

INOVAÇÃO SUSTENTÁVEL EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICAⁱ

Resumo

Objetivos do estudo: A sustentabilidade tornou-se uma pauta crucial na sociedade, exigindo repensar alternativas facilitadoras do desenvolvimento empresarial e da preservação ambiental. Visando contribuir para o tema, o objetivo deste estudo foi coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa Y nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental. **Metodologia/abordagem:** Optou-se pelo estudo de caso único, de abordagem qualitativa, em uma indústria química de pequeno porte, localizada na região do Vale do Rio do Sinos, no Rio Grande do Sul, identificada neste estudo pelo codinome Empresa Y. Os dados foram coletados por meio de entrevistas em profundidade, observação sistemática participante e levantamento documental, e submetidos à análise de conteúdo. Foram entrevistadas quatro pessoas, sendo um colaborador que atua em decisões estratégicas da empresa e outras três pessoas, especialistas do setor, sem vínculo com a organização. **Principais resultados:** Como resultados identificou-se que a empresa analisada se preocupa com questões que tangem ao meio ambiente, sendo implementadas inovações em processos, produto, marketing e modelo de negócio, visando a redução do impacto ambiental da operação. **Contribuições acadêmicas:** O estudo contribui para o avanço do conhecimento sobre inovação sustentável e manufatura verde em pequenas empresas do setor químico. **Contribuições práticas:** A pesquisa oferece subsídios para que empresas químicas adotem práticas operacionais mais sustentáveis, reduzindo seus impactos ambientais.

Palavras-Chave: Gestão de Operações; Indústria Química; Inovação; Meio Ambiente; Sustentabilidade.

SUSTAINABLE INNOVATION IN A CHEMICAL INDUSTRY

Abstract

Objectives of the study: Sustainability has become a crucial issue in society, requiring rethinking alternatives that facilitate business development and environmental preservation. Aiming to contribute to this topic, the objective of this study was to collect and analyze data on organizational innovations carried out by Company Y in the last five years, which resulted in the mitigation of environmental impact. **Methodology/approach:** A single case study was chosen, with a qualitative approach, in a small chemical industry located in the Vale do Rio do Sinos region, in Rio Grande do Sul, identified in this study by the code name Company Y. Data were collected through in-depth interviews, systematic participant observation and document survey, and submitted to content analysis. Four people were interviewed, one of whom was an employee who works on strategic decisions for the company and three other people, experts in the sector, with no ties to the organization. **Main results:** The results identified that the company analyzed is concerned with issues related to the environment, implementing innovations in processes, products, marketing and business models, aiming to reduce the environmental impact of the operation. **Academic contributions:** The study contributes to the advancement of knowledge on sustainable innovation and green manufacturing in small companies in the chemical sector. **Practical contributions:** The research provides support for chemical companies to adopt more sustainable operational practices, reducing their environmental impacts.



Keywords: Chemical industry; Environment; Innovation; Operations Management; Sustainability.

1 Introdução

O setor químico desempenha um papel crucial na economia global, sendo responsável pela produção e fornecimento de uma ampla gama de produtos utilizados em diversos setores industriais. De acordo com dados da empresa de consultoria norte-americana McKinsey, em um artigo publicado por Falkenroth-Naidu et al. (2023), a indústria química mundial tem experimentado um crescimento significativo nos últimos anos, impulsionado pela demanda contínua por produtos químicos em setores como automotivo, construção, eletrônicos e alimentos, apresentando um crescimento de quase 25% em 2021, logo após uma era de pandemia e muito tumulto.

Os cinco maiores geradores de receita da indústria química mundial são, respectivamente, China, Estados Unidos, Alemanha, Japão e Coreia, ficando o Brasil em sexto lugar no *ranking*. No Brasil, a indústria química é um dos setores relevantes da economia, apresentando, em 2022, com um faturamento líquido anual de 187 bilhões de dólares, contabilizando um crescimento de 27,3% em relação ao faturamento do ano de 2021. Para o setor de produtos químicos de uso industrial, que é o caso da empresa que foi analisada nesta pesquisa, o faturamento registrado foi de mais de 88 bilhões de dólares e um crescimento de 24,6% em relação ao ano de 2021 (Abiquim, 2022). Além disso, a indústria química brasileira precisa investir em inovação para se manter competitiva, devendo as empresas ficarem atentas às necessidades dos clientes para produzir soluções adequadas (Sebrae, 2023). A inclusão de novas realidades para o setor químico vem despertando o interesse das empresas e gestores no Brasil, os quais, em sua maioria, já observam tendências praticadas no exterior e apresentam significativa movimentação nessa direção, propondo mudanças nas operações empresariais (Galembeck, 2017).

É interessante destacar, também, que na indústria química são utilizadas quantidades significativas de recursos naturais, como a água, seja para a operação ou para os processos de resfriamento de máquinas. Essa água pode ser contaminada com produtos perigosos e, se for descartada indevidamente, pode apresentar riscos e perigo para a região local. Outro potencial impacto podem ser os materiais utilizados durante o processo produtivo, os quais em sua maioria são inflamáveis e explosivos, aumentando assim os riscos de explosão. Além disso, a produção de grandes volumes de novos insumos e substâncias químicas geram risco à segurança ambiental, podendo ser, em alguns casos, irreparáveis (Freitas et al., 2015; Pedersoli et al., 2008).

Diante deste contexto, este estudo foi realizado em uma indústria química, a qual, por motivos de preservação de identidade, é identificada neste estudo com o codinome Empresa Y. A empresa está localizada na região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul, e sua atividade principal é a fabricação de adesivos, solventes e selantes voltados para os ramos náutico, calçadista, moveleiro e estofados. O objetivo desta pesquisa foi coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa Y nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental. Em um primeiro momento, foram analisados os processos operacionais existentes na empresa e quais são os impactos ambientais resultantes destes processos. A partir desta análise, foi realizado um diagnóstico em relação às inovações que ocorrem na empresa, apresentando ações que possam contribuir para a redução de impactos ambientais e transformar a manufatura mais sustentável.

O termo manufatura sustentável está mais associado a questões ambientais, portanto, em alguns casos, é utilizado o termo “manufatura verde” para referir-se ao assunto (Silva et al., 2016), o qual vem apresentando significativa evolução conforme apresentam-se novas práticas de gestão ambiental.

A manufatura verde pode ser alcançada por meio de práticas de produção mais limpa, com foco no processo produtivo e no melhor aproveitamento dos recursos naturais, além da diminuir a geração de resíduos. Uma cadeia de abastecimento verde envolve os valores por meio das operações de toda a cadeia, sendo a tentativa de reduzir a poluição do ar, da água ou dos resíduos o principal objetivo do abastecimento verde, melhorando o desempenho das empresas. Ao contrário da cadeia tradicional, que mitiga os impactos prejudiciais das operações (Schreiber et al., 2023).

A partir de processos produtivos menos agressivos ao meio ambiente, a empresa vai transformando a sua operação em uma estrutura mais sustentável, envolvendo, assim, dois conceitos principais: o conceito de manufatura e o conceito de sustentabilidade (Silva et al., 2016). De acordo com os autores, a sustentabilidade apresenta-se como um conceito que visa um equilíbrio entre meio ambiente, economia e sociedade, e a manufatura pode ser definida como a utilização de mão de obra, ferramentas e equipamentos utilizados na produção de produtos para utilização ou venda.

Sendo assim, a escolha deste assunto em especial justifica-se para o meio acadêmico e científico, bem como para a indústria química em geral, pois contribui para o avanço do conhecimento sobre a operação de uma empresa de pequeno porte do segmento, bem como evidencia as inovações organizacionais que foram realizadas pela empresa nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental.

Em relação à estrutura deste estudo, ele está dividido nos seguintes tópicos: (2) revisão teórica, o qual está dividido em dois tópicos (2.1 Gestão de operações para aprimoramento da competitividade empresarial e; 2.2 Inovação sustentável como vantagem competitiva no contexto atual) apresentando os conceitos e definições fundamentais tanto para o planejamento da pesquisa quanto para a criação dos instrumentos utilizados na coleta e na análise de dados; (3) método, apresentando os instrumentos e técnicas metodológicas utilizadas para coletar e analisar os dados; (4) resultados, abordando e discutindo os resultados encontrados, relacionando-os com os conceitos apresentados na fundamentação teórica; (5) considerações finais e, por fim, as referências utilizadas.

2 Revisão Teórica

Neste capítulo é apresentada a revisão teórica, com a apresentação de conceitos e definições estruturantes que respaldaram tanto o processo de planejamento da pesquisa, bem como, a elaboração dos instrumentos de coleta e análise de dados.

2.1 Gestão de operações para aprimoramento da competitividade empresarial

As atividades de produção estão presentes em todos os tipos de organização e são essenciais para o equilíbrio operacional, independentemente do setor. Embora historicamente associadas ao chão de fábrica, essas atividades evoluíram com os conceitos empresariais e passaram a abranger também serviços e outras formas de operação, ampliando seu escopo para diferentes contextos organizacionais (Peinado & Graeml, 2014).

A gestão de operações, antes conhecida como gestão de produção, era focada em áreas como controle de estoque, programação e *layout*. Com o tempo, incorporou as operações de serviço e passou a ser reconhecida como um campo mais abrangente, refletindo mudanças metodológicas que impactaram significativamente a prática empresarial (Shang et al., 2015; Martins et al., 2010).

Slack et al. (2009) afirmam que quase todas as organizações terão na sua operação três funções centrais, sendo elas: (i) função marketing, pois todas as empresas precisam vender seus serviços; (ii) função produção, que visa satisfazer seus clientes a partir da produção e entrega dos pedidos e; (iii) função desenvolvimento de produto/serviço, cujo papel é criar produtos e pensar em maneiras de satisfazer os clientes no futuro através de melhorias.

Para Oliveira et al. (2023), uma operação organizada e bem definida pode proporcionar uma importante vantagem competitiva para as empresas, contribuindo para fortalecer sua reputação no mercado, minimizar custos relacionados a retrabalho, reclamações e compensações, além de favorecer a satisfação de clientes. Além disso, os autores afirmam que para muitos gestores da área de operações, a eficiência é vista como um elemento central que influencia diretamente o desempenho da empresa frente à concorrência.

Marcousé et al. (2013) complementam que a gestão de operações é importante para as organizações pois sua principal tarefa é transformar o pedido de um cliente em uma entrega, podendo-se, assim, classificá-la como estando entre uma das mais importantes funções do âmbito empresarial, pois poder-se-á, a partir dela, dar andamento às exigências dos clientes.

Ainda conforme Marcousé et al., (2013), a gestão de operações é organizada em cinco etapas principais. O processo de gestão eficiente começa pelo *design*, que se baseia na criação de produtos voltados a necessidades específicas dos clientes, evitando modelos padronizados. Na sequência, a cadeia de suprimentos assume papel central, abrangendo desde o recebimento da matéria-prima até a entrega final, sendo essencial o bom gerenciamento da fábrica para reduzir desperdícios e garantir eficiência. A escolha dos fornecedores também é estratégica, exigindo critérios que envolvem confiança, prazos adequados e preços competitivos para manter a sustentabilidade financeira do negócio. No que se refere à qualidade, mais do que satisfazer, a empresa deve buscar encantar o cliente, o que implica atuar com honestidade, cumprir prazos e oferecer um atendimento comprometido. Por fim, o uso eficaz da tecnologia contribui para otimizar processos, garantir agilidade e segurança operacional, além de proporcionar acesso rápido e preciso às informações ao longo de toda a operação.

Khan (2019) destaca a integração de práticas sustentáveis à cadeia de suprimentos tradicional, abrangendo as cinco etapas da gestão de operações: *design*, suprimentos, fornecedores, qualidade e tecnologia. Além disso, destaca o autor que o diferencial da cadeia de abastecimento verde está na geração de valor ao longo de toda a operação, e não apenas na mitigação de impactos.

Como fator essencial para essa gestão, tem-se o mapeamento de processos, que pode ser feito por meio de fluxogramas e diagramas (Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014), com base em entrevistas, observações diretas e coleta de dados sobre tempo e recursos (Slack et al., 2009). Isso permite representar visualmente o fluxo de trabalho, as interações e as decisões nos processos (Heizer et al., 2020).

Segundo Jacobs e Chase (2018), a gestão de operações deve aliar eficiência à responsabilidade social e ambiental. Para os autores, as empresas estão cada vez mais conscientes sobre essa necessidade e estão buscando operar de forma ética e sustentável. Para Schroeder e Goldstein (2018), integrar práticas sustentáveis em todas as etapas da cadeia de valor é fundamental e contribui para a redução de desperdícios e o desenvolvimento sustentável.

Ghobakhloo (2020) conceitua que a amplitude do conceito de sustentabilidade permeia diversas esferas da vida humana, com a sua abrangência transcendendo o ambientalismo e incorporando também a preservação dos recursos econômicos e sociais. Além disso, a sustentabilidade pode ser considerada um movimento voltado para garantir um bem-estar duradouro e equitativo para todos, incluindo gerações vindouras, visando abordar questões globais como injustiça, desigualdade, paz, mudanças climáticas, poluição e degradação ambiental.

A sustentabilidade, por fim, se baseia em três pilares fundamentais, sendo eles: (i) o pilar ambiental, concentrando-se primordialmente na manutenção do equilíbrio dos sistemas ambientais terrestres, no consumo e reposição de recursos naturais e na integridade ecológica; (ii) o pilar econômico, o qual diz respeito ao crescimento econômico a longo prazo, preservando simultaneamente os recursos ambientais e sociais, de forma que o desenvolvimento do capital econômico não ocorra às custas do capital natural ou social e; (iii) e o pilar social, que envolve o

reconhecimento e a gestão dos impactos empresariais, ambientais, econômicos e tecnológicos sobre as pessoas, visando a criação de comunidades saudáveis e inclusivas (Beier et al., 2020; Ghobakhloo, 2020; Kamble et al., 2019; Khuntia et al., 2018).

2.2 Inovação sustentável como vantagem competitiva no contexto atual

A inovação é considerada por diversos autores como uma vantagem competitiva em ambientes de constante transformação, pois a capacidade de inovar e se reinventar pode ser considerada um dos determinantes mais importante em uma empresa (Crossan & Apaydin, 2010). As primeiras definições sobre o termo inovação surgiram na década de 1920 por Schumpeter, focando na ideia de novidade. Isso significava adotar novos métodos e novas maneiras de fazer as coisas, resultando em abordagens e procedimentos diferentes das já existentes (Hansen & Wakonen, 1997). Nesse sentido, conforme Maciel et al. (2025), quando uma empresa adota um novo processo ou uma melhoria em algum já existente, pode-se dizer que houve inovação.

Na visão de Silva et al. (2025), existem três principais formas de inovação que podem impulsionar o crescimento empresarial, sendo elas: inovação incremental, que refere-se à melhoria contínua de produtos, processos ou serviços já existentes; a inovação disruptiva, que possibilita que soluções anteriormente limitadas a nichos restritos se tornem acessíveis a um público mais amplo e; inovação no modelo de negócio, que envolve a reconfiguração da forma como a empresa entrega valor, alcançando novos segmentos e ampliando sua presença no mercado. Complementam os autores que do ponto de vista econômico, o êxito de uma inovação está relacionado a fatores como o setor em que ela é introduzida, as condições de mercado, a velocidade com que novas tecnologias são adotadas e o envolvimento de diferentes agentes com conhecimento técnico e capital intelectual.

As preocupações ambientais globais, como os esgotamentos de recursos naturais e a poluição do ar, veem despertando um interesse em promover inovação verde entre as lideranças das empresas. Na manufatura, por exemplo, a inovação verde envolve a introdução de práticas e processos mais sustentáveis, visando a redução da poluição e a melhora ambiental. A inovação verde pode ser considerada uma das maneiras mais eficazes de aliviar a pressão ambiental sem sacrificar a competitividade econômica, pois é impulsionada por fatores internos e externos nas organizações, incluindo, desde uma gestão eficiente de recursos, até uma cultura organizacional direcionada para práticas mais verdes e por demandas e exigências do mercado (Demirel & Danisman, 2019; Ogiemwonyi et al., 2023; Ogiemwonyi & Harun, 2020; Peng et al., 2021).

Diante do contexto de resultados mais sustentáveis, surge o conceito de inovação sustentável, que está diretamente ligado ao conceito de inovação, uma vez que ambos têm o potencial de impulsionar mudanças positivas na sociedade e no meio ambiente, a partir da criação de novos produtos, processos e modelos de negócio, que contribuam para a sustentabilidade ambiental e social (Tidd, 2023). A inovação sustentável tem se destacado como uma abordagem estratégica que busca conciliar o desenvolvimento econômico com a preservação ambiental e a responsabilidade social.

Seguindo essa perspectiva, Schaltegger et al. (2012) destacam a importância da inovação sustentável para enfrentar desafios globais, como a mudança climática e o esgotamento de recursos. Eles enfatizam que essa abordagem requer uma mentalidade voltada para a criação de valor compartilhado, considerando não apenas a geração de lucro, mas também o bem-estar das partes interessadas envolvidas.

Além disso, os fatores internos e externos influenciam o impacto da inovação verde nas políticas das empresas, contribuindo para uma melhor gestão dos recursos e aprimorando as estratégias organizacionais. Faz-se importante, também, entender que o comportamento da inovação verde, impulsionado por fatores internos e externos, é fundamental para a promoção da melhoria e proteção ambiental. Esse comportamento é crucial para a transformação de produtos e processos de

fabricação, visando uma melhora significativa na sustentabilidade e na poluição (De Marchi, 2012; Ogiemwonyi et al., 2023; Wang & Shen, 2016).

A inovação sustentável busca otimizar o uso de recursos para gerar benefícios duradouros tanto para as empresas quanto para a sociedade, pode se manifestar como inovação de processo, produto, marketing e modelo de negócio, promovendo a sustentabilidade ao longo do ciclo de vida (Ogiemwonyi et al., 2020). Muitas empresas têm adotado tecnologias para enfrentar desafios ambientais e atender às exigências regulatórias (Ogiemwonyi et al., 2020; Ogiemwonyi et al., 2023), e práticas como inovação verde e eco inovação reforçam a consciência ambiental corporativa (Rosa et al., 2020). No entanto, esse tipo de inovação envolve uma combinação de valores ecológicos, tecnológicos, econômicos, sociais e humanísticos (Ogiemwonyi et al., 2023).

Sendo assim, pode-se dizer que as inovações sustentáveis abrangem produtos, serviços, processos, modelos de negócios e marketing, com foco em melhorar o desempenho ambiental e social (Morales et al., 2022; Ogiemwonyi et al., 2023; Rauter et al., 2023; Urbinati et al., 2023). Segundo os autores, aspectos como *design* sustentável, eficiência de processos, redução da poluição, responsabilidade social, preservação da identidade da marca e seu posicionamento no mercado são metas-chave. Cabe ao marketing o desafio de impulsionar o crescimento sustentável e reduzir o uso de recursos naturais essenciais.

Segundo Costa et al. (2021), a implementação eficaz da inovação sustentável exige a atuação estratégica do marketing verde, promovendo a conscientização sobre a relação entre homem, tecnologia e meio ambiente. As ações de marketing devem comunicar valores ligados à sustentabilidade, como redução do consumo de energia, uso de reciclados e transparência organizacional. Além disso, o marketing verde contribui para a educação ambiental, buscando envolver consumidores conscientes por meio de abordagens emocionais (Costa et al., 2021; Morales et al., 2022). Além disso, a inovação sustentável envolve, inicialmente, a disseminação de uma visão organizacional que valorize a sustentabilidade, seguida de investimentos em estruturas que viabilizem essa meta. Os principais desafios são internos e organizacionais, mas tendem a ser menores em empresas cuja missão já incorpora práticas sustentáveis (Rotondo et al., 2023).

Chatterjee et al. (2023) afirmam que a inovação é considerada fundamental para enfrentar os desafios globais de sustentabilidade e fundamental para benefícios econômicos e de desenvolvimento ambiental e sustentável. Para os autores, existem algumas barreiras à adoção da inovação sustentável pelas empresas, citando, por exemplo, a percepção de radicalidade da inovação, barreiras organizacionais internas e barreiras moldadas pelas características e forças do mercado externo. Por este e outros motivos, muitas empresas acabam relutando em aderir à inovação. No entanto, a liderança organizacional pode desempenhar um papel fundamental na influência de políticas e culturas, incluindo tanto a abertura como também a resistência de novas tecnologias e maneiras inovadoras de enxergar a operação atual (Chatterjee et al., 2023; Govindan & Arampatzis, 2023; Tidd, 2023).

3 Método

Neste estudo utiliza-se uma abordagem qualitativa, de método descritivo, com estratégia de estudo de caso único, técnicas de coleta de dados por meio de entrevistas em profundidade, observação sistemática participante e levantamento documental. Utilizou-se como técnica de análise de dados a análise de conteúdo (Bardin, 2011; Gil, 2008; Malhotra, 2012; Prodanov & Freitas, 2013). Foi estudada uma indústria química de adesivos, solventes e selantes de pequeno porte, localizada na região do Vale do Rio dos Sinos, no Rio Grande do Sul. A empresa já atua há mais de 30 anos no Brasil, atendendo os segmentos náutico, calçadista, moveleiro e estofados, sendo identificada neste estudo pelo codinome Empresa Y, visando preservar a verdadeira identidade.

As entrevistas tiveram como objetivo compreender o funcionamento atual da operação da empresa, incluindo processos, equipamentos, tecnologias e investimentos, além de resgatar o histórico recente de atividades. O entrevistado interno foi selecionado com base em sua experiência estratégica, tempo de atuação e formação superior, sendo escolhido o químico responsável (E1), que atua há mais de dez anos na empresa.

Além de E1, foram entrevistadas três pessoas externas: entrevistado E2, proprietário e químico responsável por uma indústria química de saneantes na mesma região e de porte semelhante, com mais de 25 anos de mercado, a fim de permitir comparações com a Empresa Y; entrevistados E3 e E4, especialistas acadêmicos: E3 é professor de Química Industrial da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), com quase 40 anos de atuação no setor; E4 é professor de Engenharia Química na Universidade Feevale, com mais de 20 anos de experiência. As entrevistas com E3 e E4 buscaram captar a visão técnica e setorial sobre as operações, necessidades, tendências e desafios da indústria química. A tabela 1 resume o perfil dos participantes.

Tabela 1
Perfil de Entrevistados

Identificação	Empresa Y	Formação/Atuação	Tempo De Atuação Na Empresa
E1	É colaborador	Químico Industrial e responsável técnico da Empresa Y	10 anos
E2	Não é colaborador	Químico industrial e proprietário de indústria química de porte semelhante à empresa estudada	Aprox 25 anos
E3	Não é colaborador	Especialista, químico industrial, consultor na área e professor de ensino superior	Aprox 40 anos
E4	Não é colaborador	Especialista, engenheiro químico, consultor na área e professor de ensino superior	Aprox 20 anos

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Para a realização das entrevistas, elaborou-se um roteiro com base na revisão teórica, validado por dois doutores em administração quanto ao conteúdo e por três colaboradores da empresa quanto à clareza das perguntas. Essa etapa segue recomendações metodológicas da literatura científica (Gil, 2008; Malhotra, 2012). As entrevistas foram gravadas via *smartphone* e transcritas em até 48 horas.

A primeira entrevista ocorreu em 04 de abril de 2024 com o entrevistado E2, presencialmente, com duração de 40 minutos. No dia 05 de abril, entrevistou-se E3 virtualmente via *Google Meet*, por cerca de 30 minutos. Em 08 de abril, foram realizadas duas entrevistas: com E1 (presencial, 30 minutos) e com E4 (virtual, 35 minutos). Os dados foram analisados conforme a técnica de análise de conteúdo (Bardin, 2011).

No levantamento documental, utilizou-se um *checklist* para verificar documentos disponíveis, como relatórios do ERP, laudos químicos, histórico de licenças e arquivos administrativos. A observação sistemática participante foi realizada pelo próprio autor, colaborador da empresa há mais de sete anos, com acesso pleno às rotinas e registros internos. Essa observação foi estruturada, natural e não disfarçada, conforme Malhotra (2019).

A análise de conteúdo seguiu três etapas: (i) pré-análise, com elaboração dos instrumentos e estruturação das ideias principais; (ii) análise, com organização de tabelas e definição das categorias: mapeamento dos processos operacionais, avaliação dos impactos ambientais e alternativas de

inovação tecnológica; e (iii) tratamento dos dados, com interpretação dos resultados e proposição de melhorias.

Na sequência, a tabela 2 sintetiza as informações apresentadas na metodologia.

Tabela 2
Resumo metodológico

Abordagem	Método	Técnica de pesquisa	Coleta de dados	Análise de dados
Qualitativa	Descritivo	Estudo de caso	Entrevista em profundidade; Análise documental; Observação sistemática participante.	Análise de conteúdo

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

4 Resultados

A primeira pergunta buscava entender sobre como funcionava o processo operacional produtivo das duas indústrias químicas em questão, bem como, coletar a visão dos especialistas sobre como funciona o processo produtivo, de uma maneira geral, no setor químico. A Figura 1 apresenta o fluxograma conforme o processo descrito pelos entrevistados.



Figura 1. Fluxograma de processo conforme E1
Fonte: Dados da pesquisa (2024)

O processo produtivo inicia com o recebimento da matéria-prima, seguido por verificações, pesagem, emissão de ordens de produção, preparação das máquinas, controle de qualidade e, por fim, envase, lacre, rotulagem, estocagem e envio via transportadora. Conforme a literatura, na gestão de operações a busca por eficiência e competitividade requer investimentos contínuos em tecnologia, processos e capacitação de pessoas (Heizer et al., 2020; Fitzsimmons & Fitzsimmons, 2014; Slack et al., 2009).

A tabela 3 sintetiza as respostas dos entrevistados E3 e E4 em relação ao funcionamento do processo produtivo, de uma maneira geral, no setor químico.

Tabela 3
O processo operacional das indústrias químicas

O processo operacional das indústrias químicas, conforme especialistas do setor	
E3	E4
"A indústria química hoje possui muitas particularidades, decorrentes de questões de periculosidade, riscos de acidentes, impactos ambientais, entre outros. Existe também a questão do controle exercido pelos órgãos ambientais, polícia federal e ministério do exército. Mas de uma maneira geral, as indústrias químicas se concentram em transformar insumos em produtos".	"A indústria química, de uma maneira geral, desenvolve um processo de transformação. É basicamente pegar a matéria-prima e transformá-la em produto final. E, acima de tudo, no cenário empresarial do Brasil hoje, esse processo precisa dar lucro".

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Observa-se que as respostas dos entrevistados E3 e E4 são muito similares. Pode-se perceber, a partir das respostas dos entrevistados, que existe um cuidado com a gestão de operações, podendo-se identificar algumas etapas principais do processo de operação descrito por Marcousé et al. (2013), como: (i) a cadeia de suprimentos, envolvendo a fábrica, onde insumos são transformados em produtos e considera-se, desde o recebimento da matéria-prima, até a entrega ao cliente; (ii) os fornecedores, com a empresa selecionando e confiando na disponibilização de produtos e; (iii) administração da qualidade, estabelecendo critérios de excelência para satisfazer os clientes e entregar os produtos dentro das condições estabelecidas no momento da venda. Dando sequência, a próxima pergunta do questionário foi sobre os tipos de máquinas e equipamentos utilizados no processo operacional da empresa. As respostas encontram-se na Tabela 4.

Tabela 4
Máquinas e equipamentos

Entrevistado	Máquinas e equipamentos utilizados
E1	Balança, bomba elétrica, reatores, misturadores, paleteira, reator de bancada, viscosímetro, pincéis, pistola spray, pistola de calor, lâmpada flash, prensa, dinamômetro, densímetro, estufa.
E2	Tanques, misturadores elétricos, balanças digitais, envasadoras elétricas, paleteiras e carrinhos de movimentação de pallets.
E3	Equipamentos de transporte de materiais, tubulações, bombas, válvulas, tanques de mistura, mangueiras, balanças e operações de transferência e envase.
E4	Tanques, silos, materiais de armazenagem, caixas, reatores, bombas, equipamentos de transporte e processamento, balanças.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Observa-se a utilização de equipamentos como balanças, bombas elétricas, reatores, misturadores, tanques e materiais para transporte de mercadorias, conforme exemplificado na tabela 4. Esses recursos são comuns no setor químico e cumprem funções similares relacionadas ao armazenamento, transporte e processamento de insumos. Segundo Peinado e Graeml (2014), as atividades produtivas são fundamentais em qualquer tipo de indústria e requerem gestão eficiente para garantir o equilíbrio operacional. Tradicionalmente, essas atividades envolvem áreas como estoque, programação e layout de processos, sob responsabilidade de gerentes de produção, que coordenam tanto os equipamentos quanto a equipe. Isso reforça a importância do domínio técnico e do acompanhamento contínuo no uso adequado das máquinas (Shang et al., 2015).



A próxima pergunta da entrevista abordou as técnicas e ferramentas de gestão de produção utilizadas nas indústrias, e o entendimento dos especialistas sobre essas técnicas, de um ponto de vista do setor químico em geral. Na sequência, a tabela 5 sintetiza as respostas:

Tabela 5

Técnicas e ferramentas de gestão

Entrevistado	Técnicas e ferramentas de gestão de produção
E1	Sistema ERP, Sistema de PCP, Planilhas Excel, armazenamento em nuvem.
E2	A empresa utiliza um sistema ERP que faz toda a análise dos dados, desde estoque, PCP, pedidos de clientes, financeiro e demais rotinas.
E3	Mecanismos gerais de PCP. Sistemas ERP, sistemas de PCP, planilhas de Excel, dashboards para análises, controles de estoque mínimo e de logística.
E4	Ferramentas de PCP principalmente.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Conforme mencionado pelos entrevistados E3 e E4, no setor químico, de um modo geral, as ferramentas e técnicas de gestão concentram-se principalmente em mecanismos gerais de planejamento e controle de produção, além de controles de estoque, logística e de análise e processamento de dados. Para Fitzsimmons e Fitzsimmons (2014), controlar e acompanhar o processo produtivo é fundamental para evitar gargalos de tempo e de produtividade. Esse acompanhamento pode ser realizado através do mapeamento de processos, realizado por meio de técnicas como fluxogramas e diagramas de processo.

As próximas duas perguntas visam evidenciar as inovações em processos e produtos que ocorreram nas empresas e no setor químico em geral, nos últimos cinco anos, e quais foram os motivos dessas inovações. A tabela 6 sintetiza as respostas.

Tabela 6

Inovações e seus motivos

Entrevistado	Inovações nos últimos 5 anos	Motivos da inovação
E1	Aquisição de MP inovadoras, criação do setor de marketing, descarte de embalagens e emissão de MTR's, implementação da logística reversa, informatização da assistência técnica, criação de novos canais de atendimento, renovação do layout do escritório, troca de lâmpadas para LED, criação de sistema de recirculação de água para reatores;	Busca por novos mercados e melhorar o desempenho do produto, expansão da marca, descarte correto de resíduos, melhorar o atendimento ao cliente, reduzir custo de energia, economizar água;
E2	Busca por produtos e fornecedores mais sustentáveis, mudanças de layout interno, implementação de sistema ERP, compra de envasadora digital para bisnagas, reaproveitamento (limpeza) de embalagens plásticas e instalação de placas solares e troca de lâmpadas para LED.	Melhorar os produtos e oferecer mais opção aos clientes, aumentar a produtividade, reduzir e economizar energia elétrica, facilitar processos internos entre colaboradores, e reduzir a geração de resíduos.
E3	Percebe-se o investimento em automação de processos, mudanças em plantas produtivas, layouts internos, acionamento e abertura de válvulas e tubulações remotamente, controles de nível, automatização da planta produtiva.	Ganhar produtividade, reduzir os custos, evitar riscos de trabalho, aumentar a segurança e a assertividade de processos e tomada de decisão.

E4	Principalmente a internet e o avanço da internet das coisas, os sensores, robotização, integração de sistemas e máquinas, processamento de dados.	Agilidade e assertividade no processo produtivo e segurança na tomada de decisão, minimizar riscos, integrar fábricas e pessoas.
----	---	--

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

No setor químico, a inovação tem se manifestado por meio de investimentos em automação, integração de sistemas, sensores, internet das coisas e tecnologias de alto processamento de dados, como a *big data*. Segundo os entrevistados E3 e E4, essas inovações têm gerado ganhos em produtividade, assertividade na tomada de decisões e redução de riscos operacionais. Para Crossan e Apaydin (2010), a inovação representa tanto um processo quanto um resultado, englobando desde a criação de novos produtos e métodos até a renovação de mercados e modelos de gestão. Quando orientada à sustentabilidade, ela se torna essencial para desenvolver soluções que minimizem impactos ambientais e sociais (Hansen & Wakonen, 1997; Schaltegger et al., 2012; Tidd, 2023).

As falas dos entrevistados E1 e E2 ilustram práticas de inovação sustentável, como a busca por matérias-primas e fornecedores mais responsáveis, logística reversa, recirculação de água, reaproveitamento de embalagens, uso de energia solar e lâmpadas LED, medidas que visam reduzir poluição, desperdício e custos (Demirel & Danisman, 2019; De Marchi, 2012; Ogiemwonyi et al., 2023). A reorganização do *layout* e da planta produtiva também revela preocupação com o desempenho social e o bem-estar dos colaboradores (Morales et al., 2022; Urbinati et al., 2023). Por fim, os entrevistados associam a inovação à redução de impactos ambientais e operacionais, além de ganhos em lucratividade, reputação e resiliência (Cherrafi et al., 2018; Wang & Shen, 2016; Peng et al., 2021).

Dando continuidade na entrevista, foi questionado sobre as iniciativas que foram adotadas pelas empresas, nos últimos cinco, anos visando a redução do impacto ambiental. As respostas encontram-se na tabela 7, na sequência.

Tabela 7
Iniciativas adotadas

Entrevistado	Iniciativas adotadas que resultaram na redução de impacto ambiental
E1	Troca de lâmpadas para LED, sistema de luzes com acionamento e desligamento automático, sistema de reaproveitamento de água para resfriamento de máquina, nova disposição de layout interno e melhorias em equipamentos para a equipe, busca por matérias-primas menos agressivas à saúde humana, logística reversa com clientes, descarte correto de embalagens.
E2	Troca de lâmpadas para LED, busca de matérias-primas sustentáveis com fornecedores, reaproveitamento de água nos processos, instalação de placas de energia solar, reciclagem e reaproveitamento de embalagens plásticas, melhorar condição de trabalho para equipe.
E3	Principalmente questão de fluxo de processos, padronizações, implementação de SGA, integração de equipamentos e máquinas e o fomento à <i>startups</i> para buscar visões inovadoras de redução de impactos ambientais.
E4	Pesquisa e desenvolvimento de matérias-primas inovadoras e menos agressivas, a reutilização de resíduos gerados para produzir novos produtos, incentivo da economia circular nas empresas.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

De acordo com os entrevistados E1 e E2, as empresas adotaram iniciativas financeiramente acessíveis, como a substituição por lâmpadas LED, sensores de presença, instalação de placas solares, melhorias de *layout*, logística reversa, descarte adequado de resíduos e o reaproveitamento de água. Também destacaram a busca por matérias-primas menos agressivas e o uso de armazenamento em nuvem como estratégia para reduzir papel. Já o entrevistado E3 ressaltou ações mais amplas do setor químico, como a padronização de processos, adoção de sistemas de gestão ambiental e o incentivo a *startups* voltadas a soluções inovadoras e de baixo custo. Para E4, o foco está na pesquisa e



desenvolvimento de matérias-primas sustentáveis e na reutilização de resíduos, alinhando-se aos princípios da economia circular.

De modo geral, as inovações identificadas pelos entrevistados abrangem produtos, processos, marketing e modelos de negócio, com destaque para práticas que reforçam a manufatura sustentável e integram os valores do desenvolvimento sustentável às operações (Schreiber et al., 2023; Silva et al., 2016; Schroeder & Goldstein, 2018). No entanto, conforme apontado por E3, a adoção de tecnologias mais sustentáveis ainda esbarra na resistência dos gestores e nos altos custos de implementação, especialmente em empresas de menor porte (Chatterjee et al., 2023; Govindan & Arampatzis, 2023; Tidd, 2023).

A última pergunta foi sobre quais ações poderiam ser adotadas pelas empresas e pelo setor químico em geral, para reduzir o impacto ambiental, com o apoio de novas tecnologias. Na sequência, a tabela 8 ilustra a resposta de cada um dos entrevistados.

Tabela 8
Ações futuras para redução de impacto ambiental

Entrevistado	Quais ações, na sua opinião, poderiam ser adotadas pela empresa, para reduzir o impacto ambiental de suas atividades?
E1	<ul style="list-style-type: none">*Troca de torneiras dos sanitários para modelos automáticos;*Separação adequada de resíduos gerados nos sanitários, escritório e refeitório;*Implementação de dispositivos para acionamento remoto de máquinas;*Automatização dos processos finais de produção, como o envase, por exemplo e;*Propor a educação ambiental para a equipe e conscientizar o grupo sobre os riscos, impactos e possíveis melhorias.
E2	<ul style="list-style-type: none">*Sistemas de formulações mais avançados e;*Integração de sistemas e maquinários.
E3	<ul style="list-style-type: none">*Oferecer cursos e treinamentos para as equipes;*Direcionar clientes para adquirir produtos de menor impacto ambiental;*Investir em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos, menos agressivos ao meio ambiente e de fontes renováveis e biodegradáveis e;*Gerir práticas internas e alinhar questões econômicas com os objetivos estratégicos das empresas.
E4	<ul style="list-style-type: none">*Principalmente, a conscientização dos altos níveis de comando das empresas sobre meio ambiente, sustentabilidade e práticas mais verdes.

Fonte: Dados da pesquisa (2024)

Percebe-se, pelas respostas dos entrevistados, a preocupação em otimizar o processo produtivo, ganhar tempo, gerir recursos e proporcionar melhores condições para a equipe. A implementação de novas tecnologias e o estímulo à inovação, com viés sustentável, apoia-se em três pilares, sendo eles o ambiental, com a manutenção do equilíbrio no consumo e reposição de recursos; o pilar econômico, com o crescimento econômico no longo prazo; e o pilar social, envolvendo o reconhecimento e gestão dos impactos sobre as pessoas (Beier et al., 2020; Ghobakhloo, 2020; Kamble et al., 2019; Khuntia et al., 2018).

A cultura de inovação e o incentivo a mudanças exigem não apenas transformações tecnológicas, mas culturais e institucionais também, devendo as gestões estabelecerem prioridades de atuação, preparar-se para os desafios e complexidades e pensar em parcerias e colaborações que auxiliem na transição. Tais afirmações relacionam-se com a resposta do entrevistado E4, que aponta a necessidade de uma mudança hierárquica no setor químico, devendo a mudança acontecer de cima para baixo, ou seja, sendo impulsionada e controlada pelos altos níveis de comando (Jacobs & Chase, 2018; Schroeder & Goldstein, 2018).

5 Considerações Finais

O objetivo deste estudo foi coletar e analisar dados acerca de inovações organizacionais, realizadas pela Empresa Y nos últimos cinco anos, que resultaram na mitigação do impacto ambiental. O estudo justifica-se pela contribuição aos temas de gestão de operações e inovação, especialmente no setor químico e em indústrias de pequeno porte. Portanto, além de beneficiar a própria empresa analisada, com base nos dados evidenciados e projetar melhorias para fomentar a inovação e implementar mudanças, visando mitigar os impactos ambientais, também o estudo justifica-se para outras empresas de porte semelhante da região.

Para que o objetivo fosse alcançado, além da opção de estratégia de estudo de caso único, utilizou-se uma abordagem qualitativa, coleta de dados por meio de entrevista em profundidade com o químico responsável e com três especialistas externos e que não atuam na empresa, análise documental de arquivos e registros recebidos pela empresa e observação sistemática participante, considerando que um dos autores deste estudo é colaborador da empresa. Os dados foram submetidos à análise de conteúdo.

De acordo com as análises, evidenciou-se o funcionamento da operação da empresa, com ênfase no processo produtivo, desde a chegada da matéria prima no estoque até a entrega final ao cliente, identificando as máquinas e equipamentos utilizadas no processo operacional e as técnicas e ferramentas de gestão. Pela análise da operação, percebeu-se que, por se tratar de uma indústria química, alguns processos e equipamentos utilizados são específicos do setor, pois conforme a teoria apresentada, o segmento é considerado perigoso e apresenta potencial risco de impacto ambiental. Além disso, foi possível destacar as inovações que aconteceram na empresa em um período de 5 anos, envolvendo, entre elas, inovações em processos, produtos, marketing e modelo de negócio. A empresa também implementou melhorias no âmbito ambiental e sustentável, visando mitigar os danos causados pela operação, o que corrobora a preocupação da gestão com questões sustentáveis e com práticas conscientes.

Como os resultados dessa pesquisa originam-se de um estudo de caso único, o que restringe que as conclusões sejam generalizadas, sugere-se que novas pesquisas sejam realizadas sobre o tema, em outras empresas de realidade semelhante na região, utilizando tanto uma abordagem qualitativa quanto quantitativa, visando comparar o teor das respostas com a teoria e verificar a semelhança em operações industriais de outras empresas de mesmo porte e atividade.

Referências

- Associação Brasileira da Indústria Química. (2022). *O desempenho da indústria química brasileira* (21 p.). Abiquim. https://docs.google.com/viewer?url=https://abiquim-files.s3.us-west-2.amazonaws.com/uploads/guias_estudos/o_desempenho_da_industria_quimica_bra_2022.pdf&embedded=true.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Almedina, 280 p. ISBN 978-8562938047.
- Beier, G., Ullrich, A., Niehoff, S., Reißig, M., & Habich, M. (2020). Industry 4.0: How it is defined from a sociotechnical perspective and how much sustainability it includes—A literature review. *Journal of cleaner production*, 259, 120856. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120856>.
- Chatterjee, P., Greenland, S., Low, D., Watson, C., & Nguyen, N. (2023). Barriers to sustainable innovation adoption: A qualitative investigation of metal additive printing from supply and

- demand perspectives. *Cleaner Logistics and Supply Chain*, 9, 100128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772390923000379>.
- Cherrafi, A., Garza-Reyes, J. A., Kumar, V., Mishra, N., Ghobadian, A., & Elfezazi, S. (2018). Lean, green practices and process innovation: A model for green supply chain performance. *International Journal of Production Economics*, 206, 79-92. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2018.09.031>.
- Costa, R., Conceição, M. M., Silva, A. R. D., & Conceição, J. T. P. (2021). Green marketing-The importance of sustainable consumption for businesses. <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i7.16812>.
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of management studies*, 47(6), 1154-1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>.
- De Marchi, V. (2012). Environmental innovation and R&D cooperation: Empirical evidence from Spanish manufacturing firms. *Research policy*, 41(3), 614-623. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048733311001879>.
- Demirel, P., & Danisman, G. O. (2019). Eco-innovation and firm growth in the circular economy: Evidence from European small-and medium-sized enterprises. *Business Strategy and the Environment*, 28(8), 1608-1618. <https://doi.org/10.1002/bse.2336>.
- Falkenroth-Naidu, K., Hong, S., Littmann, A., Sellschop, R., & Seitz, A. (2023). A new operations formula for the chemicals sector. *McKinsey Global Publishing*. https://www.mckinsey.com/industries/chemicals/our-insights/a-new-operations-formula-for-the-chemicals-sector#.
- Fitzsimmons, J. A., & Fitzsimmons, M. J. (2014). *Administração de Serviços-: Operações, Estratégia e Tecnologia da Informação*. Amgh Editora.
- Freitas, G. P., da Silva, K. A., de Sá, G. B., Segundo, S. T. L. R., & Dantas, M. K. L. (2015). Identificação de impactos ambientais em empreendimento ou atividade de indústria química. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 10(5), 11. <https://doi.org/10.18378/rvads.v10i5.4297>.
- Galembeck, F. (2017). Evolução e inovação no setor químico brasileiro: uma visão dos últimos quarenta anos. *Química Nova*, 40(6), 630-633. <https://doi.org/10.21577/0100-4042.20170069>.
- Ghobakhloo, M. (2020). Industry 4.0, digitization, and opportunities for sustainability. *Journal of cleaner production*, 252, 119869. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119869>.
- Gil, A. C (2008). Métodos e técnicas de pesquisa social. 6. ed. São Paulo: Atlas, 220 p. ISBN 978-85-224-5142-5.
- Govindan, K., & Arampatzis, G. (2023). A framework to measure readiness and barriers for the implementation of Industry 4.0: A case approach. *Electronic Commerce Research and Applications*, 59, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.elerap.2023.101249>.

- Hansen, S. O., & Wakonen, J. (1997). Innovation, a winning solution?. *International Journal of Technology Management*, 13(4), 345-358. <https://doi.org/10.1504/IJTM.1997.001668>.
- Heizer, J., Render, B., & Munson, C. (2020). *Operations management: Sustainability and supply chain management*. Pearson.
- Sebrae. (2023, fevereiro 14). *Inovação é fator chave para indústria química*. <https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/inovacao-e-fator-chave-para-a-industria-quimica,b14a102229056810VgnVCM1000001b00320aRCRD>.
- Jacobs, F. R., & Chase, R. B. (2018). *Operations and supply chain management*. McGraw-Hill.
- Kamble, S., Gunasekaran, A., & Dhone, N. C. (2020). Industry 4.0 and lean manufacturing practices for sustainable organisational performance in Indian manufacturing companies. *International journal of production research*, 58(5), 1319-1337. <https://pure.psu.edu/en/publications/industry-40-and-lean-manufacturing-practices-for-sustainable-orga>.
- Khan, S. A. R. (Ed.). (2019). *Green Practices and Strategies in Supply Chain Management*. BoD–Books on Demand. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81088>.
- Khuntia, J., Saldanha, T. J., Mithas, S., & Sambamurthy, V. (2018). Information technology and sustainability: Evidence from an emerging economy. *Production and Operations Management*, 27(4), 756-773. <https://doi.org/10.1111/poms.12822>.
- Maciel, S. L. M., de Macedo Siqueira, É. W., & Severo, E. A. (2025). O Impacto Ambiental, Social E De Governança Sobre As Práticas Inovadoras Utilizadas Por Lavanderias De Jeans Na Capital Do Agreste PERNAMBUCANO. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT*, 19(1), 1-16. <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/AT/article/view/28346>.
- Malhotra, N. K. (2019). *Pesquisa de Marketing: uma orientação aplicada*. Bookman Editora.
- Marcousé, I.; Gillespie, A.; Surridge, M. (2013). *Gestão de operações*. São Paulo: Saraiva Educação AS, 224 p. ISBN 978-8502204065.
- Martins, G. S., Rossoni, L., Csillag, J. M., Martins, M. E., & Pereira, S. C. F. (2010). Gestão de operações no Brasil: uma análise do campo científico a partir da rede social de pesquisadores. *RAE eletrônica*, 9. <https://doi.org/10.1590/S1676-56482010000200004>.
- Morales, P., Flikkema, M., Castaldi, C., & de Man, A. P. (2022). The effectiveness of appropriation mechanisms for sustainable innovations from small and medium-sized enterprises. *Journal of Cleaner Production*, 374, 133921. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133921>.
- Ogiemwonyi, O., Alam, M. N., Hago, I. E., Azizan, N. A., Hashim, F., & Hossain, M. S. (2023). Green innovation behaviour: Impact of industry 4.0 and open innovation. *Heliyon*, 9(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e16524>.
- Ogiemwonyi, O., Harun, A. B., Alam, M. N., Karim, A. M., Tabash, M. I., Hossain, M. I., ... & Ojuolape, M. A. (2020). Green product as a means of expressing green behaviour: A cross-

cultural empirical evidence from Malaysia and Nigeria. *Environmental technology & innovation*, 20, 101055. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2020.101055>.

Ogiemwonyi, O., & Harun, A. B. (2020). Consumption of green product as a means of expressing green behaviour in an emerging economy: With the case study of Malaysia. *Environment and Urbanization ASIA*, 11(2), 297-312. <https://doi.org/10.1177/0975425320938538>.

Oliveira, R. R., da Silva, N. R., Gonçalves, W., & de Souza, R. J. (2023). Desafios Operacionais De Operadoras De Ciclovias. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT*, 17(1), 100-118. <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/AT/article/view/25446>.

Pedersoli, W. J., Santi, A. M. M., Rosa, A. C., & Pedersoli, F. A. C. (2008). Riscos na indústria química e princípio da precaução: a relação estabelecida na política nacional do meio ambiente. http://www.repositorio.ufop.br/bitstream/123456789/1291/1/EVENTO_RiscosInd%20e%20aQu%20e%20admica.pdf.

Peinado, J., & REIS GRAEML, A. L. E. X. A. N. D. R. E. (2014). A prática da gestão de operações nas organizações. *Revista de Administração de Empresas*, 54(5), 483-495. <https://doi.org/10.1590/S0034-759020140503>.

Peng, H., Shen, N., Ying, H., & Wang, Q. (2021). Can environmental regulation directly promote green innovation behavior? - based on situation of industrial agglomeration. *Journal of Cleaner Production*, 314, 128044. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128044>.

Prodanov, C. C., & De Freitas, E. C. (2013). *Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição*. Editora Feevale. <http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/Ebook%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>.

Rauter, R., Globocnik, D., & Baumgartner, R. J. (2023). The role of organizational controls to advance sustainability innovation performance. *Technovation*, 128, 102855. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2023.102855>.

Rosa, P., Sassanelli, C., Urbinati, A., Chiaroni, D., & Terzi, S. (2020). Assessing relations between Circular Economy and Industry 4.0: a systematic literature review. *International Journal of Production Research*, 58(6), 1662-1687. <https://doi.org/10.1080/00207543.2019.1680896>.

Rotondo, F., Giovanelli, L., & Ezza, A. (2023). Implementing sustainable innovation in state universities: Process and tools. *Journal of Cleaner Production*, 391, 136163. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136163>.

Schaltegger, S., Lüdeke-Freund, F., & Hansen, E. G. (2012). Business cases for sustainability: the role of business model innovation for corporate sustainability. *International journal of innovation and sustainable development*, 6(2), 95-119. <https://doi.org/10.1504/IJSD.2012.046944>.

Schreiber, D., Becker, S. C., & Martins, M. A. M. (2023). Compras verdes na cadeia de fabricação de calçados. *Revista Pretexto*, 24(1). <http://revista.fumec.br/index.php/pretexto/article/view/9383>.



Schroeder, R.; Goldstein, S. M. (2018). *Operations management in the supply chain: Decisions and Cases*. 7. ed. Nova Iorque: McGraw Hill. 528 p. ISBN 978-0077835439.

Schumpeter, J. A. (1997). *Teoria do desenvolvimento econômico: uma investigação sobre lucros, capital, crédito, juro e ciclo econômico*. São Paulo: Nova Cultural.

Shang, G., Saladin, B., Fry, T., & Donohue, J. (2015). Twenty-six years of operations management research (1985–2010): authorship patterns and research constituents in eleven top rated journals. *International Journal of Production Research*, 53(20), 6161-6197. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1037935>.

Silva, V. S., Bichueti, R. S., Dubou, G., & Seidler, E. P. (2025). As Relações Que Sustentam Um Ecosistema De Inovação E Empreendedorismo. *Revista Eletrônica de Administração e Turismo-ReAT*, 19(1), 75-90. <https://periodicos.ufpel.edu.br/index.php/AT/article/view/28740>.

Slack, N., Chambers, S., & Johnston, R. (2009). *Administração da produção* (Vol. 2). São Paulo: Atlas.

Tidd, J. (2023). Managing innovation. *IEEE Technology and Engineering Management Society Body of Knowledge (TEMSBOK)*, 95-108. <https://doi.org/10.1002/9781119987635.ch6>.

Urbinati, A., Shams Esfandabadi, Z., & Messeni Petruzzelli, A. (2023). Assessing the interplay between Open Innovation and Sustainability-Oriented Innovation: A systematic literature review and a research agenda. *Business Ethics, the Environment & Responsibility*, 32(3), 1078-1095. <https://doi.org/10.1111/beer.12540>.

Wang, Y., & Shen, N. (2016). Environmental regulation and environmental productivity: The case of China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 758-766. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032116301587>.

ⁱ Autoria

Gustavo de Oliveira Hanauer - gustavo.hanauer@icloud.com

Dusan Schreiber - dusan@feevale.br

Luciane Pereira Viana - viana.luciane.lu@gmail.com