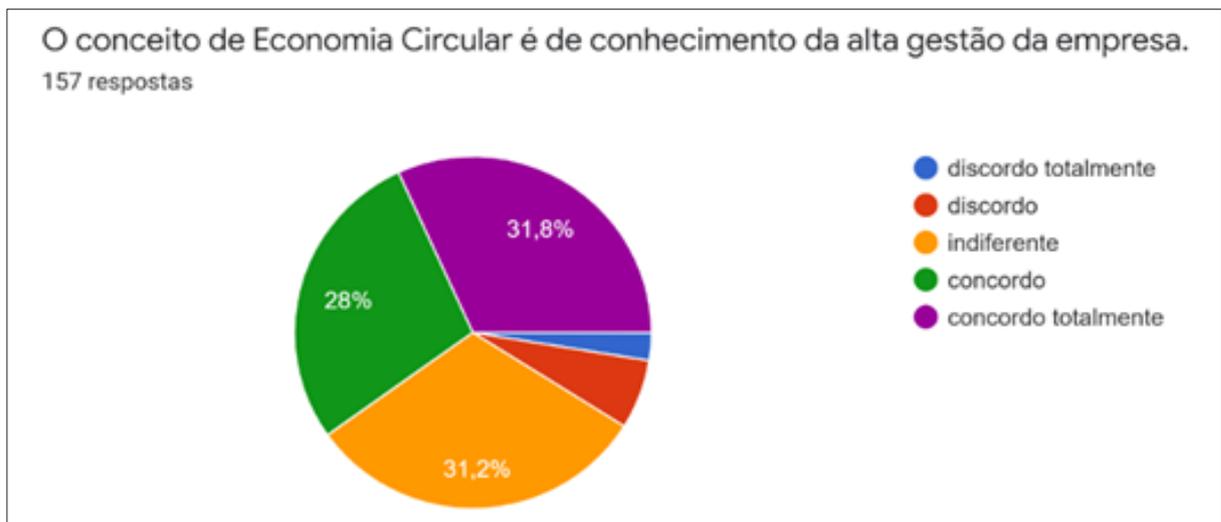
A percepção da empresa sobre a gestão ambiental é apresentada na Figura 3. Onde observa-se que cerca de 73,2% das pessoas que responderam a esta pesquisa tem a percepção de que concordam/concordam totalmente que a gestão ambiental é vista como um fator estratégico dentro da empresa. No que se refere ao tema da EC, especificamente, as respostas obtidas estão seguem expostas na Figura 4.

Figura 3 – Percepção da gestão ambiental no PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Figura 4 – Percepção da EC nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com os dados obtidos, em relação à implementação da EC, as características das indústrias do PIM analisadas até março de 2022 são: a maioria das pessoas que responderam ao questionário não possuem especialização em alguma área de sustentabilidade ou afins (96 respostas); 54,8% das indústrias do PIM são de até 100 colaboradores (86 respostas); 53,5% responderam que não tinham departamento/setor/seção dedicado a assuntos de sustentabilidade, gestão ambiental, resíduos, economia circular ou afins (84 respostas); 73,2% das pessoas que responderam têm a percepção de que concordam/concordam totalmente que a gestão ambiental é vista como um fator estratégico dentro da empresa (115 respostas); e 59,8% concordam/concordam totalmente que o conceito de EC é de conhecimento da alta gestão da empresa (94 respostas).

As barreiras encontradas para a implementação da EC foram a econômica, pois o PIM é composto principalmente por pequenas empresas. A análise desses resultados mostra que

sua tendência pode ser corroborada pelos estudos de Ghisellini e Ulgiati (2020), conforme apresentado na Tabela 1.

A seção 3 do questionário enviado às empresas do PIM buscou a obtenção de dados, baseando-se na estrutura ReSOLVE (McKinsey & Company, 2016) para mapear o estágio das iniciativas de sustentabilidade das empresas do PIM no início de 2022. Primeiramente, investigou-se se havia gestão de resíduos na empresa, questão relacionada ao “R” (Regenerar) e ao “O” (Otimizar). A Figura 5 representa o número de empresas que afirmaram contar com ações de gestão de resíduos.

Figura 5 – Gestão de resíduos nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Segundo estes resultados, das 157 indústrias que responderam ao questionário, 104 (66,2%) declararam que tinham gestão de resíduos na própria empresa e 53 (33,8%) responderam que não tinham. Assim, é possível afirmar que a maioria das empresas analisadas realizam gestão de resíduos. No estudo de Miranda Sobrinho *et al.* (2020), realizado antes da pandemia de Covid-19; 33,1% das empresas do PIM não dispunham de uma unidade de destinação final de resíduos, número próximo do que foi encontrado na presente pesquisa.

Todas as empresas que se declararam dos setores de duas rodas, energia/combustível, isqueiros/caneta/madeireiro, mineral não metálico/relógio e reciclagem afirmaram que tinham gestão de resíduos. Além desses, também afirmaram ter gestão de resíduos 80% das empresas do setor químico; 77,42% do eletroeletrônico; 75% de papel e papelão; 75% do termoplástico (75,00) e 68,75% do setor de embalagem.

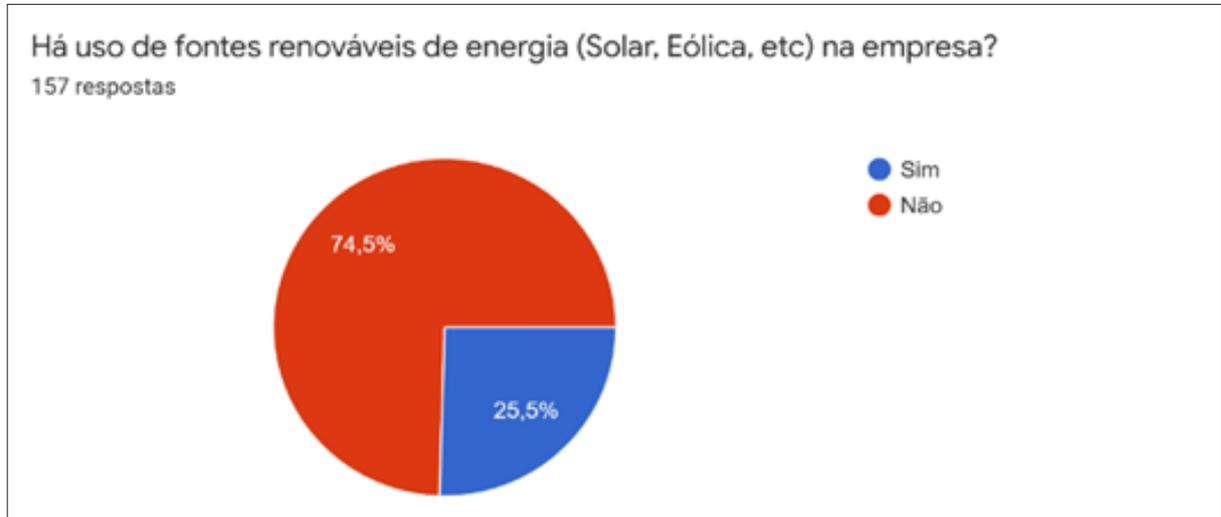
Metade das empresas dos setores de brinquedos/couros/similares, diversos, material de limpeza e velas, além do setor metalúrgico, afirmaram que tinham gestão de resíduos. Em contrapartida, nenhuma empresa do setor editorial e gráfico afirmou que tinha gestão de resíduos.

Por conseguinte, foi realizada uma pergunta que não era obrigatória, na qual solicitou-se que as empresas falassem quais resíduos estavam sendo geridos. Foram obtidas 114 respostas, onde os tipos de resíduos mais comuns que elas tratavam eram: plástico (54 respostas), metais (43 respostas), borracha (20 respostas), papel (19 respostas), papelão (15 respostas) e madeira

(11 respostas). Além disso, das 53 empresas que responderam negativamente à pergunta anterior, 20 delas informaram que terceirizavam a gestão de resíduos.

A Figura 6 apresenta as respostas em relação ao uso de fontes renováveis de energia, questão baseada no “R” (Regenerar) da estrutura ReSOLVE.

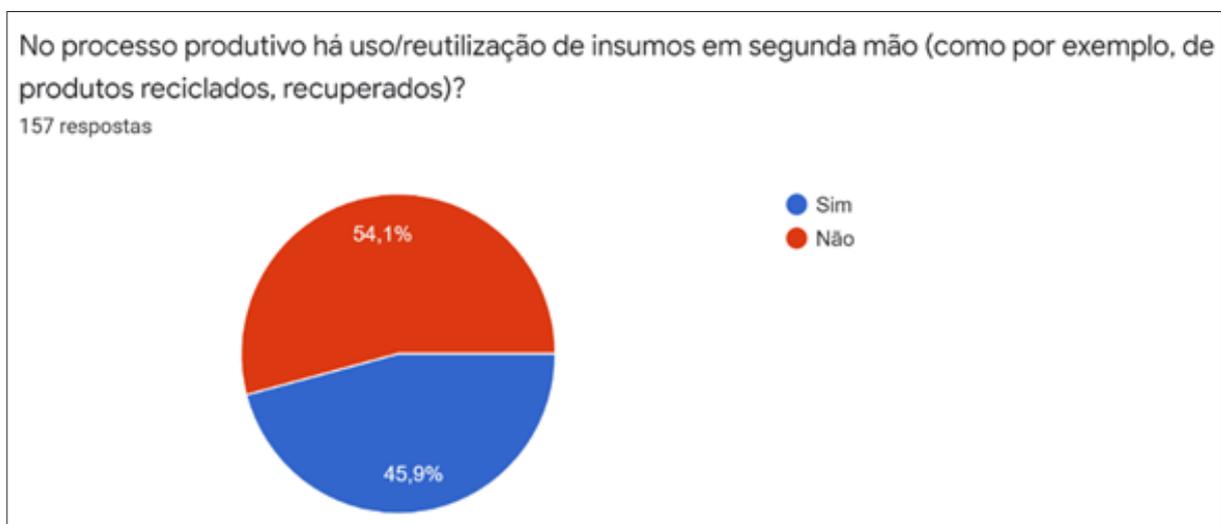
Figura 6 – Fonte de energias renováveis nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

De acordo com os resultados, 40 empresas afirmaram utilizar energia renovável, dentre as quais, 29 declararam utilizar energia solar em sua planta industrial. Após as perguntas sobre a gestão de resíduos e o uso de fontes de energia renováveis, foi questionado se no processo produtivo há o uso/reutilização de insumos de segunda mão (como, por exemplo, de produtos reciclados, recuperados). Essa questão se baseou no “S” (*Share* – Compartilhar) da estrutura, e as respostas obtidas são mostradas na Figura 7.

Figura 7– Uso/reutilização de insumos em segunda mão nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

A utilização/reutilização de insumos de segunda mão em seu processo produtivo foi afirmada por 72 empresas. Das quais 47 se utilizavam de plástico, 22 de papel, 15 de papelão, 12 de metal, 11 de borracha e 5 de madeira.

Também foi perguntado se as indústrias tinham o intuito de aumentar o ciclo de vida útil dos produtos fabricados, através de atividades de reparo e manutenção, baseando-se no “O” (otimizar), sendo obtidas respostas afirmativas de 66 (Figura 8).

Figura 8 – Intuito de aumentar o ciclo de vida útil das indústrias do PIM

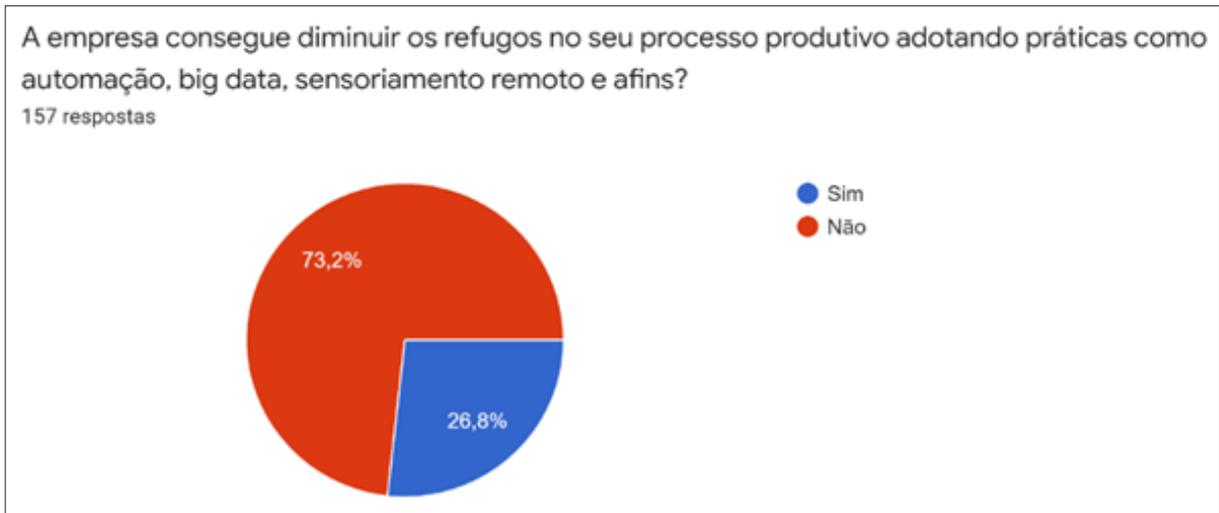


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

Além dessas atividades, as empresas responderam que se utilizavam de garantia estendida (17 respostas), pesquisa e desenvolvimento (P&D) (11 respostas) e troca de produtos (8 respostas).

Dando prosseguimento ao questionário, com base no “O” (otimizar), foi indagado se as empresas conseguiam diminuir os refugos do seu processo produtivo, adotando práticas como automação, *big data*, sensoriamento remoto e afins. As respostas apontaram que 42 empresas conseguem diminuir seus refugos. O setor que mais selecionou a resposta sim foi o eletroeletrônico (13 respostas), seguido pelo setor de duas rodas (6 respostas) e pelo de termoplástico (4 respostas). Não houve respostas dos setores editorial/gráfico, mobiliário, reciclagem e têxtil (Figura 9).

Figura 9 – Capacidade de diminuir refugos adotando práticas como automação, *big data* e afins do PIM

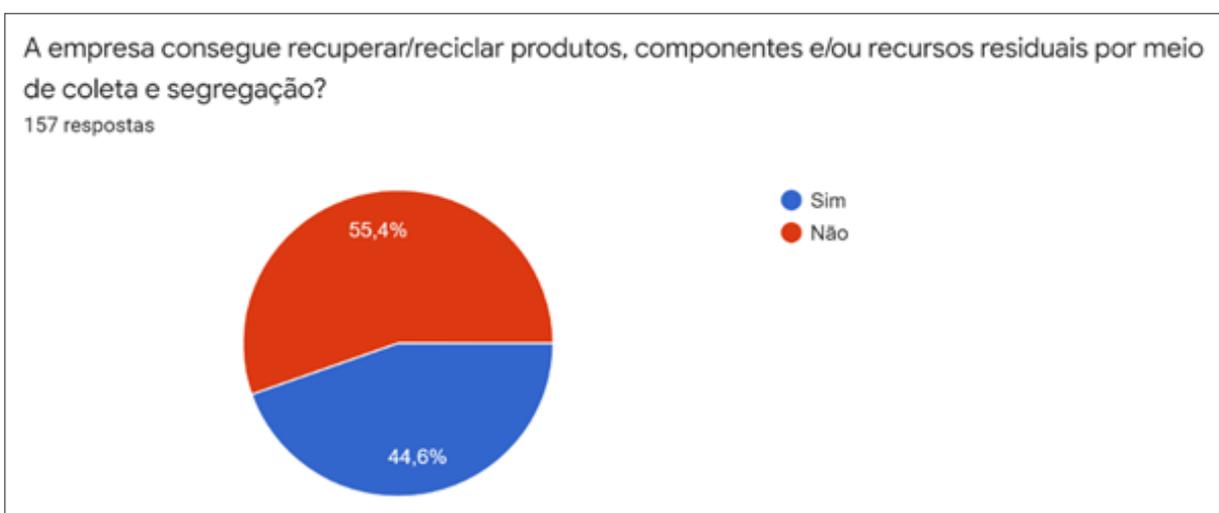


Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Em relação à pesquisa e desenvolvimento (P&D) na área de sustentabilidade, das 157 empresas que responderam, 67 têm interesse nesse tipo de investimento. Este dado indica a possibilidade de existência de uma barreira tecnológica na implementação da EC nas empresas do PIM.

Sobre a possibilidade de se conseguir recuperar/reciclar produtos, componentes e/ou recursos residuais por meio de coleta e segregação, baseada no L (reaproveitar) da estrutura ReSOLVE, 70 empresas responderam afirmativamente, onde 63 empresas (40,01%) entendem que a recuperação/reciclagem de produtos, componentes e/ou recursos residuais geram novas oportunidades de negócios (Figura 10).

Figura 10 – Capacidade de recuperar/reciclar produtos, componentes e/ou recursos residuais do PIM



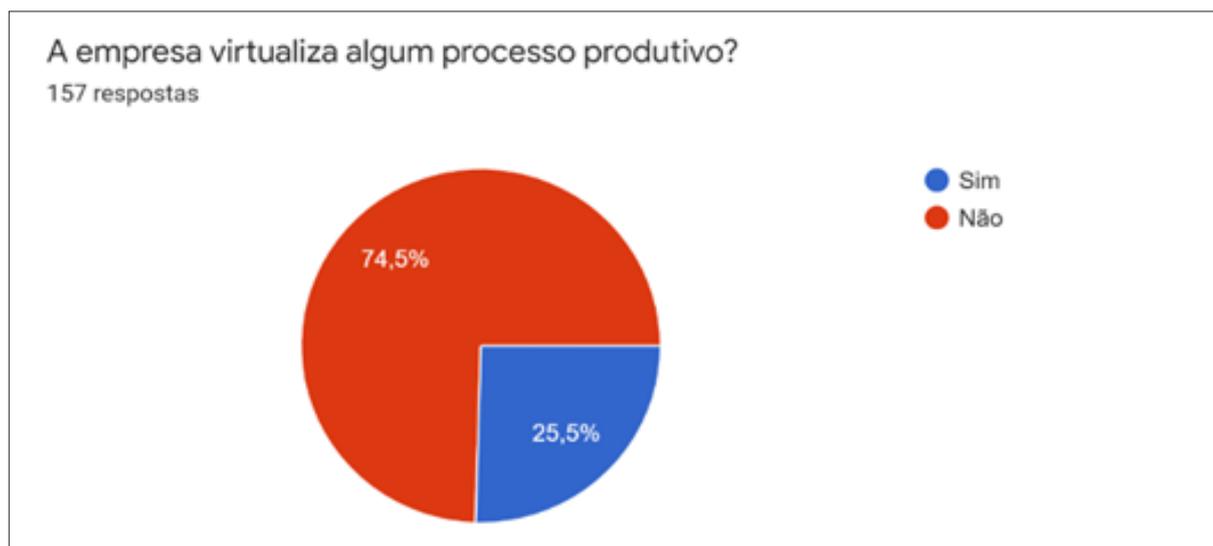
Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Segundo Ghisellini e Ulgiati (2020), a barreira tecnológica pode atrapalhar na busca por tecnologias avançadas para a reutilização de materiais residuais e subprodutos. Assim, analisando-se as Figuras 9 e 10, observa-se que apenas 26,8% das indústrias conseguem utilizar tecnologias para recuperar. Isso pode indicar que as empresas do PIM têm dificuldades para acessar tecnologias que propiciem o aumento da reutilização dos materiais residuais e subprodutos.

Com relação à possibilidade de as empresas conseguirem extrair produtos bioquímicos de resíduos orgânicos, somente 26 (16,7%) das indústrias que responderam ao questionário afirmaram que conseguem realizar essa extração. Esta questão se baseou no “R” (regenerar) e no “L” (reaproveitar).

Na penúltima questão desta seção, baseada no “V” (virtualizar) da estrutura ReSOLVE, buscou-se verificar se as indústrias instaladas no PIM conseguem virtualizar algum processo produtivo. Quarenta empresas responderam afirmativamente, com aplicação em processos tais como: entrada dos colaboradores, controle e manutenção da linha, seleção de *inputs*, virtualização da fábrica, *design* de produtos, revisão da linha, desenvolvimento de novos produtos, P&D e reuniões (Figura 11). Isso pode evidenciar que a barreira tecnológica enfrentada pelas indústrias do PIM dificulta o desenvolvimento e consolidação da EC.

Figura 11 – Virtualização de processos produtivos das indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Por fim, a última pergunta desta seção, baseada no E (substituir) do ReSOLVE, buscou verificar se a empresa já realizou a substituição de processos/tecnologias tradicionais, que podem poluir o meio ambiente, por processos/tecnologias verdes. A Figura 12 mostra as respostas obtidas, onde 44 indústrias afirmaram que conseguiram substituir processos.

Figura 12 – Substituição de tecnologias tradicionais por tecnologias verdes nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Dessas 44 empresas, 20 declararam que usam a Internet das Coisas (IoT) em sua fábrica; 10 declararam que usam a Impressão 3D – I3D; 8 usam o *big data*; 7 inseriram o termo automação; e 4 declararam realizar *machine learning*. O baixo número corrobora com as barreiras tecnológicas já detectadas nas perguntas anteriores.

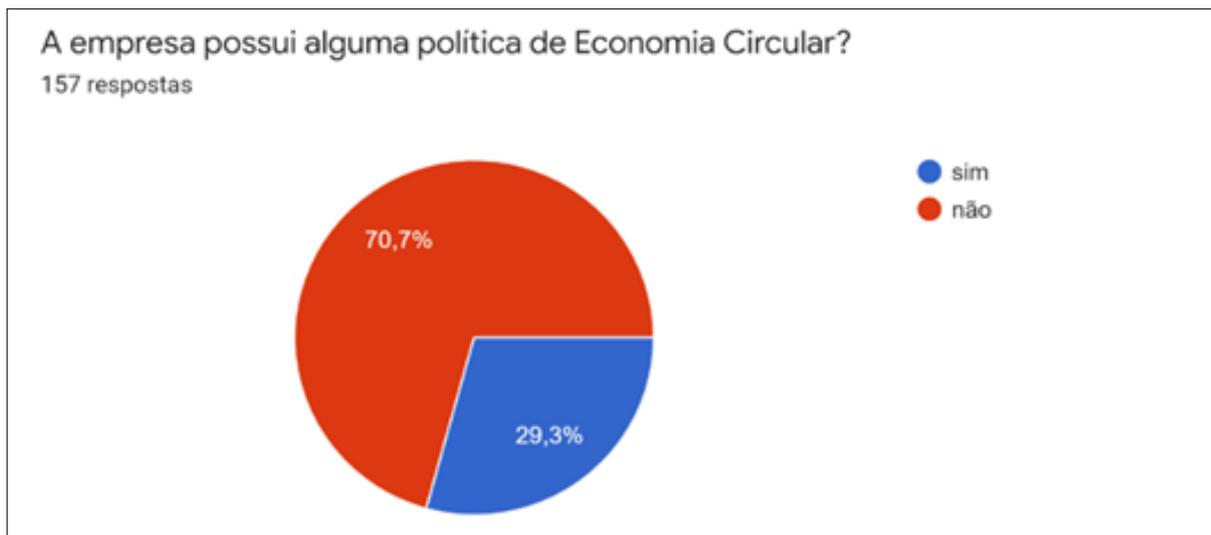
Assim, pode-se concluir que, em março de 2022, as práticas de EC das indústrias do PIM, baseando-se na estrutura ReSOLVE, apresentam as seguintes características:

- a. 66,2% (104 respostas) das empresas afirmaram ter gestão de resíduos (regenerar e otimizar);
- b. 25,5% (40 respostas) das empresas utilizam fontes de energia renovável (regenerar);
- c. 54,1% (72 respostas) das empresas usam/reutilizam insumos de segunda mão (share);
- d. 58% (91 respostas) tem o intuito de aumentar o ciclo de vida dos seus produtos produzidos em Manaus (otimizar);
- e. 26,8% (42 respostas) das empresas conseguem diminuir seus refugos com a utilização de novas tecnologias, como big data, sensoriamento remoto e afins (otimizar);
- f. 55,4% (87 respostas) das empresas conseguem recuperar/reciclar produtos, componentes e/ou recursos residuais por meio de coleta e segregação (loop);
- g. 59,9% (94 respostas) das empresas enxergam que a recuperação/reciclagem de produtos, componentes e/ou recursos residuais geram novas oportunidades de negócios (loop);
- h. 25,5% (40 respostas) das empresas virtualizam algum processo produtivo (virtualizar)
- i. 16,7% (26 respostas) das empresas conseguem extrair produtos bioquímicos de resíduos orgânicos;
- j. 28% (44 respostas) das empresas já realizaram a substituição de processos/tecnologias tradicionais (aquelas que poluem o meio ambiente) por processos/tecnologias verdes.
- k. Uma barreira detectada nessa seção foi a tecnológica, onde 73,2% das respostas mostraram que não há utilização de novas tecnologias, como *big data*, sensoriamento remoto e afins; 74,5% não conseguem virtualizar algum processo produtivo; e 72% não realizaram a substituição de processos/tecnologias tradicionais (aquelas que poluem o meio ambiente) por processos/tecnologias verdes.

A última seção do questionário enviado às empresas do PIM teve por objetivo investigar qual a visão da empresa sobre a Economia Circular. Das três questões enviadas, apenas uma era de teor obrigatório. A obrigatória era no sentido de verificar se a empresa tinha/tem alguma política específica de EC. Do total, apenas 46 indústrias (29,3%) responderam que possuíam políticas de EC e 111 (70,7%) responderam negativamente.

Das 46 empresas que responderam sim, a maior parte era do setor eletrônico (10 respostas), seguido, seguido pelo setor de Embalagem (8 respostas) e pelo setor de Termoplástico (4 respostas), conforme pode ser visualizado na Figura 13:

Figura 13 – Políticas de EC nas indústrias do PIM



Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Duas perguntas não tinham o teor obrigatório: uma no sentido de saber qual a visão da empresa acerca da EC e a outra para verificar quais são os principais entraves para realizar ações de sustentabilidade. Foram obtidas 110 respostas na questão que indagou sobre a visão da empresa acerca da EC. Com base nesse total, buscou-se verificar palavras-chaves que resumissem a intenção de cada uma delas (Tabela 3).

Tabela 3 – Palavras-chave sobre a visão da empresa acerca da EC

| Palavras-chaves | Ocorrência do termo |
|----------------------------|---------------------|
| Sustentabilidade | 34 |
| 3R | 25 |
| Filosofia | 15 |
| Cumprir a lei | 13 |
| Ferramenta | 13 |
| Nova forma de negócios | 10 |
| Não sei/deixaram em branco | 71 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Alguns termos apareceram na mesma resposta, por exemplo, filosofia de sustentabilidade, ou ferramenta para se realizar negócios. Neste cenário, bastava a ocorrência de um dos R's para que fosse categorizado como 3R.

Por fim, foi perguntado quais eram os principais entraves para a realização de ações de sustentabilidade. Do total de empresas entrevistadas, 120 delas responderam ao questionamento, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4 – Entraves para realizar ações de sustentabilidade em Manaus

| Entrave | Quantidade de menções |
|---|------------------------------|
| Mão de obra qualificada | 50 |
| Entender e cumprir a legislação | 33 |
| Incentivos governamentais | 13 |
| Custo da mão de obra | 10 |
| Custo dos serviços de coleta e Reciclagem | 10 |
| Não vê entrave | 4 |
| Não sei /deixaram em branco | 53 |

Fonte: Elaborado pelo autor (2022).

Alguns termos apareceram na mesma resposta, tais como, por exemplo, mão de obra qualificada e o custo dela, ou mão de obra qualificada para entender a legislação ambiental. Parte desses entraves já foram detectados por Miranda Sobrinho *et al.* (2020), cuja metodologia de pesquisa expôs uma equação utilizada para determinar índices que permitissem apresentar os fatores relacionados às ações, vantagens, principais dificuldades, grau de importância e, políticas públicas voltadas para a gestão de resíduos. Tal índice varia de zero a um, sendo os valores superiores a 0,60 de alta importância, entre 0,35 e 0,60 de importância intermediária, inferiores a 0,35 de baixa importância e zero ou nula sem importância para as empresas.

De acordo com os seus resultados, as principais dificuldades das empresas do PIM foram: contratar empregados qualificados e especializados (0,33); custo alto com a coleta e o tratamento de resíduos (0,69); não dispõe de uma unidade de destinação final de resíduos (0,31); conhecimento técnico na área (0,52); custo ou falta de capital para a aquisição de máquinas e equipamentos (0,40); e compreensão da legislação (0,45).

O fato de tanto a pesquisa atual quanto a pesquisa de Miranda Sobrinho *et al.* (2020) terem como barreiras o entendimento da legislação ambiental e a contratação de empregos qualificados demonstra que pode haver uma correlação entre a falta de profissionais especializados na área ambiental com o cumprimento da legislação. Afirmção é corroborada pela quantidade de profissionais que responderam este questionário.

A maior diferença entre os dois estudos foi a percepção das empresas acerca do custo alto com a coleta e o tratamento de resíduos, assunto este que foi pouco declarado como barreira no estudo atual. Assim, pode-se concluir que, em março de 2022, as percepções acerca da EC das indústrias instaladas no PIM são:

- ✓ 29,3% (46 indústrias) responderam que possuíam políticas de EC;
- ✓ Economia circular é sinônimo de sustentabilidade para 33 empresas; de 3R para 25 empresas; de filosofia para 15 empresas; e de ferramenta e de cumprimento da Lei para 13 empresas, respectivamente. Para 10 empresas, é uma nova forma de negócio;
- ✓ Do total de empresas indagadas com questões que não tinham o teor obrigatório, 71 delas não quiseram/não sabiam responder à pergunta sobre o que era economia circular.

O maior entrave declarado para realizar ações de sustentabilidade em Manaus foi a mão de obra qualificada (50 respostas); seguido pelo entendimento e cumprimento da legislação (33 respostas).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O questionário foi elaborado e enviado em março de 2022 para todas as empresas do PIM, foi determinada uma amostra mínima de 153 empresas para alcançar um índice de confiança de 95%. O mapeamento detectou que 66,20% das empresas têm gestão de resíduos; 25,5% usam fonte de energia renovável; 16,70% conseguem extrair produtos bioquímicos de resíduos orgânicos; 42% das empresas têm a intenção de aumentar o ciclo de vida útil de seus produtos fabricados; 26,80% conseguem diminuir refugo na produção utilizando tecnologia; 44,60% recuperam/reciclam produtos, componentes e/ou recursos residuais; 25,5% virtualizam algum processo produtivo; e 28% tem a intenção de substituir tecnologias tradicionais por tecnologias verdes.

O mapeamento detectou que uma barreira importante a ser superada para que a EC seja fomentada é a econômica, pois a estrutura das indústrias do PIM em março de 2022 era, em sua maioria, composta por empresas com menos de 100 colaboradores. Além disso, as declarações das empresas revelaram que falta mão de obra qualificada (50 respostas) para realizar projetos de sustentabilidade assim como de mão de obra e para entender e cumprir a legislação (33 respostas).

Também foi verificado que a barreira tecnológica para a implementação da EC é considerável, pois 73,2% das respostas mostraram que não há utilização de novas tecnologias, como *big data*, sensoriamento remoto e afins; 74,5% não conseguem virtualizar nenhum processo produtivo; e 72% não realizaram a substituição de processos/tecnologias tradicionais (aquelas que poluem o meio ambiente) por processos/tecnologias verdes.

REFERÊNCIAS

ADAMS, B. G. Educação Ambiental e interdisciplinaridade no contexto educacional: algumas considerações. *Revista Educação Ambiental em Ação*, Novo Hamburgo, v. 6, n. 19, p. 1–3, 2006.

BARBOSA, G. S.; DRACH, P. R.; CORBELLA, O. D. A Conceptual Review of the Terms Sustainable Development and Sustainability Gisele. *International Journal of Social Sciences*, New Delhi, v. 3, n. 2, p. 1–15, 2014. Disponível em: <http://www.iises.net/a-conceptual-review-of-the-terms-sustainable-development-and.html>. Acesso em: 7 fev. 2022.

BRENNAN, G.; TENNANT, M.; BLOMSMA, F. Business and production solutions: closing loops & the circular economy. In: KOPNINA, H.; SHOREMAN-OUIMET, E. (Eds). *Sustainability: key issues*. Routledge: EarthScan, 2015. p. 219–39.

INTERNATIONAL REFERENCE CENTER FOR LIFE CYCLE ASSESSMENT AND SUSTAINABLE TRANSITION [CIRAIG]. Circular economy: a critical literature review of concepts. In: The Circular Economy Working Group of the International Life Cycle Chair (ILC Chair). *Circular Economy Working Group*, Montreal, 2015. Disponível em: www.ciraig.org. Acesso em: 7 fev. 2022.

DANTAS, T. E. T. *et al.* How the combination of Circular Economy and Industry 4.0 can contribute towards achieving the Sustainable Development Goals. *Sustainable Production and Consumption*, Maryland, v. 26, p. 213–27, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2020.10.005>

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION [EMF]. *Uma Economia Circular no Brasil: Uma abordagem exploratória inicial*. São Paulo: EMF, 2017.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION [EMF]. *Towards a circular economy: business rationale for an accelerated transition*. Chicago: EMF, 2015.

GHISELLINI, P.; CIALANI, C.; ULGIATI, S. A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, Shanghai, v. 114, p. 11–32, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>

GHISELLINI, P.; ULGIATI, S. Circular economy transition in Italy. Achievements, perspectives and constraints. *Journal of Cleaner Production*, Shanghai, v. 243, 118360, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118360>

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HASSINI, E.; SURTI, C.; SEARCY, C. A literature review and a case study of sustainable supply chains with a focus on metrics. *International Journal of Production Economics*, Amsterdam, v. 140, n. 1, p. 69–82, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.01.042>

KIDD, C. V. The evolution of sustainability. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, Dordrecht, v. 5, n. 1, p. 1–26, 1992. <https://doi.org/10.1007/BF01965413>

KIRCHHERR, J.; REIKE, D.; HEKKERT, M. Conceptualizing the circular economy: an analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, Beijing, 127, p. 221–232, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia Científica*. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEVINE, D. M., BERENSON, M. L. STEPHAN, D. *Estatística: teoria e aplicações usando o Microsoft Excel em português*. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

LIEDER, M.; RASHID, A. Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, Shanghai, v. 115, p. 36–51, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>

LIMA, C. C. *Gestão de resíduos plásticos na cidade de Manaus à luz da Política Nacional de Resíduos Sólidos: uma contribuição à implantação de logística reversa*. Dissertação (Mestrado em Direito Ambiental) – Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2012.

MAN, J. C.; STRANDHAGEN, J. O. An Industry 4.0 Research Agenda for Sustainable Business Models. In: *Procedia CIRP*, Taiwan, v. 63, p. 721–6, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.315>

MCKINSEY & COMPANY. *The circular economy: moving from theory to practice*. Special edition, New York, 2016.

MELO, T. A. C. *Economia circular no Polo Industrial de Manaus: proposta de modelo*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

MELO, T. A. C. *et al.* Circular economy public policies: a systematic literature review. *Procedia Computer Science*, Manchester, v. 204, p. 652–62, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2022.08.079>

MIRANDA SOBRINHO, P. E. A. *et al.* Gestão de Resíduos Sólidos no Polo Industrial de Manaus. *Revista Metropolitana de Sustentabilidade – RMS*, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 212–34, 2020. ISSN: 2318-3233.

MUÑOZ, S.; HOSSEINI, M. R.; CRAWFORD, R. H. Towards a holistic assessment of circular economy

strategies: the 9R circularity index. *Sustainable Production and Consumption*, Maryland, v. 47, p. 400–412, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2024.04.015>

SHRIVASTAVA, P.; HART, S. Greening organizations 2000. *International Journal of Public Administration*, Philadelphia, v. 17, n. 3–4, p. 607–35, 1994. <https://doi.org/10.1080/01900699408524910>

ZHONG, R. Y. *et al.* Intelligent manufacturing in the context of industry 4.0: a review. *Engineering*, Beijing, v. 3, n. 5, p. 616–30, 2017. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015>

Sobre os autores:

Thiago Azevedo Conde de Melo: Graduação em Ciências Econômicas pela Universidade Federal do Amazonas (Ufam). Economista da Superintendência da Zona Franca de Manaus (Suframa).
E-mail: thiago.melo@suframa.gov.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0009-0005-1432-6612>

Marcelo Albuquerque de Oliveira: Pós-doutorado em Ciências Empresariais, com linha de pesquisa voltada para Economia Circular e Sustentabilidade pela Universidade Fernando Pessoa. Doutorado em Engenharia Industrial e Sistemas pela Universidade de Minho (Portugal). Mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Amazonas (Ufam). Graduação em Engenharia Elétrica pelo Instituto de Tecnologia do Amazonas (Utam). Membro do Grupo Gestor do Programa de Mestrado em Engenharia de Produção e Professor do Departamento de Engenharia de Produção da Ufam. **E-mail:** marcelooliveira@ufam.edu.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-2496-646X>

Sara Raquel Gomes de Sousa: Doutorado em Ciências em Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de Itajubá (Unifei). Mestrado em Materiais para Engenharia pela Unifei. Especialização em andamento em Gestão Empresarial pela Faculdade Estácio do Amazonas. Especialização em andamento em Gerenciamento Ágil de Projetos pela Faculdade Estácio do Amazonas. Gerente de projetos no Instituto de Tecnologia da Amazônia e professora de ensino superior na Estácio Amazonas para os cursos de Gestão e Negócios. Professora Visitante (Faculdade de Tecnologia) na Universidade Federal do Amazonas (Ufam). **E-mail:** r.saragbr@gmail.com, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-8996-7514>

Ocileide Custodio da Silva: Doutorado em Engenharia de Materiais pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (USP). Mestrado em Engenharia Química pela Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Especializações em Gestão de Negócios, pelo Instituto de Pesquisa Econômica e Previdência (Ipep), e em Gestão Estratégica da Inovação Tecnológica, pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp). Graduação em Engenharia Química pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN). Professora do Departamento de Engenharia Química da Faculdade de Tecnologia da Universidade Federal do Amazonas (Ufam). **E-mail:** ocileide2002@yahoo.com.br, **Orcid:** <https://orcid.org/0000-0003-4618-2228>