

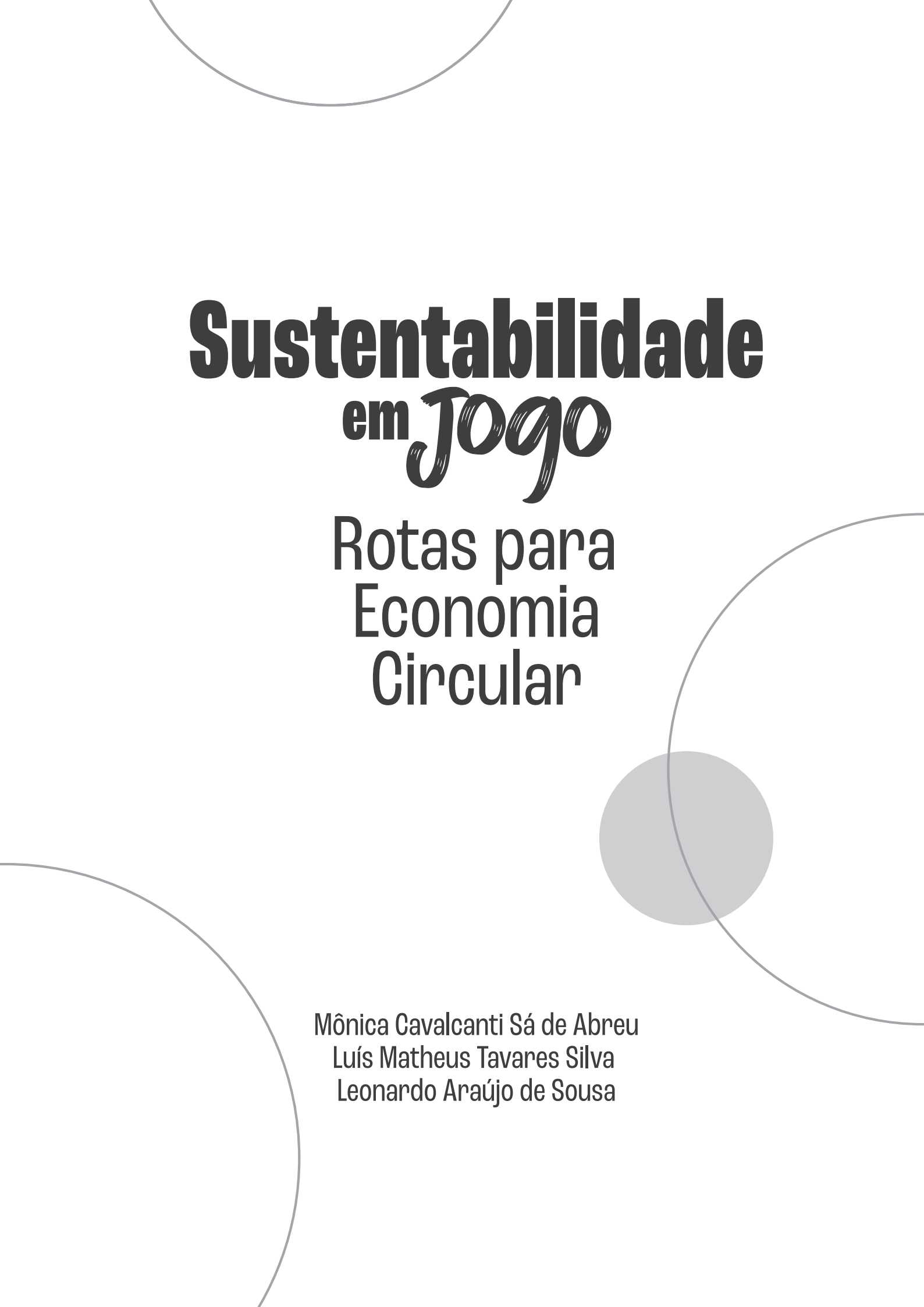


Sustentabilidade em *Jogo*

Rotas para
Economia Circular

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu
Luís Matheus Tavares Silva
Leonardo Araújo de Sousa





Sustentabilidade em *Jogo*

Rotas para
Economia
Circular

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu
Luís Matheus Tavares Silva
Leonardo Araújo de Sousa

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Bibliotecária: Patrícia Vieira Costa CRB 3/1341

A162s ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de.
Sustentabilidade em jogo: rotas para economia circular. / Mônica Cavalcanti Sá de Abreu, Luís Matheus Tavares Silva, Leonardo Araújo de Souza. – Fortaleza: Gráfica e Editora LCR, 2025.

112p.; il. color., enc.; 21 x 29,7 cm.

ISBN: 978-85-7915-620-5

1. Desenvolvimento sustentável. 2. Sustentabilidade corporativa.
3. Economia ambiental. I. Título. II. SILVA, Luís Matheus Tavares. III.
SOUZA, Leonardo Araújo de.

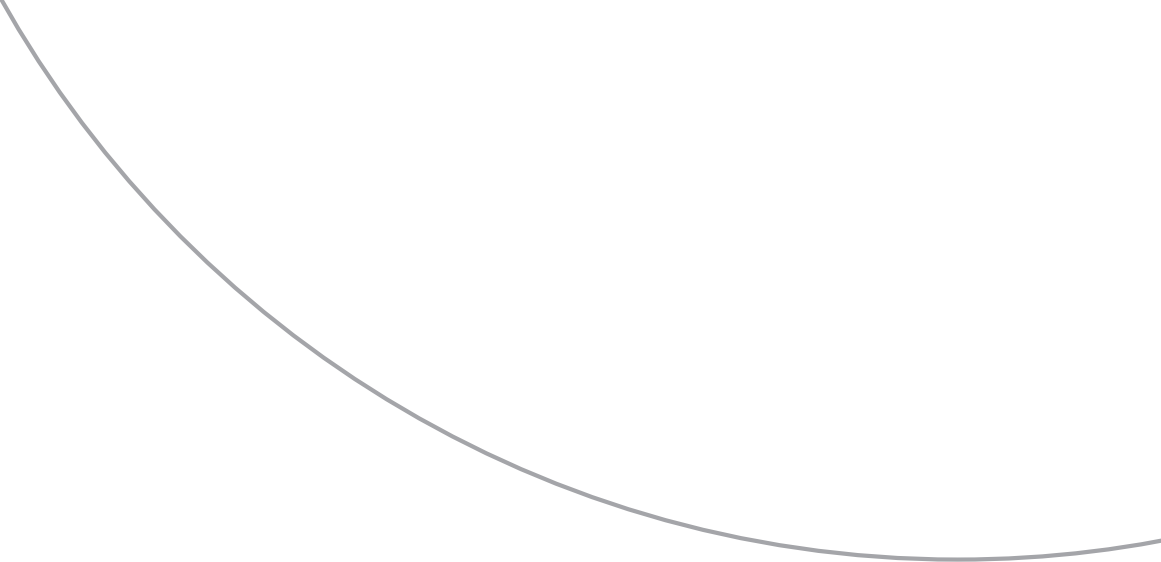
CDD 337.7

GRÁFICA E EDITORA LCR

Rua Israel Bezerra, 633 | Dionísio Torres | Fortaleza | CE

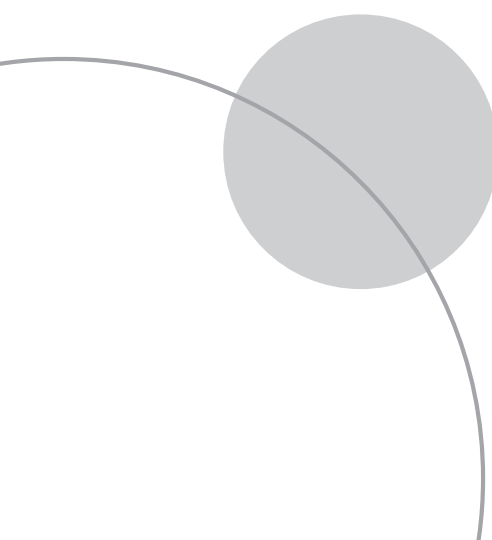
Tel.: ☎ 85 3105.7900 | atendimento01@graficalcr.com.br

www.graficalcr.com.br



*O universo opera
por meio de trocas dinâmicas...
dar e receber são diferentes aspectos
do fluxo da energia universal.*

Deepak Chopra



Em 2004, a partir de um projeto de pesquisa financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Prof. Chico Soares e eu tivemos a iniciativa de montar o Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade (LECoS), vinculado a Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC) da Universidade Federal do Ceará (UFC). Desde então, sob minha liderança, o LECoS vem conduzindo pesquisas que promovem respostas corporativas e políticas públicas voltadas ao desenvolvimento sustentável. Adotamos uma abordagem interdisciplinar, apoiados na conexão multinível das dimensões econômica, ambiental e social, em um contexto temporal e espacial.

Esse livro “Sustentabilidade em Jogo: Rotas para Economia Circular” é fruto de um projeto de pesquisa financiado pelo CNPq, que tem como objetivo construir uma agenda em torno da compreensão de estratégias para alavancar a interação e o engajamento dos stakeholders, onde academia, empresas, governos e instituições possam aprender uns com os outros, em prol da transição de uma economia linear para uma economia circular.

A transferência de tecnologias e de experiências acadêmicas é um mecanismo de desenvolvimento de soluções para a melhoria das economias regionais e minimização dos impactos ambientais e sociais. Por meio desse livro, desenvolvemos um conjunto de rotas apresentadas na forma de jogos de tabuleiro, com ações de curto, médio e longo prazo para a implementação de parques industriais com ênfase na economia circular e na descarbonização.

Nossa missão de ampliar o conceito de sustentabilidade corporativa conta com valiosos aliados. Gratidão à Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC), ao Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial do Ceará (SENAI/CE) e à Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (AECIPP) pelo apoio na mobilização das empresas para a realização de entrevistas, coleta de dados visitas técnicas, workshops e eventos. Um agradecimento especial às empresas que gentilmente colaboraram para o avanço da ciência e acolheram tão bem nossa equipe de pesquisa, trocando experiências e conhecimentos.

A sustentabilidade está em jogo! O desenvolvimento industrial acumulou riquezas que ajudaram a aliviar a pobreza e a criar oportunidades em uma velocidade maior do que se poderia imaginar. Contudo, esta criação de riqueza ocorreu sob um alto custo ambiental. Empresas e a sociedade estão consumindo recursos mais rapidamente do que a Terra é capaz de reabastecer. A equidade intra-geracional está comprometendo a equidade inter-geracional.

Mais do que um registro de pesquisa, esse livro é um convite à reflexão e à ação!

Prof^a. Mônica Cavalcanti Sá de Abreu

Professora Titular da Universidade Federal do Ceará

O desenvolvimento científico e tecnológico trouxe, além dos benefícios óbvios para a sociedade, uma série de problemas para o meio ambiente devido à exploração excessiva dos recursos do planeta para atender a demanda de consumo. É estimado que desde o final do século XX, o nosso estilo de vida consome 1,6 vezes a capacidade de regeneração do planeta. A nossa exposição a produtos químicos, radiação ultravioleta e poluição da água, do ar e do solo contribuem para mais de uma centena de tipos de lesões e doenças. Produzimos e vivemos cada vez mais distante da sustentabilidade. Essa postura levou nossa espécie a se tornar a maior ameaça ao equilíbrio do ecossistema.

A humanidade tem o grande desafio de buscar o desenvolvimento sustentável cujo conceito tem como centralidade a interação harmoniosa entre o social, o econômico e o ambiental. A implementação desse modelo passa inevitavelmente pela preservação do ecossistema, que no modelo de desenvolvimento adotado pela humanidade ele é destruído direta ou indiretamente pela ação antropogênica. A busca pela sustentabilidade é talvez o maior e mais desafiador empreendimento humano da história, pois demanda o envolvimento articulado de todos os setores da sociedade e o engajamento individual de cada cidadão.

A racionalidade econômica vigente no século XX estabeleceu um modo de vida onde buscamos, individual e coletivamente, viver com muito mais do que realmente precisamos. Geramos uma sociedade cujo produto mais abundante é o resíduo. A grande crise ambiental atualmente instalada no planeta não tem solução imediata, pois os meios de produção estabelecem uma relação entre homem e natureza caracterizada pela degradação ecológica.

A ciência tem alertado que o uso irracional dos recursos naturais traz trágicas consequências para o planeta e proposto algumas soluções e práticas que mitigam alguns dos problemas que emergem da interação homem e meio ambiente.

O livro “Sustentabilidade em Jogo: Rotas para Economia Circular” contribui com a busca de um mundo mais sustentável descrevendo rotas para promover a mudança de sistemas produtivos lineares para sistemas circulares. Com foco no contexto do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (CIPP), o livro aborda desde as questões relacionadas com o tratamento dos resíduos, reciclagem, reuso de água, até ferramentas de gestão para auxiliar nesse processo de transformação do setor industrial.

Com uma linguagem acessível e embasamento científico, a obra é uma referência para a modernização da gestão e das práticas do parque industrial do Estado, garantindo que as iniciativas locais de sustentabilidade estejam alinhadas com as metas globais.

Prof. Antonio Gomes Souza Filho

Professor Titular da Universidade Federal do Ceará

A indústria enfrenta um cenário de transformação impulsionado pela necessidade de adotar práticas mais eficientes e sustentáveis. A escassez de recursos naturais, o fortalecimento das regulamentações ambientais e a transição para uma economia de baixo carbono impõem desafios complexos às cadeias produtivas. Diante desse contexto, a colaboração é essencial para impulsionar a inovação, qualificar a mão de obra e desenvolver soluções que conciliem competitividade e sustentabilidade.

A adoção de práticas sustentáveis não apenas reduz impactos ambientais, mas também fortalece a competitividade da indústria. O alinhamento com os princípios ESG (ambiental, social e governança) e os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) amplia o acesso a novos mercados e mitiga riscos regulatórios. O ODS 12 (Consumo e Produção Responsáveis) e o ODS 13 (Ação Contra a Mudança Global do Clima) desempenham um papel central nesse processo, promovendo o uso eficiente de insumos, a redução de desperdícios e a transição para fontes energéticas mais limpas.

Modelos circulares viabilizam essas mudanças ao integrar processos que valorizam coprodutos, reaproveitam materiais e reduzem a dependência de recursos não renováveis. Para que essa transformação aconteça de forma consistente, é necessário um esforço coordenado entre indústrias, universidades, governos e sociedade. O desenvolvimento tecnológico, a capacitação de profissionais e a modernização da estrutura regulatória são fatores fundamentais para tornar a economia circular uma realidade escalável e acessível.

Mais do que uma necessidade, essa mudança representa uma oportunidade para dinamizar mercados, gerar empregos qualificados e fortalecer cadeias produtivas regionais. O compromisso com um modelo de desenvolvimento sustentável começa com as decisões tomadas hoje. Nesse sentido, este livro não apenas mapeia desafios, mas também apresenta caminhos concretos para que a indústria avance na implementação de estratégias circulares e reforce sua competitividade sem comprometer a sustentabilidade.

Economia Circular e Descarbonização

A economia linear e a economia circular são conceitos centrais nos debates sobre desenvolvimento sócio-econômico e impacto ambiental.

A economia linear baseia-se em um modelo de produção e consumo caracterizado pela sequência "extrair, produzir, descartar".

Esse padrão prioriza a exploração de recursos naturais para a fabricação de bens que, ao fim de sua vida útil, são descartados como resíduos.

A economia linear, portanto, desconsidera as limitações dos recursos naturais e as consequências ambientais do descarte, o que resulta em impactos negativos cumulativos.

Em contrapartida, a economia circular é definida como "sistema econômico que utiliza uma abordagem sistêmica para manter um fluxo circular de recursos, ao recuperar, reter ou agregar valor a esses recursos, ao mesmo tempo em que contribui para o desenvolvimento sustentável" (ABNT NBR ISO 59004:2024, item 3.1.1).

Nesse sistema, resíduos são transformados em coprodutos para participarem de novos ciclos produtivos. Portanto, o objetivo da economia circular é viabilizar o desenvolvimento de maneira sustentável, evitando que o crescimento das atividades resulte, necessariamente, em maiores impactos ambientais,

especialmente no consumo de recursos naturais.

Como implantar a economia circular em uma perspectiva multinível?

A economia circular possui três níveis de implementação: os níveis micro, meso e macro.

No nível micro, a economia circular envolve consumidores e empresas como os principais participantes. Nesse nível, os consumidores optam por adquirir produtos com maior vida útil ou de segunda mão, contribuindo para a redução do desperdício.

No caso das empresas, ocorre a mudança em direção ao desenvolvimento de produtos com maior durabilidade, reparabilidade e reutilização, além da adoção de práticas como reciclagem, remanufatura e logística reversa, as quais viabilizam o retorno de materiais ao ciclo produtivo.

As empresas também podem implementar modelos de negócio baseados no fornecimento de serviços, como product-as-a-service, que promovem o uso eficiente dos recursos em vez da posse.

No nível meso, a colaboração ocorre entre empresas ou setores dentro de uma região geográfica ou em sistemas organizados para promover o reaproveitamento de coprodutos.

Esse nível também envolve o uso de soluções compartilhadas, como infraestrutura para gestão de recursos, energia e resíduos, que aumentam a eficiência coletiva e reduzem custos operacionais. Exemplos incluem clusters industriais, onde processos produtivos são integrados com base em cadeias de valor circulares.

O nível macro da economia circular envolve ações em larga escala que transformam sistemas econômicos nacionais ou globais. Estruturas regulatórias, como legislações ambientais e programas de gestão integrada de resíduos, estabelecem diretrizes para práticas sustentáveis.

Estratégias de longo prazo voltadas à descarbonização e à eficiência energética de sistemas produtivos complementam essas iniciativas, promovendo mudanças nos padrões de produção e consumo.

Como a economia circular pode gerar valor no nível micro?

No nível micro, o valor pode ser criado por empresas que adotam modelos de negócios circulares. Essas organizações promovem práticas alinhadas à economia circular, como o uso eficiente de recursos, a implementação de ciclos fechados, a redução de desperdícios e o incentivo à reutilização e regeneração de materiais.

A diferença entre os modelos de negócios circulares e os modelos de negócios convencionais (i.e., Business as Usual) reside na estratégia de gestão de recursos. Enquanto os modelos de negócios convencionais priorizam a eficiência com base em cadeias produtivas que dependem do consumo contínuo de insumos, os modelos de negócio circulares integram práticas voltadas à sustentabilidade ambiental, econômica e social, considerando os impactos de longo prazo. Isso requer inovação nos processos organizacionais e produtivos, com a adoção de práticas colaborativas ao longo da cadeia de valor.

Modelos de negócios circulares utilizam diversas estratégias para otimizar o uso de recursos. Uma dessas estratégias é o cycling, que consiste em reciclar materiais e energia dentro do sistema, por meio de práticas como reuso, remanufatura, recondicionamento e reciclagem. Por exemplo, pneus usados podem ser reaproveitados como matéria-prima para a fabricação de novos produtos, como pisos de borracha ou materiais para construção.

Outra abordagem é a extensão dos ciclos de recursos, que visa prolongar a fase de uso dos produtos por meio de design duradouro e atemporal, campanhas de marketing que incentivem o uso prolongado, manutenção e reparo.

Um exemplo disso são os relógios mecânicos de alta qualidade fabricados pela Patek Philippe, que são projetados para durar gerações e promovidos com a mensagem de que o consumidor não é dono do relógio, mas sim seu guardião para as próximas gerações.

A intensificação dos ciclos de recursos busca maximizar o uso dos produtos durante sua fase de uso, adotando soluções como economia compartilhada. Por exemplo, o compartilhamento de carros pode reduzir significativamente o tempo ocioso dos veículos e o número de quilômetros percorridos por usuário, em comparação com sistemas baseados na posse material do produto.

Outra estratégia é a desmaterialização dos ciclos de recursos, que consiste em substituir produtos físicos por soluções baseadas em serviços ou software, eliminando a necessidade da posse material do produto. Um exemplo é o uso de plataformas de streaming musical, que substituíram a fabricação e distribuição de CDs ao fornecerem acesso digital às músicas.

Essa estratégia, além de reduzir a produção de itens físicos, melhora a conveniência do cliente. No entanto, ela deve ser implementada com cuidado para evitar impactos negativos, como o

aumento desnecessário no consumo de energia ou recursos vinculados à solução digital.

Modelos de negócios circulares promovem benefícios sociais e ambientais por meio da otimização do uso de recursos e da redução de impactos negativos. Do ponto de vista ambiental, esses modelos minimizam a extração de recursos naturais e a geração de resíduos, contribuindo para a redução de emissões de gases de efeito estufa e a preservação da biodiversidade. A implementação de ciclos fechados e práticas de reaproveitamento de materiais reduz a dependência de insumos não renováveis e diminui a pressão sobre os ecossistemas.

No âmbito social, os modelos de negócio circulares geram impactos positivos ao criar empregos em setores relacionados à economia circular, como reciclagem, remanufatura e reparo. Além disso, estimulam a inclusão social ao promover oportunidades para pequenos negócios e cooperativas locais. A transição para soluções baseadas em serviços também pode ampliar o acesso a produtos e funcionalidades, democratizando o consumo e favorecendo a equidade social.

Esses benefícios estão interligados, pois a mitigação de danos ambientais contribui para a melhoria da qualidade de vida das comunidades, enquanto as oportunidades econômicas geradas fortalecem o tecido social.

No âmbito organizacional, a criação de plataformas para o compartilhamento de materiais entre empresas reduz custos logísticos e amplia o alcance do reaproveitamento. Os modelos de negócios circulares são concebidos para manter recursos em uso pelo maior tempo possível.

Adotar arquétipos de modelos de negócios circulares também impulsionam a economia circular e representam direções estratégicas que conectam inovação tecnológica, mudanças

comportamentais e reconfiguração de cadeias produtivas.

Esses arquétipos se organizam em três categorias principais: tecnologia, social e organizacional, cada uma enfatizando um tipo predominante de inovação.

A categoria tecnologia contribui para a eficiência produtiva ao priorizar inovação em processos e materiais. O arquétipo **“maximizar a produtividade de materiais e a eficiência energética”** reduz desperdícios ao aumentar o aproveitamento de materiais. O arquétipo **“criar valor a partir de resíduos”** elimina descartes ao transformar resíduos em coprodutos reaproveitáveis. O arquétipo **“substituir por fontes renováveis e processos naturais”** amplia a resiliência dos negócios ao reduzir a dependência de recursos não renováveis.

A categoria social influencia padrões de consumo e incentiva práticas circulares. O arquétipo **“entregar funcionalidade em vez de propriedade”** substitui a posse de bens pelo acesso a serviços. O arquétipo **“assumir um papel de gestão responsável”** fortalece relações com stakeholders e promove compromissos sustentáveis. O arquétipo **“estimular a suficiência”** incentiva consumidores e empresas a reduzirem excessos no consumo e na produção.

Por fim, a categoria organizacional viabiliza a reestruturação de empresas para alinhar seus objetivos à economia circular. O arquétipo **“redirecionar o propósito do negócio para benefício social ou ambiental”** amplia os impactos positivos da atividade empresarial ao integrar aspectos sociais e ambientais na tomada de decisão. O arquétipo **“desenvolver soluções escaláveis”** facilita a replicação de práticas circulares em diferentes contextos, permitindo ganhos de escala e ampliação dos benefícios sistêmicos.

Como a economia circular pode gerar valor no nível meso?

Uma das formas de criar valor no nível meso é a simbiose industrial, conceito inspirado na interdependência biológica entre os seres vivos. Symbiose industrial se refere à troca de materiais, energia, água ou subprodutos entre organizações, criando redes que operam como sistemas integrados e sustentáveis.

A adoção de redes de simbiose industrial pode reduzir custos operacionais, mitigar riscos associados à escassez de recursos e impulsionar inovações tecnológicas. Essas redes também promovem práticas sustentáveis por meio da articulação entre diferentes atores para o gerenciamento conjunto de recursos e processos.

Para viabilizar essa colaboração, os orquestrantes são responsáveis por conectar empresas, facilitar trocas de informações e criar condições para a colaboração em redes de simbiose industrial. Esses agentes podem ser governos locais, associações empresariais, universidades ou empresas privadas.

Os orquestrantes organizam as interações entre os envolvidos, coordenam fluxos de conhecimento e ajudam a identificar sinergias que tragam benefícios mútuos.

Além disso, atuam para superar desafios como desconfiança entre os participantes, ausência de regulamentações adequadas e falta de informações técnicas necessárias para viabilizar as trocas.

A relevância estratégica da simbiose industrial define o nível de envolvimento e atuação do orquestrante. Quando a iniciativa está fortemente alinhada com seus interesses organizacionais, o orquestrante assume um papel mais ativo, liderando a mobilização de parceiros, promovendo o compartilhamento de informações e incentivando o engajamento.

No entanto, quando o alinhamento é menor, o foco da atuação se desloca para a mediação de interesses, a resolução de conflitos e a facilitação de um diálogo construtivo, garantindo que as interações entre os participantes sejam equilibradas e produtivas.

O acesso a recursos críticos também determina a forma como o orquestrante opera dentro da rede. Orquestrantes que controlam infraestrutura essencial, como instalações ou sistemas de gestão de resíduos, ou possuem informações estratégicas, como dados sobre fluxos de materiais, têm maior capacidade de influenciar as decisões e os processos colaborativos.

Esse acesso os coloca em uma posição estratégica para liderar iniciativas, otimizar os fluxos de recursos e facilitar uma integração mais eficiente entre as empresas participantes.

Os orquestrantes também desempenham um papel importante na geração de benefícios econômicos e ambientais para a rede. Atuam ajudando a reduzir custos operacionais, promovem práticas sustentáveis e criam condições que atraem novos negócios para a região.

Essas ações favorecem as organizações diretamente envolvidas e fortalecem o ecossistema empresarial, impulsionando o crescimento econômico regional e promovendo a sustentabilidade a longo prazo. Ao alinhar objetivos econômicos e ambientais, os orquestrantes tornam as redes mais resilientes e capazes de operar de forma eficiente e sustentável.

No Reino Unido, o National Industrial Symbiosis Program (NISP) se configura como um caso de sucesso na implantação da simbiose industrial. O NISP demonstrou como redes industriais podem evoluir ao integrar processos direcionados para a economia circular.

Essa integração criou redes resilientes e adaptáveis e aumentou a eficiência no uso dos recursos utilizados pelas empresas envolvidas. A União Europeia posiciona a simbiose industrial como uma prioridade para viabilizar economias circulares, com políticas que incentivam a colaboração entre setores industriais.

No Brasil, o Programa Mineiro de Simbiose Industrial (PMSI), baseando-se na metodologia no NISP, buscou implementar a simbiose industrial no Estado. Liderado pela Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais (FIEMG), a implementação do programa começou em 2009, com o objetivo de conectar empresas em diferentes regiões de Minas Gerais.

A FIEMG estruturou o PMSI com base em workshops regionais, realizados anualmente, onde empresas compartilham informações sobre oferta e demanda de resíduos e recursos. Os dados coletados durante esses encontros são utilizados para identificar possíveis conexões entre as participantes. O PMSI enfrentou barreiras de ordem institucional e econômica, como a ausência de políticas públicas que incorporem a simbiose industrial como estratégia corporativa ou que ofereçam incentivos para sua realização.

Nesse cenário, as empresas participantes do PMSI aderem ao programa, principalmente, com o objetivo de reduzir custos associados à gestão de resíduos. Para facilitar essas iniciativas, o PMSI promove práticas como a bolsa de resíduos, que conecta empresas interessadas em parcerias para o reaproveitamento de materiais.

As sinergias criadas no âmbito do PMSI evidenciam a aplicabilidade da simbiose industrial. Um exemplo é a troca de resíduos de solventes entre uma indústria de tintas e outra de cosméticos, permitindo a redução de custos operacionais e a reutilização de materiais.

Outro caso envolve o reaproveitamento de resíduos de madeira por uma fábrica de cimento,

demonstrando como materiais residuais podem ser transformados em insumos úteis. Além disso, empresas de fogos de artifício passaram a direcionar o pó de papel gerado para uma indústria química, que o utiliza na fabricação de solidificadores de efluentes líquidos.

Embora essas iniciativas sejam relevantes, a rede de simbiose industrial formada no PMSI enfrenta limitações em sua estrutura e funcionamento. As conexões entre empresas são, em sua maioria, pontuais, o que dificulta o estabelecimento de parcerias de longo prazo. Além disso, a falta de uma visão estratégica compartilhada entre os stakeholders limita o potencial de expansão e consolidação do programa.

Estratégias que promovam maior integração entre as empresas e incentivem práticas colaborativas são necessárias. Um ponto central é a criação de canais eficientes de comunicação e a promoção de relações baseadas na confiança para facilitar a colaboração entre participantes.

Outro ponto importante são os investimentos em tecnologias, que devem focar na melhoria de processos produtivos e no reaproveitamento de materiais, água e energia, ampliando os benefícios econômicos e ambientais no longo prazo.

Além disso, é necessário estruturar contratos formais e realizar planejamentos de longo prazo para estabelecer parcerias mais sólidas e consistentes, garantindo a continuidade e o crescimento das redes de colaboração.

A criação de um eco-parque industrial é outra forma de criar valor no nível meso, constituindo-se como uma área planejada que reúne empresas de manufatura e serviços em um mesmo local com o objetivo de promover a colaboração a fim de melhorar o desempenho ambiental, econômico e social das empresas participantes do eco-parque industrial.

Esse tipo especial de parques industriais são concebidos com base nos princípios da ecologia industrial, que visam integrar os sistemas humanos aos sistemas naturais, minimizar o uso de energia e materiais e reduzir o impacto ambiental das atividades econômicas.

A estrutura de um eco-parque industrial incentiva a troca de resíduos, coprodutos e energia entre as empresas, criando um sistema interligado que maximiza a utilização de recursos. Os eco-parques industriais fazem uso de tecnologias de produção mais limpa e de design ambientalmente consciente em sua infraestrutura e operações.

Exemplos de iniciativas incluem: o reaproveitamento de resíduos orgânicos para compostagem, a recuperação de materiais recicláveis e a geração de energia por meio da biodigestão. Os eco-parques industriais podem desenvolver parcerias com comunidades locais, contribuindo para o desenvolvimento econômico e social das regiões onde estão localizados.

Ao redor do mundo, existem iniciativas de eco-parques industriais que ilustram a implementação de princípios de ecologia industrial e de economia circular.

O exemplo de Kalundborg, na Dinamarca, destaca-se como um modelo pioneiro, cuja construção foi motivada pela redução de custos e pela adaptação a regulações ambientais mais rigorosas. Na Ásia, iniciativas de eco-parques industriais têm focado na recuperação de recursos e no uso eficiente de energia, particularmente em países como China e Vietnã.

Estudos no Brasil sobre a transição de parques industriais convencionais para eco-parques industriais, conceito conhecido como eco-retrofitting, explicitam uma série de fatores que impedem essa transição. Entre os principais, destaca-se a ausência de confiança entre as empresas, o que impede a troca de informações e recursos.

Isso está associado a comportamentos não colaborativos e à ausência de mecanismos para estabelecer relações, como workshops e fóruns de discussão. Nesse sentido, as empresas tendem a focar em soluções individuais para a gestão de resíduos, sem considerar alternativas de cooperação interempresarial.

Outro obstáculo significativo é o limitado entendimento de que resíduos podem ser aproveitados como insumos, o que reduz a capacidade de identificar e desenvolver soluções inovadoras no que tange às trocas entre as empresas.

Não existe um engajamento das empresas para desenvolverem soluções para os resíduos, nem desenvolverem experiências compartilhadas ou realizarem investimentos em novos arranjos. Essas barreiras sociais dificultam a criação de um ambiente propício para a consolidação de eco-parques industriais no país.

Para viabilizar o eco-retrofitting de parques industriais, é necessário adotar estratégias direcionadas que abordam desafios sociais, regulatórios, financeiros, tecnológicos e institucionais. No âmbito social, programas de educação ambiental podem fomentar a conscientização sobre o reaproveitamento de resíduos e promover relacionamentos baseados na confiança por meio da criação de redes e fóruns colaborativos.

No âmbito regulatório, as regulamentações devem ser fortalecidas com políticas nacionais e estaduais de resíduos sólidos, acompanhadas de mecanismos de fiscalização mais efetivos.

Em relação aos desafios tecnológicos, a integração de tecnologias avançadas e o investimento em pesquisa e desenvolvimento podem otimizar processos e criar oportunidades de sinergia. No campo financeiro, para incentivar o reaproveitamento de resíduos e a reciclagem, é essencial estimular investimentos do setor privado,

criando um ambiente favorável para iniciativas sustentáveis.

No nível institucional, o estabelecimento de plataformas digitais para troca de informações sobre resíduos e a formação de parcerias entre diferentes níveis de governo e empresas podem facilitar a transição para um modelo mais sustentável e colaborativo.

A geração de valor no nível meso depende de estratégias integradas que aproveitem o potencial de colaboração entre empresas, promovam o reaproveitamento de recursos e alinhem benefícios econômicos e ambientais.

A adoção da simbiose industrial e eco-parques industriais exigem esforços coordenados entre diferentes atores, os quais desempenham um papel central na promoção de trocas, no fortalecimento de relações de confiança e na articulação de políticas públicas que incentivem práticas colaborativas.

Como a economia circular pode gerar valor no nível macro?

Para que a economia circular gere valor no nível macro, é necessário o estabelecimento de estruturas regulatórias e de políticas públicas que orientem a transição da economia linear para economia circular. Esse processo envolve governos nacionais, instituições supranacionais e organizações internacionais que criam diretrizes, metas e mecanismos para estimular práticas sustentáveis em larga escala.

Governos são responsáveis por desenvolver legislações que promovam a circularidade em diferentes setores da economia, como manufatura, construção civil e agricultura. Exemplos incluem leis que incentivam a reciclagem de resíduos, padrões obrigatórios de eficiência energética, e programas que fomentem a logística reversa.

No contexto brasileiro, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituído pela Lei nº 12.305/2010 e regulamentado pelo Decreto nº 11.093/2022, apresenta diretrizes para a gestão integrada e ambientalmente adequada dos resíduos sólidos. O PNRS estabelece estratégias como a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, envolvendo diversos atores, e a implementação da logística reversa, que viabiliza o retorno de materiais após o uso.

Outra estratégia promovida pelo PNRS é o modelo de redes políticas auto-organizadas, que permite o surgimento de múltiplos coordenadores (e.g., governo federal, governo municipal, secretarias) ao longo do tempo, em vez de definir um único padrão centralizado.

Esse modelo busca promover mecanismos de governança mais adaptáveis, incentivando a colaboração intersetorial, o compartilhamento de responsabilidades e a alocação eficiente de recursos entre diferentes níveis de governo e atores privados.

Complementando essa estrutura, o Plano Nacional de Resíduos Sólidos (PLANARES), regulamentado pelo Decreto nº 10.936/2022, foi lançado 12 anos após a promulgação da PNRS. O PLANARES estabelece metas e diretrizes específicas para o gerenciamento de resíduos no país e aborda diversas tipologias de resíduos, incluindo urbanos e industriais, com foco na sustentabilidade e na integração de práticas ambientalmente adequadas.

Apesar dos esforços, o PNRS não foi tão efetivo quanto poderia. Por exemplo, um estudo que investigou um parque industrial e a influência das redes políticas auto-organizadas, incentivada pelo PNRS, identificou uma série de barreiras que dificultam a gestão eficiente de resíduos sólidos industriais.

Entre os principais desafios estão a ausência de mecanismos claros para a delegação de responsabilidades entre os diferentes níveis de

governo, a falta de coordenação entre órgãos públicos e instituições privadas e a dificuldade em alinhar objetivos e ações dos diversos atores envolvidos na gestão dos resíduos.

Essas lacunas resultam em inércia na implementação de políticas públicas e dificultam o alcance de economias de escala necessárias para a destinação e o reaproveitamento adequado dos resíduos industriais.

Para superar essas barreiras, são propostos mecanismos colaborativos. A criação de conselhos de governança pode facilitar a articulação entre atores locais e fortalecer relações de cooperação entre diferentes políticas públicas. Além disso, uma estrutura de governança apoiada em dispositivos legais pode garantir uma delegação clara de responsabilidades.

Parcerias são recomendadas para organizar os recursos de infraestrutura necessários à gestão de resíduos e para permitir uma abordagem coletiva de questões relacionadas aos resíduos industriais. Acordos formalizados entre governos locais também foram sugeridos como uma forma de contribuir para a preservação da autonomia municipal enquanto estabelecem mecanismos jurídicos para resolver externalidades.

Essas medidas, ao fortalecerem a articulação e a clareza na divisão de responsabilidades, criam bases para a adoção de políticas públicas mais integradas e alinhadas às diretrizes do PNRS e do PLANARES.

Outra política pública em relação à gestão de resíduos no contexto brasileiro é a Estratégia Nacional de Economia Circular (ENEC), que marca uma evolução em relação ao PNRS e ao PLANARES ao ampliar o enfoque da gestão de resíduos sólidos para abarcar um modelo econômico mais abrangente e integrado.

A ENEC busca integrar práticas de circularidade em todos os setores econômicos, incentivando o

design de produtos para maior durabilidade e reciclabilidade, a otimização do uso de recursos e a adoção de tecnologias inovadoras que priorizem o reaproveitamento.

A estratégia também expande o escopo para incluir a capacitação de atores econômicos, o estímulo ao desenvolvimento de novos modelos de negócios circulares e a promoção de instrumentos econômicos que favoreçam a implementação de soluções sustentáveis.

Instituições supranacionais, como a União Europeia (UE), também atuam como forças motrizes ao coordenar políticas de economia circular entre diferentes países. Iniciativas como o Plano de Ação para a Economia Circular da UE criam um framework de metas de longo prazo, promovendo a harmonização de regulamentações entre os Estados-membros e a redução de barreiras comerciais relacionadas à circularidade.

Essas entidades utilizam indicadores para mensurar avanços em áreas como eficiência no uso de recursos, redução de emissões de gases de efeito estufa e reaproveitamento de materiais.

Organizações internacionais também desempenham um papel estratégico na definição de padrões globais. A Convenção de Basileia, por exemplo, regula o movimento transfronteiriço de resíduos perigosos, promovendo práticas seguras de reciclagem e reduzindo os riscos ambientais e sociais associados ao descarte inadequado. Essas ações incentivam uma economia circular mais segura e equilibrada entre os países participantes.

No nível macro, a integração de políticas públicas com objetivos de sustentabilidade global estimula a colaboração intersetorial e a inovação tecnológica. Estratégias de descarbonização, promoção de energias renováveis e desenvolvimento de sistemas integrados de reaproveitamento de materiais ajudam a promover uma economia circular resiliente e sustentável em larga escala.

Como a economia circular pode contribuir para a descarbonização?

A economia circular contribui para a descarbonização por meio de mudanças na forma como materiais, energia e resíduos são gerenciados em cadeias produtivas e sistemas econômicos. Dado os vários níveis de aplicação da economia circular e as diferentes práticas, emissões de gases de efeito estufa são reduzidas em setores estratégicos e em escalas amplas.

Em relação aos materiais, a economia circular pode diminuir a dependência de matérias-primas virgens ao priorizar o uso de componentes reciclados em processos industriais.

No caso de tecnologias, o foco em cadeias de suprimento mais eficientes e de baixo impacto também pode facilitar o desenvolvimento de tecnologias de energia limpa menos emissivas de gases do efeito estufa (GEE).

Na gestão de resíduos, a economia circular pode transformar resíduos orgânicos em insumos para a produção de biocombustíveis ou biogás.

Esses resíduos, provenientes de setores como agricultura e processamento de alimentos, são potenciais fontes de energia que podem substituir combustíveis fósseis em aplicações industriais e no setor de transporte.

Outro ponto de interseção entre economia circular e descarbonização está no incentivo ao design de produtos que sejam mais duráveis, reparáveis e recicláveis. Políticas e iniciativas que priorizem esse tipo de design podem diminuir a necessidade de fabricação de novos itens, reduzindo o consumo de energia e emissões associadas à produção e ao transporte.

Modelos de negócios baseados em leasing ou em compartilhamento de equipamentos podem estender a vida útil de produtos e evitar desperdícios.

Tecnologias de captura e reutilização de carbono também se alinham aos princípios da economia circular. Em vez de descartar emissões inevitáveis provenientes de atividades industriais, essas tecnologias podem transformar o dióxido de carbono em insumos para combustíveis sintéticos ou materiais de construção.

Essa abordagem pode integrar emissões previamente consideradas como descartáveis em novos ciclos econômicos, promovendo simultaneamente a redução de resíduos e a mitigação de carbono.

A economia circular, ao propor sistemas regenerativos e estratégias de reaproveitamento, age como uma força motriz para a descarbonização.

Apesar de os resultados dependerem de condições específicas, como suporte regulatório e inovações tecnológicas, a adoção de práticas circulares oferece um caminho viável para reduzir emissões de GEE e alinhar sistemas produtivos às metas climáticas.

Embora o custo de implantação seja uma barreira inicial, a economia circular oferece uma alternativa para mitigar riscos associados à escassez de recursos e aos impactos dos eventos climáticos extremos.

No médio e no longo prazo, a dependência de recursos finitos e os custos associados à continuidade das operações podem se tornar ainda mais elevados.

A adoção de práticas circulares, como o reaproveitamento de materiais, o uso eficiente de energia e a integração de resíduos em novos ciclos produtivos, não apenas promove a descarbonização, mas também fortalece a resiliência econômica e ambiental. Investir em economia circular agora pode representar um caminho mais sustentável e economicamente viável diante dos desafios globais.

Referências

- ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de; SILVA, Lucineide Alves da; SILVESTRE, Hugo Consciência; EMMENDOERFER, Magnus Luiz. Does self-organizing policy network provide effective waste services? An empirical evaluation of institutional collective action and transaction cost dilemmas. **Public Administration And Development**, [S.L.], v. 44, n. 3, p. 157-169, 4 abr. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/pad.2046>.
- ASSMANN, Ingvild Reine; ROSATI, Francesco; MORIOKA, Sandra Naomi. Determinants of circular business model adoption: a systematic literature review. **Business, Strategy And The Environment**, [S.L.], v. 32, n. 2, p. 6008-6028, fev. 2023.
- BLEISCHWITZ, Raimund; YANG, Miying; HUANG, Beijia; XU, Xiaozhen; ZHOU, Jie; MCDOWALL, Will; ANDREWS-SPEED, Philip; LIU, Zhe; YONG, Geng. The circular economy in China: achievements, challenges and potential implications for decarbonisation. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 183, p. 106350, ago. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106350>.
- BRASIL, 2010. Lei nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Lei**. Distrito Federal, DF, 02 ago. 2010. p. 1-19. Disponível em: www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.
- BRASIL, 2024. Decreto nº 12.082, de 27 de junho de 2024. Institui a Estratégia Nacional de Economia Circular. **Decreto**. Distrito Federal, DF, 27 jun. 2024. p. 1-3. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2023-2026/2024/decreto/D12082.htm. Acesso em: 10 jan. 2025.
- BRASIL. Secretaria de Qualidade Ambiental. Ministério do Meio Ambiente. **PLANONACIONALDERESÍDUOS SÓLIDOS**. Distrito Federal, 2022. 209 p. (Ministério do Meio Ambiente). Disponível em: <https://portal-api.sinir.gov.br/wp-content/uploads/2022/07/Planares-B.pdf>. Acesso em: 10 jan. 2025.
- BOCKEN, N.M.P.; SHORT, S.W.; RANA, P.; EVANS, S.. A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 65, p. 42-56, fev. 2014. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.11.039>.
- CEGLIA, Domenico; ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de; SILVA FILHO, José Carlos Lázaro da. Critical elements for eco-retrofitting a conventional industrial park: social barriers to be overcome. **Journal Of Environmental Management**, [S.L.], v. 187, p. 375-383, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.10.064>.
- EHRENFELD, John; GERTLER, Nicholas. Industrial Ecology in Practice: the evolution of interdependence at kalundborg. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 67-79, fev. 2007.
- FELDMAN, Jessica; SELIGMANN, Hannah; KING, Sarah; FLYNN, Matthew; SHELLEY, Tristan; HELWIG, Andreas; BUREY, Paulomi (Polly). Circular economy barriers in Australia: how to translate theory into practice? **Sustainable Production And Consumption**, [S.L.], v. 45, p. 582-597, mar. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2024.02.001>.
- GEISSDOERFER, Martin; PIERONI, Marina P.P.; PIGOSSO, Daniela C.A.; SOUFANI, Khaled. Circular business models: a review. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 277, p. 123741, dez. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123741>.
- GEISSDOERFER, Martin; SAVAGET, Paulo; BOCKEN, Nancy M. P.; HULTINK, Erik Jan. The Circular Economy – A new sustainability paradigm? **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 143, p. 757-768, fev. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>.
- KATANA, Katrin; GLAA, Besma; MIRATA, Murat. Facilitator roles for knowledge sharing in industrial symbiosis networks during emergence. **Business Strategy And The Environment**, [S.L.], v. 33, n. 8, p. 8540-8558, 22 ago. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/bse.3923>.
- KIRCHHERR, Julian; PISCICELLI, Laura; BOUR, Ruben; KOSTENSE-SMIT, Erica; MULLER, Jennifer; HUIBRECHTSE-TRUIJENS, Anne; HEKKERT, Marko. Barriers to the Circular Economy: evidence from the european union (eu). **Ecological Economics**, [S.L.], v. 150, p. 264-272, ago. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.04.028>.
- LOWE, Ernest A. **Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries**. Oakland: Asian Development Bank, 2001. 313 p.
- LÜDEKE-FREUND, Florian; GOLD, Stefan; BOCKEN, Nancy M.P. A Review and Typology of Circular Economy Business Model Patterns. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 23, n. 1, p. 36-61, 25 abr. 2018. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12763>.
- LYBÆK, Rikke; CHRISTENSEN, Thomas Budde; THOMSEN, Tobias Pape. Enhancing policies for deployment of Industrial symbiosis – What are the obstacles, drivers and future way forward? **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 280, p. 124351, jan. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124351>.
- MCDOWALL, Will; GENG, Yong; HUANG, Beijia; BARTEKOVÁ, Eva; BLEISCHWITZ, Raimund; TÜRKELL, Serdar; KEMP, René; DOMÉNECH, Teresa. Circular Economy Policies in China and Europe. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 21, n. 3, p. 651-661, 4 maio 2017. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.12597>.
- MERLI, Roberto; PREZIOSI, Michele; ACAMPORA, Alessia. How do scholars approach the circular economy? A systematic literature review. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 178, p. 703-722, mar. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.12.112>.
- MIRATA, Murat; LINDFORS, Axel; KAMBANOU, Marianna Lena. A business value framework for industrial symbiosis. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 28, n. 6, p. 1541-1553, 13 ago. 2024. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.13545>.
- PAULA, Eugênia Vale de; ABREU, Mônica Cavalcanti Sá de. Pressures from the context and institutional capacity building to develop industrial symbiosis networks. **Gestão & Produção**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 1-12, 2019. <http://dx.doi.org/10.1590/0104-530x3831-19>.
- PAQUIN, Raymond L.; HOWARD-GRENVILLE, Jennifer. The Evolution of Facilitated Industrial Symbiosis. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 16, n. 1, p. 83-93, fev. 2012. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1530-9290.2011.00437.x>.
- ZENG, Xianlai; OGUNSEITAN, Oladele A.; NAKAMURA, Shinichiro; SUH, Sangwon; KRAL, Ulrich; LI, Jinhui; GENG, Yong. Reshaping global policies for circular economy. **Circular Economy**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 100003, set. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cec.2022.1000>

Entendendo os Conceitos de Roadmaps e Rotas para a Economia Circular

Um roadmap para economia circular é uma ferramenta estratégica que auxilia na transição de sistemas lineares para circulares, orientando a implementação de práticas sustentáveis em diferentes contextos. Esse instrumento proporciona uma visão abrangente e integrada, conectando objetivos estratégicos a ações alinhadas com metas de descarbonização da economia e redução do consumo de recursos naturais. Os roadmaps de economia circular estruturam estratégias alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) 12 e 13, que tratam do consumo e produção responsáveis e da ação climática, respectivamente.

No contexto do ODS 12, esses roadmaps organizam ações para minimizar a geração de resíduos, ampliar o ciclo de vida dos produtos e incentivar cadeias produtivas baseadas na reutilização e reciclagem de materiais. Também fomentam a inovação em processos produtivos, promovendo a substituição de insumos de alto impacto ambiental, a adoção de tecnologias de baixo carbono e o fortalecimento de mercados de matérias-primas secundárias.

No âmbito do ODS 13, os roadmaps viabilizam modelos produtivos que reduzem o consumo energético e a dependência de combustíveis fósseis, contribuindo para a mitigação das emissões de gases de efeito estufa. Ao integrar essas estratégias em políticas públicas e iniciativas empresariais, esses

instrumentos fortalecem a capacidade de adaptação a mudanças climáticas e tornam as cadeias produtivas mais resilientes.

Existem três tipos principais de roadmaps, cada um com características e aplicações distintas:

(1) roadmaps nacionais; (2) roadmaps locais; e (3) roadmaps baseados setoriais.

Os roadmaps nacionais estabelecem estratégias abrangentes e abrangem múltiplos setores, funcionando como base para iniciativas de economia circular em um país. Esses documentos incluem políticas públicas, marcos regulatórios e indicadores nacionais que fomentam práticas como eficiência no uso de recursos, financiamento para inovação e programas educacionais. Eles também promovem a colaboração entre indústrias, academia, governo e sociedade civil.

Um exemplo de roadmap nacional de economia circular está sendo implantado na Holanda. O governo holandês busca alcançar uma economia circular até 2050, com foco no uso mais eficiente de recursos e na promoção de parcerias entre instituições acadêmicas, organizações ambientais, sindicatos e indústrias. Essa estratégia abrange ações integradas que incentivam inovação e otimizam processos produtivos.

Na Itália, a estratégia nacional enfatiza o ecodesign e a ecoeficiência, promovendo

o fortalecimento do mercado de matérias-primas secundárias e a implementação de práticas de responsabilidade compartilhada entre produtores e consumidores. Essa abordagem também inclui incentivos administrativos e fiscais que estimulam práticas como economia compartilhada e serviços baseados em produtos.

Os roadmaps locais adaptam estratégias nacionais de economia circular às particularidades de regiões ou cidades, promovendo práticas sustentáveis que atendem às necessidades específicas de cada localidade.

Por exemplo, Glasgow, no Reino Unido, desenvolveu um roadmap local que visa transformar suas práticas econômicas de um sistema extrativo para um regenerativo, enfatizando a transição do modelo "extrair-produzir-descartar" para um sistema que prioriza qualidade, reutilização e durabilidade. O roadmap de Glasgow destaca a necessidade de colaboração entre o conselho municipal, o setor privado e a sociedade civil para implementar ações que promovam a economia circular na cidade.

De maneira semelhante, a região da Lombardia, na Itália, elaborou um roadmap que fornece um framework para o desenvolvimento de uma estratégia sustentável, de baixo carbono e eficiente no uso dos recursos naturais. Este roadmap visa facilitar a transição para a economia circular, promovendo a cooperação entre stakeholders públicos e privados. O roadmap da Lombardia identifica prioridades de pesquisa e inovação, incentivando iniciativas estratégicas que impulsionam a economia circular na região.

Os roadmaps baseados em dados são ferramentas estratégicas que utilizam análises detalhadas para orientar a transição para a economia circular. Aplicados tanto em interações específicas de setores quanto em estratégias gerais de economia circular, esses roadmaps oferecem uma base robusta para tomadas de decisão. Fornecem informações detalhadas que ajudam a mapear o

consumo de recursos naturais, identificar áreas críticas de desperdício e projetar soluções para mitigar os impactos ambientais.

Os roadmaps baseados em dados se fundamentam no uso de metodologias, como a Análise de Fluxos de Materiais (MFA) que possibilita o mapeamento de recursos e a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) para promover uma visão abrangente dos fluxos de materiais e dos impactos associados aos processos produtivos.

A MFA é uma ferramenta para o gerenciamento de recursos que permite a avaliação dos fluxos de entrada, processamento e saída de materiais em diferentes sistemas produtivos. Baseia-se no princípio do balanço de massa, considerando limites espaciais e temporais para quantificar estoques e fluxos de materiais. Suas aplicações incluem avaliação de impactos ambientais, formulação de políticas para substâncias perigosas, gestão de resíduos e planejamento de saneamento.

A MFA também é utilizada para analisar o manejo de nutrientes e água em bacias hidrográficas, otimizar processos industriais e apoiar a transição para a economia circular, fornecendo informações estratégicas para minimizar desperdícios e aprimorar a eficiência no uso de recursos.

A ACV é uma metodologia que permite avaliar os impactos ambientais de um produto, processo ou serviço ao longo de todas as suas etapas, desde a extração de matérias-primas até a disposição final. Essa abordagem considera o consumo de recursos, emissões e resíduos gerados em cada fase, fornecendo subsídios para otimizar processos e reduzir impactos ambientais. Na indústria automotiva, a ACV auxilia na substituição de componentes metálicos por polímeros reciclados mais leves, reduzindo o consumo de combustível e as emissões ao longo da vida útil do veículo. No setor de embalagens, essa ferramenta orienta o desenvolvimento de

soluções recicláveis e reutilizáveis, diminuindo a demanda por matérias-primas virgens e minimizando a geração de resíduos.

A complexidade dos roadmaps nacional, local ou baseado em dados exige a coordenação de múltiplos stakeholders e a definição de estratégias de longo, médio e curto prazo, o que pode representar um desafio para organizações ou regiões com menor capacidade técnica ou institucional.

Os roadmaps oferecem diversos benefícios para a transição para a economia circular, incluindo:

- **Criação de uma mentalidade comum:** Proporcionam uma visão clara da economia circular, alinhando stakeholders em torno de metas compartilhadas.
- **Fortalecimento da cooperação:** Promovem parcerias entre empresas, governos e organizações da sociedade civil, estabelecendo redes de colaboração.
- **Desenvolvimento de economias resilientes:** Reduzem a dependência de matérias-primas virgens e otimizam o uso de recursos, contribuindo para uma maior estabilidade econômica.
- **Facilidade de implementação:** Detalham etapas claras para a transição, facilitando a transformação de planos em ações concretas.

Esses benefícios tornam os roadmaps ferramentas valiosas para promover mudanças estruturais e facilitar a adoção de práticas sustentáveis em larga escala. Promovem uma visão compartilhada da economia circular, conectam diferentes níveis de governança, alinham stakeholders para a solução de desafios coletivos. No entanto, a implementação dos roadmaps de economia circular estão sujeitos a desafios que precisam ser considerados e superados para maximizar seus resultados.

- **Interpretações divergentes:** Diferenças na compreensão do conceito de economia circular podem dificultar o alinhamento entre stakeholders.

- **Ausência de capacidade técnica:** organizações com baixa expertise em economia circular precisam de suporte técnico e financeiro para desenvolver e implementar roadmaps.
- **Desafios regulatórios:** A falta de padronização nas políticas públicas pode dificultar a coordenação entre diferentes níveis de governo.
- **Priorização econômica de curto prazo:** Muitas vezes, as metas econômicas são priorizadas em detrimento das ambientais e sociais em médio e longo prazo, dificultando a efetiva transição da economia linear para a economia circular.

Uma alternativa simplificada aos roadmap nacionais, locais ou baseado em dados consiste na adoção de rotas para economia circular. Essas rotas funcionam como diretrizes operacionais mais específicas e segmentadas, permitindo que parques industriais, por exemplo, avancem na transição para a circularidade por meio de ações pontuais e escaláveis. Ao estruturar iniciativas direcionadas, as rotas para economia circular oferecem maior flexibilidade para ajustar processos produtivos, incentivar a reutilização de materiais e promover a eficiência no uso de recursos, criando as condições para uma futura integração em roadmaps mais abrangentes.

Entendendo as Rotas para Economia Circular

As rotas para economia circular representam caminhos estruturados para viabilizar a transição de sistemas produtivos lineares para modelos circulares. Essas rotas funcionam como diretrizes operacionais que podem ser implementadas de forma independente ou integrada, de acordo com as necessidades e capacidades das empresas e parques industriais.

As rotas para economia circular abrangem diferentes aspectos da circularidade, incluindo a otimização do uso de materiais, a valorização de resíduos, a gestão hídrica e a cooperação entre stakeholders. As rotas apresentadas neste livro foram desenvolvidas com base em dados coletados de empresas parceiras localizadas em um parque industrial e estão organizadas de

maneira interconectada. As rotas propostas podem ser implementadas individualmente ou de forma integrada, adaptando-se às demandas e capacidades das empresas e de parques industriais.

As primeiras rotas propostas abordam o desenvolvimento de um **“Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes”** e a implementação da **“Coleta Seletiva”**. Ambas as rotas são essenciais para mapear e organizar os fluxos de materiais, permitindo a identificação de oportunidades para redução, reutilização e reciclagem de resíduos.

As rotas **“Cooperativa de Recicláveis, Compostagem”** e **“Biodigestão”** oferecem soluções para o reaproveitamento de resíduos recicláveis e orgânicos. A cooperativa de recicláveis promove a inclusão da comunidade local e a geração de renda, a partir da comercialização de recicláveis. A compostagem e a biodigestão transformam resíduos orgânicos em produtos de maior valor agregado, como adubo orgânico, biogás e digestato. Essas iniciativas criam oportunidades econômicas, ambientais e sociais.

A rota **“Plataforma Multistakeholder para Economia Circular”** é essencial para fomentar a articulação entre os stakeholders, por meio da criação de espaços colaborativos de aprendizagem que facilitem a troca de experiências e a definição de metas conjuntas. Por meio desta rota se consolida a ideia de que a economia circular se constrói coletivamente, ao envolver empresas, governos, academia, comunidades e instituições.

A rota **“Alternativas Não-convencionais ao Uso de Água Bruta”** aprofunda o tema da gestão dos recursos hídricos e incentiva soluções que diversifiquem o uso da água. A rota **“Água de Reúso para Atividades Industriais”** promove a gestão circular de efluentes, introduzindo práticas que reduzem a dependência de água bruta e reforçam a importância de soluções que

considerem a viabilidade técnica e impactos ambientais e sociais.

A rota **“Subcomitê de Licenciamento Ambiental”** contribui para o licenciamento ambiental de coprodutos, enquanto, a rota **“Atração Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial”** promove o compartilhamento de recursos por meio do aproveitamento de resíduos como insumos em outro processo produtivo.

Finalizando, a rota **“Ecossistema de Inovação em Economia Circular”** destaca o papel da inovação como um meio de aprimorar as rotas implementadas e desenvolver soluções para desafios da transição de uma economia linear para a economia circular.

Referências

- ABU-BAKAR, Halidu; CHARNLEY, Fiona; HOPKINSON, Peter; MORASAE, Esmail Khedmati. Towards a typological framework for circular economy roadmaps: a comprehensive analysis of global adoption strategies. **Journal of Cleaner Production**, [S.L.], v. 434, n. 140066, p. 1-16, jan. 2024. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140066>.
- CE-HUB. **NAVIGATING THE PATH TO CIRCULARITY: a guide to circular economy roadmaps**. Exeter: Ukri Cehub, 2023. 4 p. Disponível em: <https://ce-hub.org/knowledge-hub/navigating-the-path-to-circularity-a-guide-to-circular-economy-roadmaps/>. Acesso em: 12 jan. 2025.
- ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Life Cycle Assessment for the circular economy**. 2022. Disponível em: <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/life-cycle-assessment-for-the-circular-economy>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- ITALY. **National Strategy for the Circular Economy**: create a sustainable system also thanks to the waste tracking. Create a sustainable system also thanks to the waste tracking. Disponível em: <https://www.italiadomani.gov.it/en/Interventi/riforme/riforme-settoriali/strategia-nazionale-per-l-economia-circolare.html>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- KAIZEN INSTITUTE. **Circular Economy and Life Cycle Assessment**: concepts and applications. Concepts and Applications. Disponível em: <https://kaizen.com/insights/circular-economy-life-cycle-assessment/>. Acesso em: 15 jan. 2025.
- NETHERLANDS. MINISTRY OF INFRASTRUCTURE AND WATER MANAGEMENT. **Circular Dutch economy by 2050**. Disponível em: <https://www.government.nl/topics/circular-economy/circular-dutch-economy-by-2050#:~:text=The%20government%2Dwide%20programme%20for,smarter%20and%20more%20efficient%20way..> Acesso em: 15 jan. 2025.
- RAJAONSON, Juste; CHEMBESSI, Chedrak. Exploring circular economy transition pathways: a roadmap analysis of 15 canadian local governments. **Cambridge Journal of Regions, Economy And Society**, [S.L.], v.17, n.3, p. 459-481, 30 maio 2024. <http://dx.doi.org/10.1093/cjres/rsae015>.
- UNITED KINGDOM. GLASGOW. **Circular Economy Route Map For Glasgow**. Glasgow: Glasgow, 2020. 121 p. Disponível em: https://www.glasgow.gov.uk/media/4033/Circular-Economy-Route-Map/pdf/Circular_Economy_Route_Map_For_Glasgow_2020_04.12.20_002.pdf?m=1680104396007. Acesso em: 15 jan. 2025.

**Sistema de Informação de
Resíduos, Coprodutos e Efluentes**

**Coleta
Seletiva**

**Cooperativa de
Recicláveis**

Compostagem

Biodigestão

**Plataforma Multistakeholder
para Economia Circular**

**Alternativas Não-convencionais
ao Uso de Água Bruta**

Água de Reúso para Atividades Industriais

**Subcomitê de
Licenciamento Ambiental**

**Atração Estratégica de Parceiros
para Simbiose Industrial**

Ecossistema de Inovação em Economia Circular

Economia Circular

PROBLEMA

Dificuldade de encontrar parceiros de negócios para soluções circulares para resíduos, coprodutos e efluentes

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

- Empresas do Parque Industrial**
Redução de custos com economia de escala
- Empresas de tratamento de resíduos e coprodutos**
Novos negócios
- Associações industriais**
Sistema compartilhado de gestão ambiental
- Universidades e Instituições de Pesquisa**
Desenvolvimento de produtos e tecnologias
- Governos municipal e estadual**
Cumprimento da legislação
- Órgãos ambientais**
Licenciamento ambiental



Veja a rota Plataforma Multistakeholder para Economia Circular



Forme grupos de trabalho para discussão, planejamento e execução das atividades propostas



Escolha um líder para conduzir os próximos passos



Faça benchmarkings sobre modelos de sistemas de informação de resíduos, coprodutos e efluentes



Consulte a Academia e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento

Elabore um projeto de sistema de informação e verifique sua viabilidade considerando:



Recursos financeiros



Ferramentas tecnológicas



Comprometimento dos stakeholders



Legislação ambiental



Lei Geral de Proteção de Dados

Na implementação do sistema de informação:



Defina níveis de acesso ao sistema



Estabeleça contratos de sigilo e confidencialidade



Estabeleça um código de conduta ética



Contrate empresas especializadas em desenvolvimento de sistemas



Mapeie os tipos de resíduos, coprodutos e efluentes



Fomente uma cultura de colaboração

Avalie o desempenho do sistema de informação considerando:



Metas e indicadores



Realização de auditorias



Divulgue os resultados obtidos com o sistema de informação



Implementamos a rota de economia circular de um sistema de informação de resíduos, coprodutos e efluentes! Aproveite os benefícios conquistados!

Diagnóstico dos resíduos, coprodutos e efluentes

Colaboração entre empresas e integração de processos

Criação de modelos de negócios circulares

Desenvolvimento de soluções circulares para resíduos e efluentes

Utilize ferramentas de análise de dados para viabilizar soluções baseadas na economia circular



Veja a rota Ecossistema de Inovação em Economia Circular



Colete e armazene informações sobre resíduos, coprodutos e efluentes em um banco de dados



Faça treinamentos técnicos para os usuários do sistema



Fique atento aos riscos

Vazamento de dados sigilosos

Desmobilização dos stakeholders

Custo de operação do sistema de informação

Estabeleça um prazo de até 2 anos para concluir o projeto



Desenvolva um sistema de informação para resíduos, coprodutos e efluentes que atenda às necessidades das empresas do Parque Industrial



Esta rota é essencial para:

- Ecossistema de Inovação
- Atração Estratégica de Parceiros
- Água de Reuso
- Coleta Seletiva
- Cooperativa de Recicláveis
- Compostagem
- Biodigestão



Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes

O Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes (SIRCE) é uma ferramenta para auxiliar a tomada de decisão, oferecendo a possibilidade de destinações sustentáveis a resíduos e efluentes, e o aproveitamento de coprodutos. O SIRCE consolida informações sobre os fluxos de materiais e energia e facilita a identificação de ineficiências nos processos produtivos, gerando oportunidades de reaproveitamento de resíduos.

A centralização das informações em um único sistema também promove uma maior transparência e facilita a conformidade com a legislação ambiental, beneficiando o desempenho e a reputação das empresas do parque industrial.

O SIRCE também contribui para a descarbonização ao promover a informação necessária para definição de alternativas para reutilização de resíduos e coprodutos, reduzindo emissões de gases do efeito estufa (GEE) associadas à extração de materiais virgens, fabricação dos produtos e a destinação final dos resíduos. A análise de alternativas com menor pegada de carbono e o monitoramento de indicadores de desempenho, como a redução das emissões de GEE ao longo do ciclo de vida dos resíduos são funcionalidades importantes do SIRCE.

Como planejar a implementação de um Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes?

A implementação do SIRCE requer a colaboração entre empresas do parque industrial, academia, governo e instituições, apoiando-se em argumentos que envolvam benefícios econômicos, ambientais e sociais. O primeiro passo para a

implantação do SIRCE consiste no comprometimento dos stakeholders por meio da apresentação de benefícios tangíveis. Esses benefícios envolvem redução de custos operacionais, conformidade legal, melhoria da imagem organizacional e do desempenho financeiro.

Empresas do parque industrial podem ser incentivadas a adotar o sistema devido à redução de custos, obtida por meio de uma abordagem coletiva para o tratamento dos efluentes, reutilização de resíduos e geração de co-produtos.

Associações industriais podem ser engajadas na implantação do SIRCE, considerando que a coordenação de esforços entre as empresas do parque industrial pode viabilizar a operação de um sistema compartilhado de gestão ambiental e reduzir os impactos ambientais e sociais.

Universidades e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento podem utilizar as informações dispostas no SIRCE para desenvolver novos produtos e tecnologias. O ambiente colaborativo entre academia e empresas pode facilitar o acesso a financiamentos governamentais para pesquisa. Para empresas especializadas em tratamento e destinação de resíduos, o SIRCE apresenta oportunidades de expansão de negócios, ao identificar a demanda por serviços.

Governos municipais e estaduais podem fiscalizar o cumprimento das legislações ambientais e ampliar a promoção de práticas de simbiose industrial. Para os órgãos ambientais, a centralização e a transparência das informações fornecidas pelo SIRCE podem aprimorar o processo de licenciamento ambiental, simplificando processos

e auxiliando no monitoramento do cumprimento de obrigações legais.

Finalizada a etapa de mobilização dos stakeholders, o próximo passo na implementação do SIRCE é a formação de grupos de trabalhos que serão responsáveis pelo planejamento, discussão e execução das atividades propostas. Esses grupos de trabalho devem garantir a inclusão de diferentes perspectivas e conhecimentos técnicos. A escolha de um líder para os grupos é fundamental para garantir a coordenação das atividades, o cumprimento dos prazos estabelecidos e que as decisões sejam tomadas de maneira colaborativa, com base em evidências e análises técnicas, que podem ser fornecidas por especialistas das empresas e/ou de instituições de pesquisa.

É importante realizar um processo de benchmarking, que envolve a análise dos modelos de sistemas de informação para gestão de resíduos, coprodutos e efluentes adotados pelas empresas integrantes do parque industrial e a definição de um modelo de gerenciamento de resíduos e efluentes.

Universidades e instituições de pesquisa podem desempenhar um papel central no processo de benchmarking, fornecendo estudos e relatórios sobre boas práticas, tecnologias inovadoras e políticas públicas que possam ser adaptadas ao contexto local.

A próxima etapa consiste na elaboração de um projeto para a SIRCE, a qual exige a análise da disponibilidade de recursos financeiros necessários para:

- Montar uma infraestrutura de coleta e processamento de dados;
- Custear a operação e a manutenção do sistema de informação e suas atualizações tecnológicas;
- Capacitar usuários na utilização do sistema de informação;
- Realizar eventuais adaptações nos processos internos das empresas.

A viabilidade do projeto também depende das ferramentas tecnológicas utilizadas no desenvolvimento do SIRCE, que devem assegurar escalabilidade, segurança e eficiência. Tecnologias como plataformas em nuvem, análise de dados em tempo real e integração com sistemas existentes no parque industrial são elementos importantes para sua implementação. A seleção da tecnologia a ser utilizada deve considerar a adaptabilidade a diferentes tipos de resíduos e fluxos de trabalho, além de oferecer funcionalidades como relatórios customizáveis e dashboards para o monitoramento das operações.

A conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) (13.709/2018), é fundamental para o SIRCE, exigindo que a coleta, o armazenamento e o tratamento de informações pessoais ou sensíveis sigam as diretrizes legais de: 1) finalidade, 2) adequação, 3) necessidade, 4) livre acesso, 5) qualidade dos dados, 6) transparência, 7) segurança, 8) prevenção, 9) não discriminação, 10) Responsabilização e prestação de contas.

Durante a fase de planejamento da implantação do SIRCE, algumas ações são recomendadas. Devem ser definidos níveis de acesso ao sistema para garantir que cada usuário tenha acesso apenas às informações necessárias para realizar suas funções. Isso reduz o risco de acesso indevido a dados confidenciais e facilita o monitoramento das atividades realizadas no sistema.

É recomendável que contratos de sigilo e confidencialidade sejam firmados com todos os stakeholders, principalmente com aqueles que fornecem dados para o sistema. Esses contratos asseguram que as informações compartilhadas são verdadeiras e que não serão divulgadas de forma inadequada ou utilizadas para fins não autorizados.

É importante, a criação de um código de conduta ética que estabeleça diretrizes sobre o comportamento esperado de cada usuário e os procedimentos que devem ser seguidos em caso de incidentes ou violações.

Para que o sistema de informação atenda aos requisitos técnicos e operacionais do parque industrial, recomenda-se contratar empresas especializadas no desenvolvimento de sistemas de informação e com experiência na integração de múltiplas fontes de dados.

O mapeamento detalhado dos tipos de resíduos, coprodutos e efluentes deve ser realizado para que o sistema de informação seja programado para lidar com a diversidade de materiais e otimizar o seu tratamento e o seu reaproveitamento. Também é importante fomentar uma cultura de colaboração entre todos os stakeholders para que o SIRCE funcione de maneira eficiente, priorizando uma comunicação sem ruídos e a troca constante de informações e boas práticas entre os stakeholders.

Durante o processo de implementação e operação do SIRCE, fique atento aos seguintes riscos:

- **Vazamento de dados sigilosos:** pode comprometer a confiança no sistema de informação;
- **Desmobilização dos stakeholders:** pode acontecer caso os benefícios do sistema não forem imediatamente percebidos;
- **Custo de operação do SIRCE:** pode representar um desafio caso não haja um equilíbrio entre os custos e os benefícios financeiros.

Recomenda-se que a implementação do SIRCE seja concluída em até dois anos. Esse prazo deve incluir todas as etapas, desde a fase de planejamento e contratação de fornecedores até o desenvolvimento e teste do sistema, seguido da implementação completa.

Estabelecer marcos intermediários ao longo do processo pode ser uma estratégia eficiente para monitorar o progresso e garantir que o projeto está sendo executado dentro do cronograma previsto.

Como desenvolver um Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes?

O SIRCE deve ser customizável para adaptar-se às especificidades e necessidades de todas as empresas do parque industrial. A interface do sistema deve ser intuitiva, garantindo que os usuários possam acessar e inserir informações, realizar consultas e gerar relatórios.

O sistema de informação também deve ser capaz de gerar alertas automáticos quando ocorrerem desvios de parâmetros ou quando os resíduos não forem devidamente destinados, permitindo ações corretivas e preventivas.

O monitoramento de indicadores é uma funcionalidade central do sistema de informação. Indicadores como a quantidade de resíduos destinados a soluções circulares e a redução no volume de efluentes descartados permitem avaliar o impacto ambiental das soluções adotadas para o gerenciamento dos resíduos.

No âmbito econômico, métricas como o custo de operação do sistema de informação e a economia gerada pela reutilização de coprodutos demonstram o valor financeiro proporcionado pelo SIRCE.

Indicadores sociais também devem ser considerados, incluindo o número de empregos gerados a partir da comercialização dos coprodutos. A dimensão operacional pode ser avaliada por meio de indicadores como o tempo necessário para a geração de relatórios, a taxa de erros no registro de dados, o índice de satisfação dos usuários e a taxa de adesão dos stakeholders ao sistema de informações.

Como operacionalizar um Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes?

Após o desenvolvimento do SIRCE é necessário realizar treinamentos técnicos adaptados aos diferentes perfis de usuários e abordar não apenas o

uso da interface do sistema, mas também questões relacionadas à segurança da informação, como boas práticas de proteção de dados. Os treinamentos devem incluir sessões práticas, simulações de uso do sistema e materiais de apoio, como manuais e tutoriais em vídeo. A realização de workshops periódicos de atualização é importante para garantir que todos os usuários estejam familiarizados com as funcionalidades e atualizações do sistema.

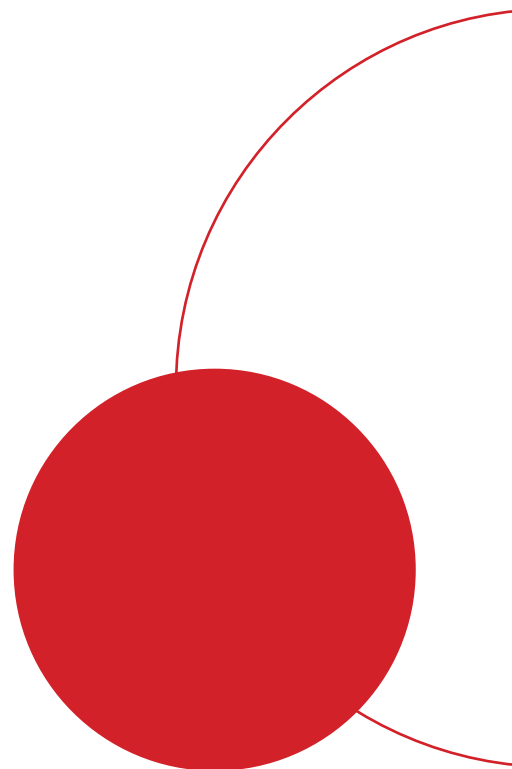
Após a implementação do SIRCE, os dados devem ser coletados em tempo real ou em uma frequência predefinida, dependendo da natureza das operações. O uso de ferramentas de análise de dados é fundamental para transformar as informações armazenadas em insights para a tomada de decisões. Algoritmos de análise preditiva podem ajudar a identificar oportunidades de reutilização de materiais ou prever picos na geração de resíduos, permitindo ajustes nas operações. Ferramentas de visualização de dados, como dashboards customizáveis, devem ser integradas ao SIRCE para permitir que os gestores acompanhem o desempenho das operações em tempo real.

A avaliação do desempenho do SIRCE deve ser contínua, utilizando indicadores e metas estabelecidos durante o desenvolvimento do sistema. Um elemento importante para essa avaliação é a realização de auditorias periódicas para verificar se o sistema está operando conforme o planejado e se os dados estão sendo inseridos corretamente.

Relatórios técnicos detalhando os resultados ambientais, econômicos e sociais alcançados devem ser disponibilizados para todos os stakeholders, permitindo que eles acompanhem o progresso em relação às metas estabelecidas. Recomenda-se divulgar os resultados em canais públicos, como websites corporativos e fóruns especializados, destacando os benefícios que o SIRCE agrega em termos de sustentabilidade e eficiência operacional. A comunicação amplia as iniciativas de economia circular no parque industrial.

Referências

- ARDOLINO, Filomena; PARRILLO, Francesco; DOMENICO, Carlo di; COSTARELLA, Fabio; ARENA, Umberto. Combined Use of an Information System and LCA Approach to Assess the Performances of a Solid Waste Management System. **Applied Sciences**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 1-16, 4 jan. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/app13020707>.
- CHEN, Pi-Cheng; LIU, Kun-Hsing. Development of an interactive industrial symbiosis query system with structured industrial waste database in Taiwan. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 297, n. 126673, p. 1-11, maio 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126673>.
- KOUHIZADEH, Mahtab; ZHU, Qingyun; SARKIS, Joseph. Circular economy performance measurements and blockchain technology: an examination of relationships. **The International Journal Of Logistics Management**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 720-743, 8 set. 2022. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijlm-04-2022-0145>.
- KUZIOR, Aleksandra; AREFIEV, Serhii; POBEREZHNA, Zarina. Informatization of innovative technologies for ensuring macroeconomic trends in the conditions of a circular economy. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, [S.L.], v. 9, n. 100001, p. 1-11, mar. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.joitmc.2023.01.001>.
- UPADHYAY, Arvind; MUKHUTY, Sumona; KUMAR, Vikas; KAZANCOGLU, Yigit. Blockchain technology and the circular economy: implications for sustainability and social responsibility. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 293, p. 126130, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126130>.



PROBLEMA

Dificuldade de adesão dos colaboradores à coleta seletiva

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

- Gestores e funcionários**
Responsabilidade social corporativa
- Alta administração**
Desempenho social corporativo
- Sector de Segurança, Saúde e Meio Ambiente**
Mitigação dos impactos ambientais
- Sector de Recursos Humanos**
Ações de engajamento
- Profissionais do meio ambiente**
Palestras e treinamentos
- Fornecedores**
Adequação às práticas ESG
- Comunidade local**
Geração de emprego e renda

Veja a rota Plataforma Multistakeholder para Economia Circular



Forme grupos de trabalho para discussão, planejamento e execução das atividades propostas



Escolha um líder para conduzir os próximos passos



Faça benchmarkings sobre coleta seletiva



Consulte a Academia e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento

Elabore um projeto de coleta seletiva e verifique sua viabilidade considerando:

- Recursos financeiros**
- Mapeamento da infraestrutura logística**
- Comprometimento dos stakeholders**
- Legislação ambiental**
- Envolvimento da alta direção das empresas**
- Locais adequados para descarte dos resíduos coletados**

Na implementação da coleta seletiva:

- Defina líderes**
- Implante uma cultura organizacional socialmente responsável**
- Crie trilhas contínuas de aprendizagem ambiental**
- Defina estratégias de gamificação com sistemas de incentivo**
- Priorize fornecedores que atendam às exigências ESG**
- Fomente parcerias que viabilizem a coleta seletiva**

Avalie o desempenho da coleta seletiva considerando:

- Metas e indicadores**
- Controle estatístico do processo**
- Participação nos lucros vinculada à coleta seletiva**
- Realização de auditorias**
- Geração de receitas**
- Quantidade de beneficiários**

Divulgue os resultados obtidos com a coleta seletiva

Parabéns!

Implementamos a rota de economia circular de coleta seletiva! Aproveite os benefícios conquistados!

Aumento da eficiência e redução de custos

Conscientização do valor do resíduo como coproduto

Aumento do engajamento corporativo em ações sustentáveis

Desenvolvimento de projetos sociais com a comunidade local

Dê uma destinação para os resíduos coletados:

- Recicláveis**
 - Doação para cooperativas
Veja a rota Cooperativa de Recicláveis
 - Comercialização
Veja a rota Atracção Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial
- Orgânicos**
 - Compostagem
Veja a rota Compostagem
 - Biodigestão
Veja a rota Biodigestão



Faça a coleta seletiva dos resíduos



Envolve funcionários e stakeholders na coleta seletiva



Faça treinamentos e capacitações para os funcionários e a comunidade local



Fique atento aos riscos

Não envolvimento da alta direção das empresas

Ausência de cultura organizacional socialmente responsável

Estabeleça um prazo de 2 a 5 anos para concluir o projeto



Crie um sistema de informação para a coleta seletiva

Veja a rota Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes

Instale os coletores com a cor respectiva para cada tipo de resíduo



Coleta Seletiva

A coleta seletiva é um programa destinado à coleta, separação, reciclagem e reutilização de materiais plásticos, metálicos, vítreos, celulósicos e orgânicos. Além de funcionar como uma ferramenta de educação ambiental, promovendo a conscientização sobre questões como o consumo excessivo, o esgotamento de recursos naturais e o descarte inadequado de resíduos.

Quais as etapas da Coleta Seletiva?

A coleta seletiva começa com a identificação das fontes geradoras de resíduos, incluindo a quantidade produzida e a caracterização dos materiais conforme aspectos físicos, químicos e biológicos, definidos na norma ABNT NBR 10.004:2004. Nesse estágio, também é necessário mapear as destinações dos resíduos, como reciclagem, reaproveitamento ou tratamento especial, caso os resíduos sejam perigosos. Outro passo essencial é a definição de procedimentos para a segregação dos resíduos na fonte geradora.

A separação deve ocorrer no local de geração, minimizando o risco de contaminação entre diferentes tipos de resíduos, o que pode comprometer a reciclagem ou elevar os custos de tratamento e disposição final.

O uso de coletores específicos, devidamente identificados e padronizados, é essencial para garantir a integridade do processo de separação dos resíduos. O sistema de cores foi definido pela Resolução CONAMA nº 275/2001 para evitar a mistura e a contaminação dos materiais. As cores dos coletores está associado ao tipo de materiais, conforme descrito a seguir:

- **Coletor azul:** papel e/ou papelão;
- **Coletor amarelo:** metal;
- **Coletor verde:** vidro;
- **Coletor vermelho:** plástico;
- **Coletor marrom:** orgânicos;
- **Coletor cinza:** não recicláveis;
- **Coletor preto:** madeira;
- **Coletor laranja:** resíduos perigosos;
- **Coletor roxo:** resíduos radioativos.

Após identificação das fontes geradoras de resíduos, deve-se especificar as condições apropriadas de armazenamento para cada tipo de resíduo antes da destinação final, evitando riscos de contaminação, proliferação de vetores de doenças, acidentes e sinistros. O armazenamento de resíduos perigosos precisa seguir normas rigorosas de segurança, com contenção e sinalização adequadas. A gestão eficiente dos pontos de coleta envolve o dimensionamento dos coletores e a definição da frequência de remoção dos resíduos para evitar o acúmulo excessivo.

Considerar o transporte dos resíduos, tanto interna quanto externamente, é outro ponto importante para a elaboração de um programa eficiente de coleta seletiva. Desse modo, o programa deve incluir diretrizes para o transporte seguro dos materiais, detalhando as rotas de deslocamento até os pontos de armazenamento e, posteriormente, até as unidades de destinação final.

Veículos específicos, devidamente licenciados e equipados para o transporte de cada tipo de resíduo, devem ser utilizados, especialmente para resíduos perigosos.

Além disso, é fundamental verificar se a empresa transportadora a ser contratada está em conformidade com todas as normas ambientais e sanitárias.

A destinação final é a etapa em que se conclui o ciclo de gestão de resíduos. O programa de coleta seletiva deve determinar a destinação mais eficiente para cada tipo de resíduo, como a reciclagem, compostagem, incineração ou a disposição em aterros licenciados. A reciclagem, a reutilização, o reuso e a compostagem devem ser priorizadas para maior alinhamento da coleta seletiva com as diretrizes da economia circular. Caso isso não seja possível no curto prazo, o programa deve incluir estratégias para promovê-las no médio ou longo prazo.

O programa de coleta seletiva também deve estabelecer um indicador que meça a redução progressiva de resíduos que poderiam ser reciclados ou reaproveitados, mas que ainda são enviados para aterros sanitários, promovendo assim a melhoria contínua do programa. Para resíduos perigosos, o programa deve assegurar que a destinação final seja feita em conformidade com normas específicas, garantindo que esses resíduos não ofereçam riscos à saúde humana ou ao meio ambiente. A rastreabilidade dos resíduos até a sua destinação final permite transparência e maior controle dos processos de coleta, armazenamento e destino final.

Como mobilizar stakeholders para a promoção de uma coleta seletiva eficiente?

A promoção de uma coleta seletiva eficiente exige a mobilização de vários stakeholders. Por isso, é importante usar argumentos adequados para engajá-los. Para a alta administração, é estratégico destacar como a coleta seletiva fortalece o desempenho social corporativo, elevando a reputação da empresa no mercado e entre investidores.

Gestores e funcionários devem ser envolvidos pois a coleta seletiva é uma das iniciativas de responsabilidade social corporativa, refletindo positivamente no ambiente de trabalho.

O setor de recursos humanos pode liderar ações de engajamento entre os stakeholders, fomentando uma cultura organizacional focada na sustentabilidade e motivando os funcionários a contribuírem com a coleta seletiva.

O setor de Segurança, Saúde e Meio Ambiente pode ser mobilizado a partir das oportunidades que a coleta seletiva oferece para mitigar impactos ambientais e aumentar a segurança e saúde ocupacional. Profissionais da área de meio ambiente podem enriquecer o processo de mobilização e engajamento com palestras e treinamentos, garantindo capacitação contínua dos funcionários. No caso dos fornecedores, a adequação às práticas ambientais, sociais e de governança (ESG) alinha suas operações com padrões globais e fortalece toda a cadeia produtiva em termos de sustentabilidade. A comunidade local também pode ser mobilizada com o argumento de que a coleta seletiva pode gerar empregos e renda.

Após a mobilização dos stakeholders, ocorre a formação de grupos de trabalho para discutir, planejar e executar as atividades propostas. A escolha de um líder é fundamental para conduzir os próximos passos com clareza e agilidade. Além disso, o programa deve incluir benchmarking sobre coleta seletiva, avaliando as melhores práticas de empresas que implementaram o programa, permitindo identificar oportunidades de melhoria e de inovações. Consultar a Academia e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento pode agregar soluções baseadas em evidências científicas e tecnológicas.

Elementos de viabilidade devem ser considerados na promoção de uma coleta seletiva eficiente.

É necessário avaliar se há recursos financeiros suficientes para possibilitar aquisição de coletores específicos, armazenagem temporária dos resíduos e sua destinação responsável.

O mapeamento da infraestrutura logística também deve ser realizado para assegurar que a empresa dispõe de uma rede eficiente para coleta, armazenamento e transporte dos materiais. A conformidade com a legislação ambiental também deve ser verificada, para garantir que o programa esteja de acordo com as normas regulatórias e evitar sanções. Outro elemento de viabilidade da coleta seletiva consiste na identificação de locais adequados e licenciados para o descarte dos resíduos, garantindo uma destinação final segura.

O comprometimento dos stakeholders é importante porque garante que todos os envolvidos entendam suas responsabilidades e colaborem para o alcance das metas estabelecidas. Por sua vez, o envolvimento da alta administração é importante porque assegura a alocação de recursos, o estabelecimento de metas estratégicas, a promoção de uma cultura organizacional que valorize a sustentabilidade, reforçando a credibilidade do programa e estimulando a adesão de todos os participantes.

Na fase de implementação da coleta seletiva, definir líderes responsáveis por coordenar as ações e garantir o cumprimento das metas estabelecidas é um passo essencial. A criação de uma cultura organizacional socialmente responsável é outro fator decisivo, pois sensibiliza os funcionários sobre a importância da coleta seletiva e do consumo consciente, incorporando a sustentabilidade nos valores da empresa. Para reforçar esse compromisso, é recomendável criar trilhas contínuas de aprendizagem ambiental, como treinamentos e workshops, e implementar estratégias de gamificação com sistemas de incentivos.

Fomentar parcerias que viabilizem a coleta seletiva com empresas de reciclagem ou cooperativas de catadores amplia o impacto positivo do programa e facilita a destinação correta dos resíduos.

Priorizar fornecedores que atendam às exigências ambientais-sociais-governança (ESG) também é importante para assegurar que práticas sustentáveis sejam realizadas em toda a cadeia de suprimentos.

Existem riscos que podem afetar o programa de coleta seletiva:

- **Falta de envolvimento da alta direção:** pode dificultar a mobilização dos funcionários;
- **Ausência de uma cultura organizacional socialmente responsável:** pode criar resistência interna e comprometer a adesão dos funcionários.

Como monitorar o desempenho de um programa de coleta seletiva?

Um sistema de informação de resíduos, co-produtos e efluentes é fundamental para acompanhar o desempenho da coleta seletiva e garantir que todas as etapas, desde a segregação até a destinação final, estejam funcionando conforme o planejado. O sistema de gerenciamento também precisa analisar o desempenho da coleta seletiva por meio de indicadores, permitindo que os dados sejam processados e transformados em relatórios.

O primeiro indicador sugerido é a quantidade de resíduos separados por categoria, que avalia o volume total de cada tipo de resíduo (papel, plástico, metal, vidro, e material orgânico) coletado em cada ciclo de coleta, permitindo a análise da eficiência do processo de separação na fonte.

Outro indicador importante a ser monitorado é a taxa de contaminação dos resíduos recicláveis ou orgânicos, que mede o percentual dos resíduos que foram descartados incorretamente junto com materiais não recicláveis.

A taxa de reaproveitamento de resíduos é outro indicador e mede o percentual de resíduos que foram reaproveitados em comparação com o volume total gerado, sendo fundamental para avaliar o sucesso da coleta seletiva na destinação correta dos materiais e no alinhamento com as práticas de economia circular.

A capacidade de armazenamento dos pontos de coleta, do centro de triagem e do depósito final também deve ser monitorada para evitar que haja problemas no fluxo de coleta e destinação final dos resíduos.

Como operacionalizar um programa de coleta seletiva?

A partir da definição de indicadores é possível realizar auditorias regulares, com o intuito de verificar se as operações estão de acordo com os procedimentos previamente definidos e se as metas estão sendo alcançadas.

O controle estatístico do processo (CEP) permite que os dados coletados sobre a operação da coleta seletiva sejam analisados para detectar variações e tendências, permitindo ajustes para manter o processo dentro dos parâmetros estabelecidos.

Outra prática recomendada para avaliação do desempenho da coleta seletiva é a vinculação da participação nos lucros dos funcionários à eficiência do programa. Ao conectar o desempenho ambiental com recompensas financeiras, a empresa pode aumentar o engajamento dos funcionários, incentivando a participação na separação correta de resíduos.

Caso os resíduos coletados sejam doados, o monitoramento da quantidade de beneficiários é uma métrica eficaz na avaliação do impacto social do programa de coleta seletiva, que deve incluir não apenas a comunidade envolvida, mas também as parcerias com cooperativas e outras entidades que recebem os materiais recicláveis ou orgânicos, ampliando o alcance e os benefícios sociais do programa.

A divulgação dos resultados obtidos com a implementação da coleta seletiva é importante para garantir a transparência e reforçar o compromisso com a sustentabilidade.

Referências

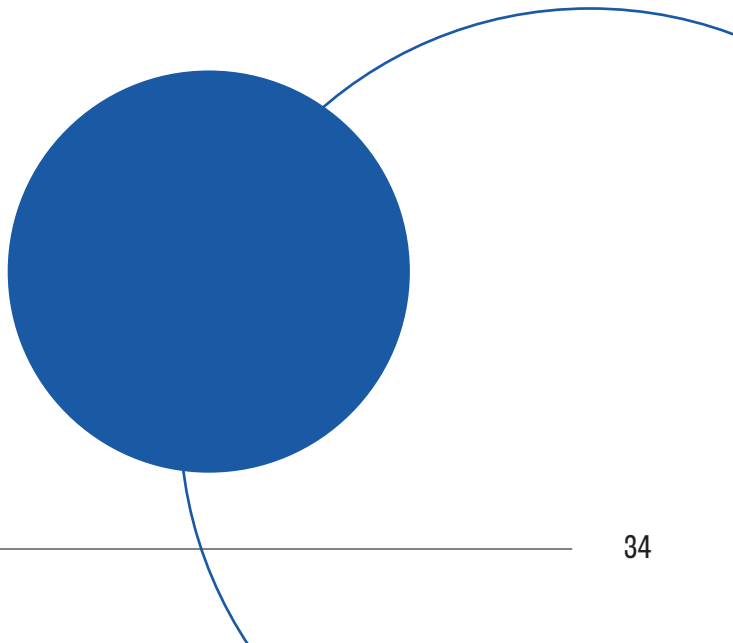
AMBIPAR GROUP. O que é Coleta Seletiva e sua importância. 2024. Disponível em: <https://ambipar.com/noticias/o-que-e-coleta-seletiva-e-sua-importancia/>. Acesso em: 07 out. 2024.

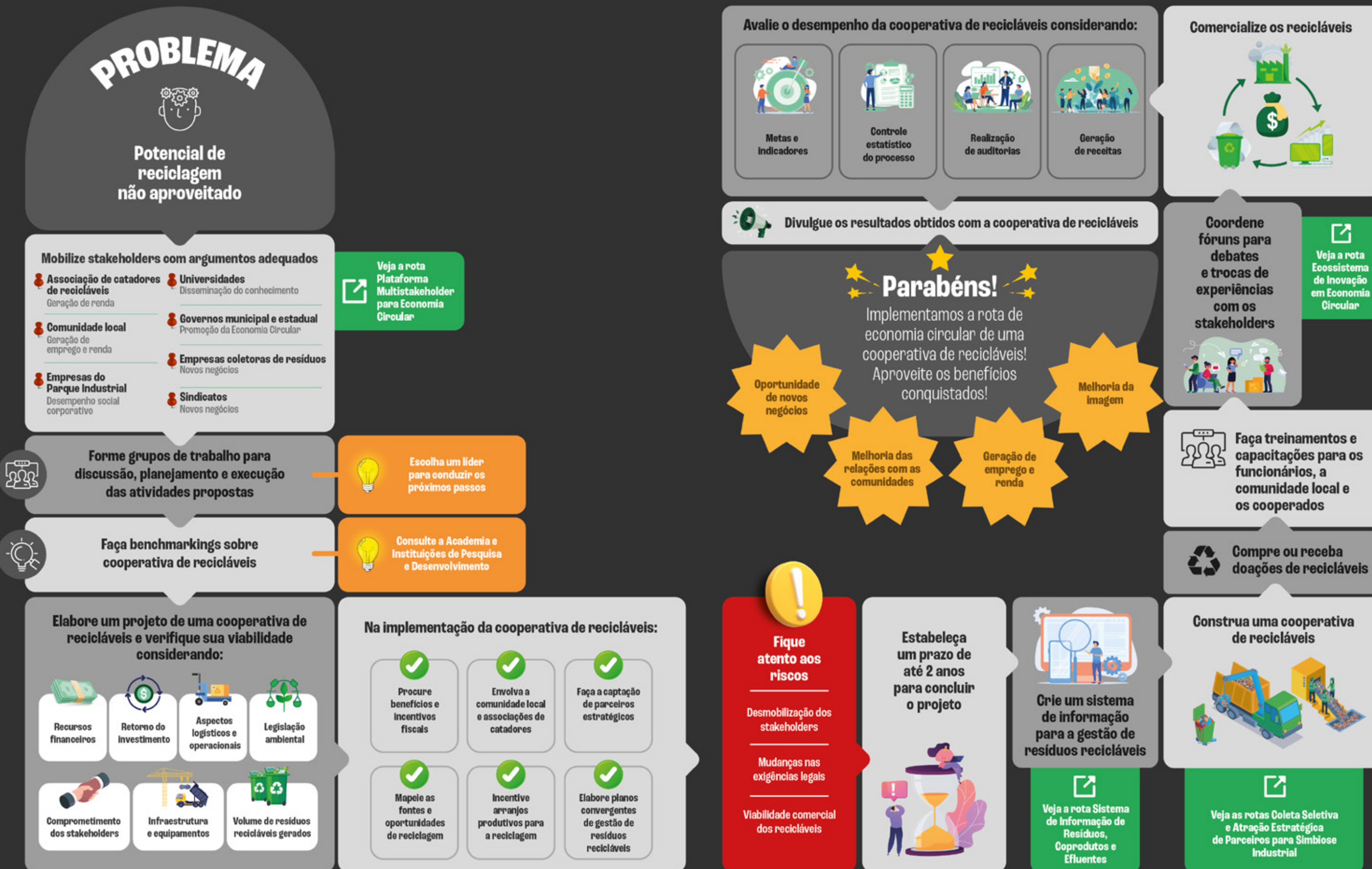
COORDENADORIA DE EDUCAÇÃO AMBIENTAL (São Paulo). Secretaria de Meio Ambiente. **Coleta seletiva**: na escola, no condomínio, na empresa e na comunidade. 2. ed. São Paulo: Governo do Estado de São Paulo, 2013. 30 p.

SCOM AMBIENTAL (Brasília/DF). **Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos**: fundação escola nacional de administração pública. Brasília/DF: S.N., 2017. 54 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZADO INDUSTRIAL (Rio Grande do Sul). Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Metodologia de roteiros para coleta de resíduos sólidos domiciliar e coleta seletiva**. Porto Alegre: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2010.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZADO INDUSTRIAL (Rio Grande do Sul). Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Coleta seletiva e a mistura de resíduos nas empresas**. Porto Alegre: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2011.





Cooperativa de Recicláveis

A reciclagem é um processo que transforma resíduos em materiais que podem ser reintroduzidos nos ciclos de produção e consumo, evitando a extração desnecessária de matérias-primas e reduzindo o volume de resíduos que se acumula em aterros sanitários.

Uma cooperativa de reciclagem é uma forma de organização autogestionária que reúne catadores de materiais recicláveis para atuar em atividades de coleta, triagem, beneficiamento e comercialização. As cooperativas de reciclagem melhoram as condições de trabalho dos catadores, promovem a inclusão social e econômica dos seus membros e contribuem para a sustentabilidade ambiental. Também contribuem com a mitigação dos gases de efeito estufa (GEE) relacionadas à decomposição de resíduos em aterros sanitários.

No Brasil, o cooperativismo é regulamentado pelas leis nº 5.764/1971, que define a Política Nacional de Cooperativismo e estabelece o regime jurídico das sociedades cooperativas; nº 10.406/2002, que institui o Código Civil; e nº 12.690/2012, que dispõe sobre a organização das Cooperativas de Trabalho e cria o Programa Nacional de Fomento às Cooperativas de Trabalho (PRONACOOP).

A Lei nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), reconhece o papel das cooperativas e incentiva sua criação e fortalecimento como estratégia para promover a política. Ao fomentar práticas de economia circular, as cooperativas de reciclagem também atuam como agentes de transformação que alinham benefícios sociais e econômicos às metas globais de redução de emissões de GEE.

Como desenvolver uma cooperativa de recicláveis?

O primeiro passo no processo de criação de uma cooperativa de recicláveis é mobilizar stakeholders com argumentos que demonstrem suas vantagens. Para os catadores de materiais recicláveis, a cooperativa representa uma oportunidade de geração de renda e melhoria das condições de trabalho. Para a comunidade local, a criação da cooperativa traz benefícios como a geração de empregos e a inclusão de pessoas de baixa renda no mercado de trabalho.

Empresas do parque industrial, ao destinarem seus materiais recicláveis para uma cooperativa, podem fortalecer o desempenho social corporativo. As universidades podem contribuir para a disseminação de conhecimento técnico e científico aos cooperados. Governos municipais e estaduais têm o papel de fomentar políticas públicas de promoção da economia circular por meio da reciclagem.

Empresas coletoras de resíduos e sindicatos são parceiros potenciais que podem aproveitar oportunidades de novos negócios e expansão de suas atividades.

O próximo passo é formar grupos de trabalho, responsáveis pela discussão, planejamento e execução das atividades necessárias para a criação da cooperativa. Cada grupo deve ser composto por indivíduos que possuem conhecimento técnico ou em gestão, sendo fundamental a escolha de um líder para coordenar as atividades e garantir que todas as tarefas sejam realizadas de acordo com o cronograma estipulado.

Recomenda-se a realização de benchmarking para identificar casos de sucesso para aprender boas práticas e superar desafios. O apoio da Academia e de instituições de pesquisa e desenvolvimento pode oferecer insights sobre modelos de gestão, inovações tecnológicas e políticas de sustentabilidade.

Desenvolver uma cooperativa de recicláveis requer atenção a uma série de aspectos legais, operacionais e financeiros para garantir sua viabilidade. É necessário cumprir exigências formais e obter os registros necessários, como o Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica e a Inscrição Estadual.

A formalização jurídica também passa pela criação de um Estatuto Social, que define a estrutura organizacional da cooperativa, os direitos e deveres dos associados e o modelo de gestão. Após a elaboração do estatuto, uma assembleia geral de constituição deve ser realizada, na qual o documento é aprovado e a diretoria e o conselho fiscal são eleitos. É importante gerenciar as contribuições previdenciárias dos cooperados.

A cooperativa também precisa estruturar suas operações de maneira eficiente e garantir que todas as atividades estejam em conformidade com as normas fiscais, trabalhistas e ambientais.

A disponibilidade de recursos financeiros é fundamental para cobrir custos iniciais com a compra de equipamentos, a adequação do espaço físico e o cumprimento dos requisitos legais. O retorno sobre o investimento deve ser analisado, pois dependerá do volume de resíduos processados, das parcerias estabelecidas e da eficiência das operações.

Espaço físico adequado, como um galpão para a triagem e armazenamento de resíduos, e para realizar a separação e o enfardamento dos materiais recicláveis, são itens vitais de infraestrutura para o melhor funcionamento de cooperativas de reciclagem.

Outra questão relevante na análise de viabilidade de uma cooperativa de reciclagem consiste nos aspectos logísticos e operacionais. Esses aspectos envolvem o desenvolvimento de um sistema de transporte eficaz para o recolhimento dos resíduos e a criação de uma estrutura logística interna que otimize o fluxo de trabalho entre os cooperados.

A viabilidade de uma cooperativa de reciclagem também depende do volume de resíduos recicláveis gerados na região onde ela se encontra. Tipos variados de resíduos, como plástico, papel, metal e vidro, garantem uma operação sustentável e lucrativa. Parcerias com empresas e contar com a participação da comunidade na coleta seletiva aumentam as possibilidades de suprimento de materiais recicláveis para as cooperativas.

O comprometimento desses stakeholders garante o alinhamento entre interesses e ações que sustentam as operações da cooperativa e facilita o estabelecimento de parcerias estratégicas, a alocação de recursos e a implementação de processos eficientes.

O atendimento à legislação ambiental desempenha um papel central na viabilidade de uma cooperativa de recicláveis. Devem ser observadas a necessidade de obtenção de licenças ambientais para a manipulação de determinados tipos de resíduos.

Durante a implementação de uma cooperativa de recicláveis, é essencial procurar benefícios e incentivos fiscais, que podem ser obtidos na forma de isenções ou reduções de impostos, além de linhas de crédito específicas para cooperativas ou projetos de economia circular. A captação de parceiros estratégicos também contribui nesse processo, pois promove a troca de conhecimentos especializados, amplia a rede de atuação da cooperativa e facilita a arrecadação de materiais recicláveis.

Mapear as fontes e as oportunidades de reciclagem permite que a cooperativa identifique quem são os geradores de materiais recicláveis na região, como empresas fabris e comerciais e áreas residenciais com programas de coleta seletiva, para garantir um fluxo constante de materiais.

As empresas do parque industrial podem promover a integração de atores locais e regionais em uma rede que fortalece a cadeia de valor dos materiais recicláveis.

Melhorar processos de coleta, triagem e comercialização e estimular o desenvolvimento de soluções conjuntas para desafios logísticos e financeiros promove a sinergia entre os envolvidos na cooperativa de recicláveis.

As empresas do parque industrial precisam elaborar planos convergentes de gestão de resíduos recicláveis para alinhar a coleta, a triagem e a destinação dos materiais recicláveis à capacidade operacional da cooperativa.

Durante a implementação de uma cooperativa de recicláveis, é essencial estar atento a possíveis riscos, que incluem:

- **Desmobilização dos stakeholders:** pode reduzir o fluxo de materiais recicláveis e enfraquecer parcerias necessárias para a operação.
- **Mudanças nas exigências legais:** novas normas podem aumentar custos ou inviabilizar práticas consolidadas.
- **Viabilidade comercial dos recicláveis:** flutuações nos preços e na demanda podem comprometer a geração de receita e a sustentabilidade financeira.

O prazo de dois anos para a implementação de uma cooperativa de recicláveis é um período adequado para que todas as etapas sejam executadas, incluindo a captação de recursos, o estabelecimento de parcerias, a construção da infraestrutura e o início das operações.

Durante esse tempo, é importante realizar revisões periódicas do projeto, ajustando as atividades para garantir o sucesso na implementação da cooperativa.

Como operacionalizar uma cooperativa de recicláveis?

Os próximos passos incluem estabelecer a cooperativa de recicláveis, formalizando sua estrutura operacional e organizacional, além de adquirir materiais recicláveis por meio de compras ou doações.

Em seguida, deve-se realizar treinamentos e capacitações para os cooperados, por meio de cursos e workshops, a fim de melhorar as habilidades na triagem e no manejo dos materiais, o que pode aumentar a produtividade e a segurança no trabalho, além de garantir a atualização das habilidades dos membros da cooperativa.

A formação de líderes entre os cooperados contribui para o desenvolvimento de uma gestão autônoma e eficiente. A coordenação de fóruns de debate e troca de experiências com stakeholders pode criar um espaço de diálogo contínuo, permitindo que a cooperativa se mantenha atualizada sobre tendências de mercado e novas tecnologias.

Outro passo importante na gestão das cooperativas consiste na comercialização dos materiais recicláveis por meio de contratos que garantam a compra de grandes volumes de materiais reciclados.

É importante notar que a qualidade da triagem e do processamento influencia no valor de mercado dos materiais recicláveis, sendo fundamental investir em tecnologia e capacitação para garantir que os resíduos sejam vendidos a um preço competitivo.

Como monitorar o desempenho de uma cooperativa de recicláveis?

Avaliar o desempenho da cooperativa requer a definição de metas claras e indicadores de eficiência. Diferentes indicadores podem ser utilizados para monitorar o desempenho de uma cooperativa de recicláveis.

Por exemplo, o volume de resíduos coletados mede a quantidade total de materiais que a cooperativa recebe e processa. A eficiência da triagem avalia o percentual de resíduos que são separados corretamente para reciclagem, e a taxa de rejeição indica a quantidade de materiais que não podem ser reciclados.

O custo operacional por tonelada de materiais recicláveis permite o cálculo do custo de processamento dos resíduos, medindo a eficiência financeira da operação. A capacidade de armazenamento e giro dos materiais reciclados avalia o desempenho da gestão dos resíduos.

A quantidade de empresas parceiras pode ser acompanhada para verificar a regularidade e o volume de materiais recicláveis enviados pelas empresas do parque industrial.

A gestão da cooperativa de recicláveis pode implementar controles estatísticos para acompanhar o desempenho dos processos de coleta e triagem, identificando gargalos ou áreas de melhoria.

O sistema de informação de resíduos, coprodutos e efluentes serve para centralizar dados operacionais e administrativos da cooperativa com dados operacionais das empresas do parque industrial. Auditorias regulares auxiliam na verificação da conformidade com os padrões operacionais e financeiros.

A geração de receitas pode ser monitorada em termos de volume de recicláveis comercializados

e custos operacionais, permitindo ajustes que melhorem a viabilidade econômica da cooperativa.

Divulgar os resultados obtidos pela cooperativa por meio de relatórios de atividades é uma forma de manter os stakeholders engajados e demonstrar o impacto gerado pelas atividades. Os resultados podem ser divulgados por meio de canais de comunicação variados, como sites e redes sociais, e em eventos ou reuniões com parceiros.

Ao implementar uma cooperativa de recicláveis, as empresas do parque industrial podem se beneficiar da oportunidade de geração de novos negócios, melhoria das relações com a comunidade local, geração de emprego e renda para os catadores e melhoria da imagem.

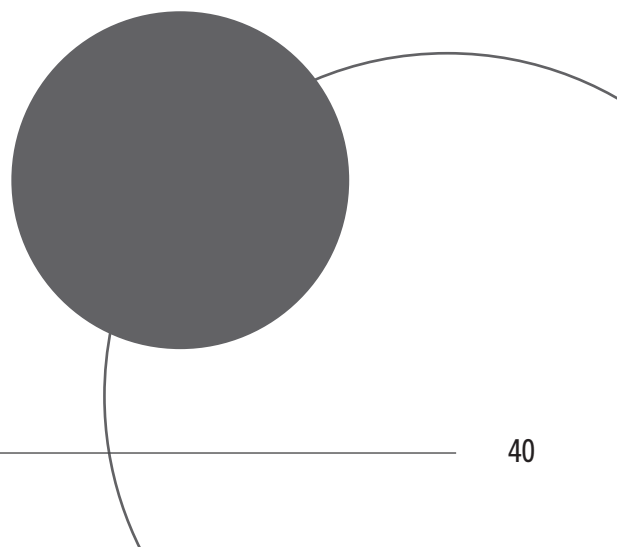
Referências

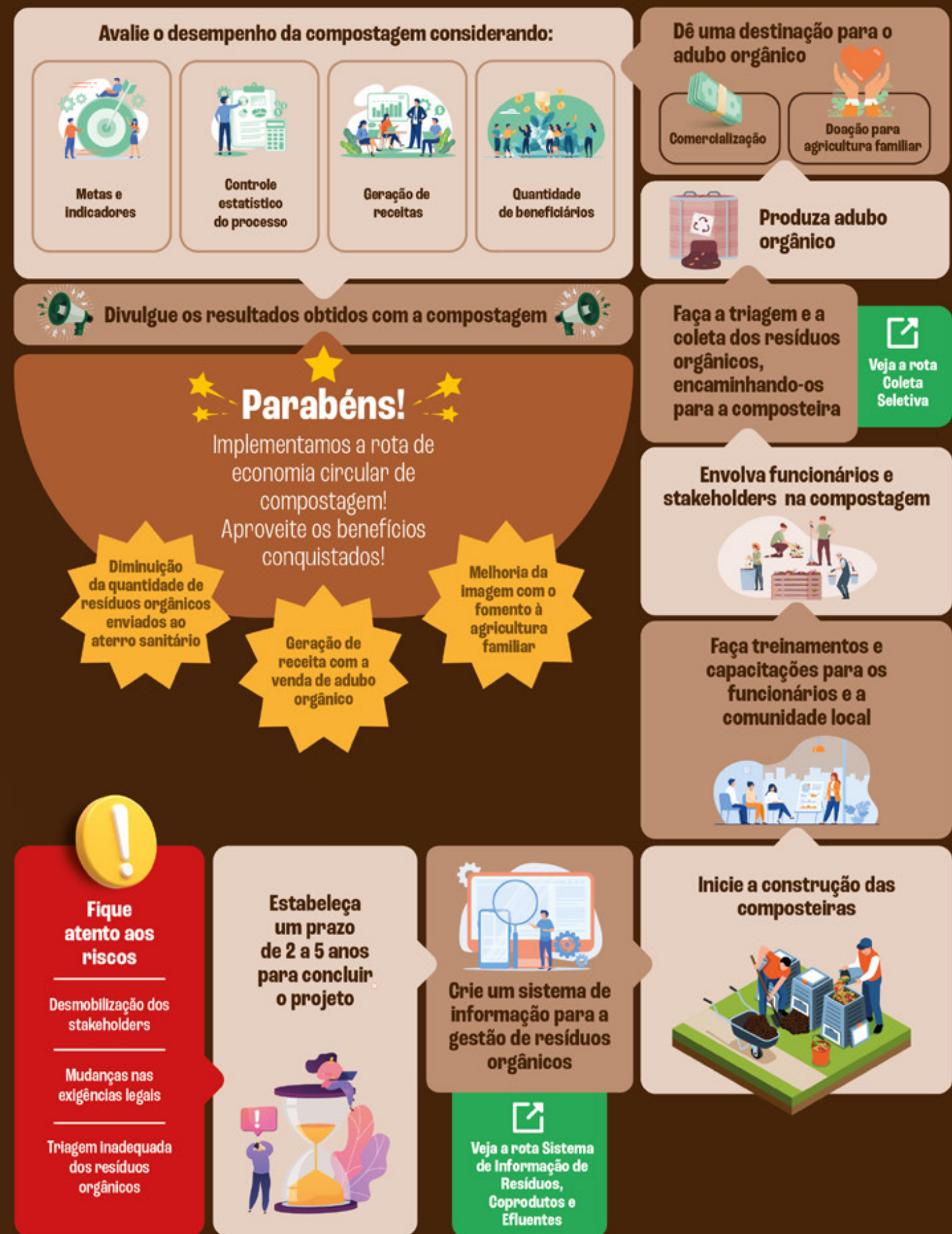
PINHEL, Julio Ruffin (org.). **Do Lixo à Cidadania**: guia para a formação de cooperativas de catadores de materiais recicláveis. S.L.: Editora Peirópolis, 242 p. Disponível em: <https://www.mnrc.org.br/biblioteca/publicacoes/livros-guias-e-manuais/d-o-lixo-a-cidadania>. Acesso em: 15 out. 2024.

SEBRAE (Cuiabá). **Minha Empresa Sustentável**: cooperativa de reciclagem. Cuiabá, 2017. 25 p. (978-85-7361-102-1).

SISTEMA FIEB (Bahia). **Orientações para Associações/Cooperativas de Catadores(as) e Recicladoras na Prestação de Serviços de Logística Reversa**. Salvador: Fieb, 2020. 40 p.

SOUZA, Maria Tereza Saraiva de; PAULA, Mabel Bastos de; SOUZA-PINTO, Helma de. O Papel das Cooperativas de Reciclagem nos Canais Reversos Pós-Consumo. **Revista de Administração de Empresas**, [S.L.], v. 52, n. 2, p. 246-262, mar. 2012.





Compostagem



A compostagem é um processo biológico que transforma resíduos orgânicos, como restos de alimentos, em um produto que pode ser utilizado em culturas agrícolas. Esse processo compõe-se de um ciclo, no qual o adubo orgânico produzido pela degradação dos resíduos orgânicos é utilizado como fertilizante, contribuindo para a produção de novos alimentos. Para realizar essa degradação, faz-se necessário água, gás oxigênio e agentes microbianos, como fungos e bactérias.

Além de fechar o ciclo de nutrientes, a compostagem reduz significativamente as emissões de gases de efeito estufa (GEE) ao desviar resíduos orgânicos de aterros sanitários, onde esses materiais liberariam metano durante a decomposição anaeróbica. O uso de composto orgânico como fertilizante também diminui a necessidade de fertilizantes químicos, cuja produção é intensiva na pegada de carbono.

Como planejar a Compostagem?

Mobilizar stakeholders é essencial para garantir o sucesso de um projeto de compostagem. Empresas de parques industriais podem se envolver nesse projeto com o objetivo de reduzir os custos e a pegada de carbono relacionados à destinação final de resíduos orgânicos em aterros sanitários.

Empresas de compostagem podem aproveitar os resíduos orgânicos para desenvolver novos negócios na região. Associações industriais podem integrar a compostagem em suas agendas de Environmental, Social and Governance (ESG), promovendo práticas sustentáveis alinhadas às demandas do mercado e às políticas ambientais vigentes.

Governos estaduais e municipais têm a oportunidade de promover a compostagem como parte de uma estratégia de economia circular, considerando que aterros sanitários e lixões continuam sendo a principal forma de destinação de resíduos orgânicos no Brasil. Essa prática pode contribuir para o cumprimento de metas estabelecidas em planos de resíduos sólidos, como o Plano Estadual de Resíduos Sólidos do Ceará, que prevê a destinação ambientalmente adequada de 100% dos resíduos orgânicos em todos os municípios até 2036.

Além disso, a compostagem pode gerar impacto social relevante ao envolver associações comunitárias, criando oportunidades de emprego na produção de adubo orgânico para fortalecer a economia local.

Para estruturar um projeto de compostagem, recomenda-se formar um grupo de trabalho com engenheiros ambientais, biólogos, administradores e lideranças comunitárias.

Um líder deve coordenar o planejamento da compostagem, engajar os membros e manter a comunicação com os stakeholders. As atividades operacionais, como coleta de resíduos e operação das unidades de compostagem, podem ser delegadas. Sugere-se que esse grupo realize benchmarking e consultas à Academia, como universidades e instituições de pesquisa e desenvolvimento, a exemplo da EMBRAPA.

Durante a elaboração do projeto de compostagem, é importante considerar elementos de viabilidade, como recursos financeiros para investimentos em infraestrutura e mão de obra. A infraestrutura deve contemplar um espaço físico adequado para a instalação das composteiras e aspectos que facilitem a logística relacionada à coleta e transporte dos materiais orgânicos.

O comprometimento dos stakeholders é essencial, pois a redução de sua participação pode limitar a quantidade de material orgânico disponível para a operação. O licenciamento ambiental deve ser obtido para assegurar a conformidade legal do projeto, evitando interrupções nas atividades operacionais. Avaliar o retorno financeiro é fundamental para identificar oportunidades de financiamento, atrair investidores e planejar uma operação economicamente sustentável.

Durante a implementação de um projeto de compostagem, é importante contar com capital intelectual especializado para planejar as operações, definir melhores práticas e monitorar a qualidade do adubo orgânico produzido.

Contratos de longo prazo com fornecedores de resíduos orgânicos, como empresas ou refeitórios industriais, garantem a regularidade do fornecimento de insumos. Acordos com compradores ou donatários do adubo orgânico asseguram a saída contínua do produto.

Atrair estrategicamente empresas para formar parcerias pode contribuir para o compartilhamento de custos, infraestrutura e expertise técnica, aumentando a eficiência do projeto. Fontes externas de financiamento, como editais públicos, linhas de crédito ou incentivos privados, são úteis para cobrir investimentos iniciais.

Apresentar os benefícios do projeto a governos municipais e estaduais, incluindo a redução de resíduos em aterros sanitários, o cumprimento de metas ambientais e a geração de empregos locais, pode atrair apoio institucional e elaboração de políticas públicas.

O licenciamento ambiental envolve a obtenção de autorizações para o manejo e operação das instalações, garantindo a conformidade com a legislação e prevenindo interrupções legais que possam comprometer a viabilidade do projeto. Essa regularização também contribui para a segurança jurídica das atividades e para o planejamento econômico a longo prazo.

Os riscos para um projeto de compostagem incluem:

- **Desmobilização dos stakeholders:** A redução do comprometimento de stakeholders pode acarretar a diminuição do fornecimento de recursos financeiros, materiais orgânicos e suporte técnico.
- **Mudanças nas exigências legais:** Alterações na legislação ambiental ou sanitária podem exigir ajustes no projeto, como modificações na infraestrutura ou processos, gerando custos adicionais e possíveis interrupções das atividades.
- **Triagem inadequada dos resíduos orgânicos:** A falta de separação correta dos resíduos pode comprometer a qualidade do adubo orgânico, aumentando a necessidade de retrabalho e o risco de contaminação.

Dado o nível de complexidade e os riscos envolvidos, um prazo razoável para a implementação completa de um projeto de compostagem varia entre 2 e 5 anos. Esse período permitirá a mobilização dos stakeholders, a realização do planejamento de operação da compostagem, a obtenção das licenças necessárias, a captação dos recursos, o estabelecimento dos contratos e a implementação da infraestrutura e dos processos operacionais.

Como operacionalizar a compostagem?

A construção de uma composteira é o ponto inicial na operacionalização da compostagem. Para isso, utilizam-se leiras, estruturas compostas por resíduos orgânicos e materiais de lenta degradação, que podem ser empregadas em dois modelos principais: leiras que exigem revolvimento periódico para aeração e mistura do material e leiras estáticas, onde não há movimentação, permitindo simplificação operacional e redução de custos.

As leiras estáticas, que promovem a aeração sem necessidade de movimentação, podem adotar sistemas de convecção natural, como no método conhecido como Compostagem Termofílica com Aeração Passiva ou método UFSC. Nesse sistema, o ar frio entra pela base da leira, enquanto o ar quente é liberado pelo topo. As leiras estáticas aeradas utilizam túneis de ventilação ou mecanismos que forcem a circulação de ar e exigem etapas de preparação prévia dos resíduos antes de sua disposição.

O design das leiras desempenha papel determinante na eficiência do processo, devendo ser ajustado à área disponível e à dinâmica da operação. A altura das leiras pode variar entre 1,5 e 3 metros, sendo que alturas maiores exigem equipamentos mecanizados, como pás carregadeiras. O comprimento das leiras, que pode ser adaptado entre 1 e 20 metros, depende do espaço e da capacidade de manejo do pátio de

compostagem. Entre as leiras, devem ser previstos corredores para facilitar o manejo dos resíduos orgânicos, além de sistemas de drenagem para captar o adubo orgânico e o excesso de água gerados durante o processo.

A base da leira deve ser montada com materiais que permitam boa circulação de ar, como galhos, folhas de palmeiras e podas. Sobre essa camada, são colocados materiais mais finos, como serragem e folhas trituradas, para assegurar a estabilidade e a distribuição uniforme de resíduos.

Antes de iniciar o processo, é recomendado utilizar um inoculante, que consiste em material compostado e rico em microrganismos, para acelerar a degradação dos resíduos e alcançar rapidamente a fase termofílica do método UFSC. Essa etapa inicial também reduz o risco de proliferação de animais e insetos que podem atuar como vetores de doenças.

Após a montagem da leira, é fundamental realizar treinamentos e capacitações direcionados aos operadores e à comunidade local para disseminar conhecimentos técnicos e boas práticas no processo de compostagem. Para os operadores, os treinamentos devem abordar etapas como o monitoramento de indicadores técnicos, o controle de resíduos e a manutenção das estruturas. Para a comunidade, as capacitações podem focar na separação correta de resíduos e nos benefícios da compostagem, incentivando a participação no projeto.

O envolvimento dos funcionários e stakeholders deve ser promovido por meio de ações que estimulem a separação adequada dos resíduos orgânicos nas fontes geradoras, assegurando a qualidade do material coletado. Esse engajamento pode ser ampliado por atividades como workshops e campanhas educativas, que reforcem a conscientização sobre os benefícios ambientais e econômicos da compostagem.

Em seguida, é importante realizar a coleta de resíduos orgânicos, que pode incluir restos alimentares de refeitórios de empresas de parques industriais, pois são ricos em nutrientes e contém alto teor de água. Outros materiais aproveitáveis incluem aparas de grama, podas de árvores, cortes de mato, palhas, aparas de madeira e serragem. Após a coleta, os resíduos são triturados, esmagados e misturados para reduzir seu tamanho, aumentar a superfície de contato e melhorar a aeração.

Esses processos facilitam a difusão do gás oxigênio e ajudam a equilibrar a relação carbono-nitrogênio, que influencia a decomposição biológica. Os resíduos processados são dispostos em leiras, onde ocorre a compostagem. A transformação completa dos resíduos em composto pode durar até dois meses, dependendo de fatores como aeração, umidade e temperatura.

A depender dos objetivos do projeto de compostagem e das necessidades locais, é possível dar dois tipos de destinação ao adubo orgânico. Ele pode ser destinado à comercialização, atendendo agricultores, jardineiros, paisagistas e outros consumidores. Essa abordagem permite gerar receita para sustentar as operações da compostagem e estimular o mercado local de fertilizantes naturais.

A outra opção é a doação para agricultores familiares inseridos em programas de incentivo à agricultura sustentável para aumentar a produtividade de pequenos produtores e contribuir para a segurança alimentar em comunidades locais.

A distribuição do adubo orgânico pode ser realizada em parceria com associações de agricultores e órgãos públicos, integrando o projeto de compostagem a políticas sociais e ambientais.

Planejar as destinações, sejam comerciais ou sociais, permite maximizar os impactos positivos da compostagem e ampliar seus benefícios econômicos, sociais e ambientais.

Como monitorar e controlar a compostagem?

A implementação de um sistema de informação de resíduos, coprodutos e efluentes para a gestão de resíduos orgânicos e da compostagem contribui para maior eficiência e controle operacional.

Indicadores técnicos são fundamentais para monitorar o processo. O pH, que mede a acidez ou alcalinidade, deve ser mantido entre 6 e 8, pois valores fora dessa faixa podem inibir a proliferação dos microrganismos responsáveis pela decomposição.

A relação carbono/nitrogênio (C/N) é outro indicador relevante. O intervalo recomendado, de 25 a 30, garante equilíbrio químico e eficiência na decomposição, enquanto valores acima de 30 resultam em degradação lenta e valores abaixo de 25 causam perda de nitrogênio e odores desagradáveis.

A umidade também desempenha papel central, pois influencia a atividade biológica e a circulação de oxigênio. Valores iniciais entre 50% e 70% otimizam a atuação microbiana, pois excesso de umidade dificulta a oxigenação e níveis baixos reduzem a atividade microbiana. O nível de oxigênio deve ser mantido acima de 10% para garantir condições aeróbias, prevenindo odores. A temperatura é outro parâmetro crítico, refletindo a atividade metabólica dos micro-organismos em diferentes fases.

Quanto aos indicadores gerenciais, é importante controlar os tipos e as fontes de resíduos orgânicos coletados, que permitem mapear a

origem dos materiais recebidos e aferir a variabilidade na composição dos resíduos orgânicos, possibilitando ajustes no processo de compostagem.

O percentual de resíduos orgânicos que podem ser compostados é outro indicador relevante, pois ajuda a identificar a fração de resíduos efetivamente aproveitável, excluindo materiais contaminados ou inadequados ao processo, sendo importante para o cálculo do potencial de aproveitamento e a identificação de gargalos relacionados à triagem ou qualidade dos resíduos.

A relação entre a quantidade de adubo orgânico gerado e a quantidade de resíduos orgânicos aptos ao processo avalia a eficiência do sistema, indicando o rendimento da compostagem e o desempenho do processo em diferentes períodos ou entre diferentes instalações, ajudando a identificar áreas de melhoria. O custo operacional por tonelada processada é um indicador financeiro importante para avaliar a viabilidade econômica do projeto e identificar oportunidades para redução de custos.

O tempo médio de processamento, calculado entre a coleta dos resíduos e a maturação do composto, fornece informações sobre a eficiência temporal do sistema. O volume de adubo orgânico vendido ao longo de um período pode ser utilizado como um indicador de aceitação do produto no mercado e de retorno financeiro.

Indicadores ambientais podem fornecer uma visão sobre os benefícios associados ao processo de compostagem. A taxa de desvio de resíduos orgânicos de aterros sanitários demonstra sua contribuição para a redução de resíduos enviados a esses locais. A redução de emissões de gases de efeito estufa, como metano e dióxido de carbono, também pode ser monitorada para avaliar o impacto do não envio dos resíduos orgânicos aos aterros sanitários na descarbonização.

A qualidade do solo após a aplicação do composto pode ser avaliada pela concentração de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, e pela ausência de metais pesados, refletindo os benefícios na fertilidade e na segurança ambiental do solo. A taxa de retenção de água no solo indica melhorias na capacidade de infiltração e na proteção contra erosão, evidenciando o impacto positivo do adubo orgânico na estrutura do solo.

A redução na necessidade de fertilizantes químicos, medido em função do uso do adubo orgânico, é um indicador que reflete os benefícios ambientais relacionados à substituição de insumos industrializados. O monitoramento da biodiversidade microbiana no adubo orgânico também é relevante, pois indica a saúde do processo e a adequação do produto para aplicação agrícola ou ambiental. O consumo de água no processo de compostagem pode ser avaliado para verificar a eficiência hídrica dessa técnica.

Indicadores sociais permitem avaliar os impactos da compostagem sobre os stakeholders. O número de empregos diretos e indiretos gerados durante a coleta, operação e distribuição do adubo orgânico demonstra a contribuição do projeto para a geração de renda local. A aceitação social, mensurada por pesquisas de percepção da comunidade, indica o nível de engajamento e apoio às práticas de compostagem realizadas pelas empresas do parque industrial e demais stakeholders.

A doação de adubo orgânico para agricultores familiares ou escolas avalia os impactos em setores sociais estratégicos. O número de parcerias com instituições educacionais, voltadas à promoção da conscientização ambiental e práticas de sustentabilidade, reflete o alcance educativo do projeto.

A avaliação do desempenho da compostagem permite acompanhar os resultados alcançados e identificar áreas de melhoria. Essa análise pode

ser baseada em metas pré-estabelecidas e nos indicadores sugeridos. O controle estatístico do processo auxilia no monitoramento de variações, mantendo a operação dentro de padrões consistentes.

A avaliação também deve incluir a análise das receitas geradas pela comercialização do adubo ou mensurar a quantidade de beneficiários no caso de doação, como agricultores familiares e organizações comunitárias, para avaliar os impactos sociais da iniciativa.

Os resultados da compostagem devem ser divulgados de forma transparente por meio de relatórios, apresentações em congressos e materiais de comunicação. Essa prática engaja stakeholders, fortalece a reputação do projeto e incentiva a replicação de iniciativas semelhantes em outras regiões.

Referências

BEKCHANOV, M.; MIRZABAEV, A.. Circular economy of composting in Sri Lanka: opportunities and challenges for reducing waste related pollution and improving soil health. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 202, p. 1107-1119, nov. 2018. Elsevier BV.

CEARÁ. Alceu de Castro Galvão Júnior. Agência Reguladora do Estado do Ceará. **Avaliação das Unidades de Compostagem das CMRS:** comares cariri. Fortaleza: Ceará, 2022. 27 p.

INÁCIO, C. de T. **Compostagem:** curso prático e teórico. Brasília: Circular Técnica Embrapa Solos, 2015. 8 p.

INTERNATIONAL SOLID WASTE ASSOCIATION. **A roadmap for closing waste dumpsites:** the world's most polluted places. S.L.: International Solid Waste Association, 2016. 124 p.

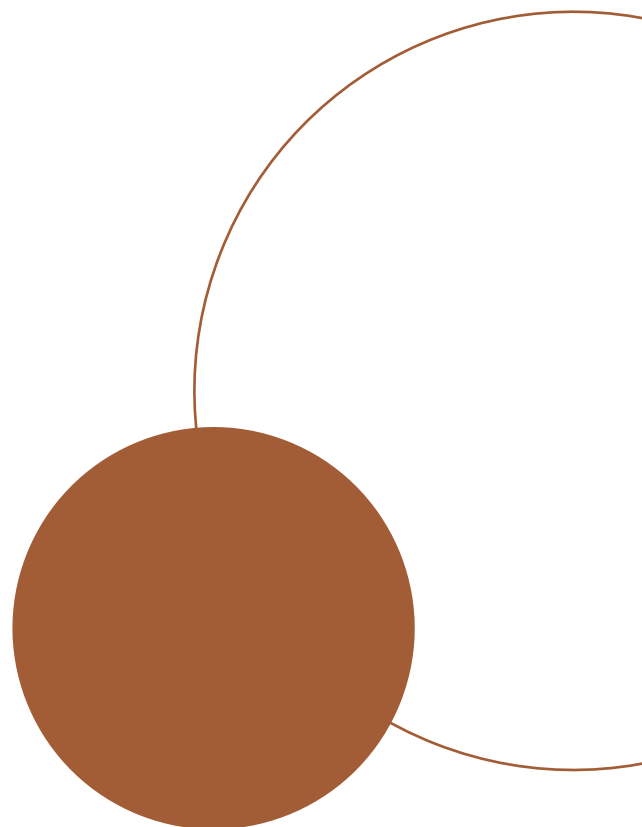
MANEA, E. E.; BUMBAC, C.; DINU, L. R.; BUMBAC, M.; NICOLESCU, C. M. Composting as a Sustainable Solution for Organic Solid Waste Management: current practices and potential improvements. **Sustainability**, [S.L.], v. 16, n. 15, p. 6329, 24 jul. 2024. MDPI AG.

NIERO, T. Ecycle. **Conheça a compostagem em leiras estáticas.** Disponível em: https://www.ecycle.com.br/compostagem-leiras-estaticas/?utm_source=chatgpt.com. Acesso em: 24 nov. 2024.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE (Ceará). Governo do Estado do Ceará. **Plano Estadual de Resíduos Sólidos.** Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 2016. 134 p. Disponível em: <https://www.sema.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/36/2019/08/Plano-estadual-de-residuos-solidos.pdf>Acesso em: 24 nov. 2024.

VASARHELYI, K. (United States Of America). University of Colorado Boulder. **The Hidden Damage of Landfills.** 2021. Disponível em: <https://www.colorado.edu/center/2021/04/15/hidden-damage-landfills>. Acesso em: 21 set. 2024.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **Open dumping.** Disponível em: <https://www.unep.org/topics/chemicals-and-pollution-action/waste/open-dumping>. Acesso em: 21 set. 2024.



PROBLEMA

Não aproveitamento energético dos resíduos orgânicos

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

- Associações Industriais
Agenda ESG
- Distribuidora de gás natural
Novos negócios
- Empresas de coleta de resíduos
Novos negócios
- Governos municipal e estadual
Promoção da Economia Circular
- Empresas do Parque Industrial
Geração de energia e descarbonização



Veja a rota Plataforma Multistakeholder para Economia Circular



Forme grupos de trabalho para discussão, planejamento e execução das atividades propostas



Escolha um líder para conduzir os próximos passos



Faça benchmarkings sobre biodigestão



Consulte a Academia e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento



Veja a rota Subcomitê de Licenciamento Ambiental

Elabore um projeto de biodigestão e verifique sua viabilidade considerando:

- Recursos financeiros
- Infraestrutura
- Comprometimento dos stakeholders
- Licenciamento ambiental
- Retorno do investimento

Na implementação da biodigestão:

- Disponha de capital intelectual
- Estabeleça contratos
- Atrala empresas parceiras
- Procure financiamentos externos
- Mostre oportunidades para o governo
- Garanta o licenciamento ambiental

Avalie o desempenho da biodigestão considerando:



Metas e indicadores



Controle estatístico do processo



Geração de receitas



Quantidade de beneficiários

Dê uma destinação para os produtos da biodigestão

Comercialização ou consumo da energia

Comercialização ou doação do digestato

Produza biogás e digestato



Faça a triagem e a coleta dos resíduos orgânicos, encaminhando-os para o biodigestor



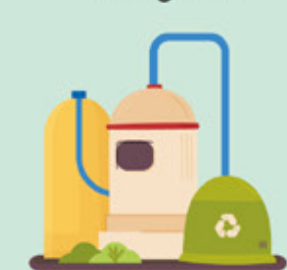
Veja a rota Coleta Seletiva

Envolva funcionários e stakeholders na biodigestão



Faça treinamentos e capacitações para os funcionários e a comunidade local

Inicie a instalação do biodigestor



Parabéns!

Implementamos a rota de economia circular de biodigestão! Aproveite os benefícios conquistados!

Menor quantidade de resíduos orgânicos enviados ao aterro sanitário e redução de custos de transporte

Redução da pegada de carbono e possibilidade de emissão de créditos de carbono

Geração de energia elétrica e térmica através do biogás

Produção e venda de fertilizante orgânico através do digestato



Fique atento aos riscos

- Desmobilização dos stakeholders
- Custo de operação
- Redução do volume de resíduos orgânicos

Estabeleça um prazo de 2 a 5 anos para concluir o projeto



Crie um sistema de informação para a gestão de resíduos orgânicos



Veja a rota Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes

Biodigestão



A biodigestão é um processo microbiológico que converte moléculas complexas em estruturas mais simples em um ambiente anaeróbio, resultando na produção de biogás, gás composto por uma mistura média de 70% de gás metano, 29% de gás carbônico e 1% de gás sulfídrico. Biogás com maior pureza de metano tem maior valor calorífico e pode ser utilizado de modo eficaz para a geração de eletricidade ou calor, melhorando o desempenho econômico do projeto.

Ao sequestrar gases do efeito estufa (GEE) (i.e. metano e carbônico) e utilizá-lo como fonte de energia renovável, a biodigestão contribui para a descarbonização, reduzindo a dependência de fontes de energia não renováveis e as emissões de GEE associadas à sua queima.

O biogás produzido pela biodigestão também pode ajudar a reduzir a pobreza energética. A produção de biogás oferece uma alternativa descentralizada e sustentável, reduzindo a dependência de combustíveis fósseis.

O gás liquefeito de petróleo (GLP) e carvão mineral apresentam alto custo para populações de baixa renda, e o uso da lenha pode causar desmatamento e danos graves e irreversíveis à saúde humana.

A produção de biogás no Brasil ainda ocupa uma posição modesta na matriz energética nacional. Contudo, o número de plantas de biogás em operação tem crescido significativamente. O aumento do interesse possibilita a valorização de resíduos orgânicos e promoção da economia circular.

O biogás tem diversas aplicações, como na cocção de alimentos, na conversão em energia elétrica e no aquecimento de água. O subproduto do processo de biodigestão é o digestato, um biofertilizante aplicável tanto em vasos de plantas e em hortas domésticas quanto em plantios comerciais de grãos e em fruticultura em grandes áreas.

O digestato deve ser utilizado na proporção de 1 litro de biofertilizante para cada 5 litros de água, e as plantas devem ser regadas com um intervalo entre 1 e 2 semanas. Salienta-se que o digestato não possui agentes biológicos que causam riscos à saúde humana, animal ou ao meio ambiente.

Ao utilizar o digestato como fertilizante, é possível substituir fertilizantes químicos intensivos em carbono, mitigando emissões de GEE associadas à sua produção e transporte. O uso do digestato na agricultura contribui para a melhoria do solo e reduz a pegada de carbono das atividades agrícolas.

Uma ampla variedade de resíduos orgânicos encontrados em refeitórios industriais pode servir como matéria-prima para biodigestores, incluindo restos de carne, peixe e aves, bem como frutas, vegetais, legumes, cascas de ovo, borra de café e pão. É recomendado evitar o uso de frutas cítricas e suas cascas no biodigestor. Estima-se que 1 kg de vegetais produza 0,04 m³ de biogás.

A produção de biogás varia de acordo com o tamanho do biodigestor. Em um biodigestor de 10 m³ podem ser produzidos, mensalmente até 150 m³ de biogás, o que equivale a 5 botijões de gás de cozinha.

Adicionalmente, a produção de digestato pode ser de aproximadamente 60 kg de nitrogênio, 60 kg de fósforo e 30 kg de potássio por mês. Em média, o processo de degradação da matéria orgânica pelos microrganismos demora até 30 dias para acontecer completamente.

O biodigestor deve ser abastecido diariamente para que a produção de gás seja contínua, embora o não abastecimento em 1 ou 2 dias não ocasione efeitos negativos no sistema. Caso o abastecimento seja reduzido ou cortado, é possível que a população de microrganismos diminua, o que reduzirá também a produção de biogás e digestato.

Como planejar a implementação de um projeto de biodigestão?

Na elaboração de um projeto de biodigestão, é essencial mobilizar stakeholders com argumentos que agreguem valor estratégico.

Associações industriais encontram na agenda ESG uma oportunidade de reforçar seu compromisso com a sustentabilidade e melhorar sua imagem corporativa. Empresas de um parque industrial podem se beneficiar da geração de energia renovável e descarbonização de suas operações, otimizando custos e avançando em direção a metas de neutralidade de carbono.

Para distribuidoras de gás natural e empresas de coleta de resíduos, o biogás representa um novo modelo de negócio, expandindo suas fontes de receita. Governos municipais e estaduais têm a chance de impulsionar a economia circular, promovendo políticas públicas que integram inovação e desenvolvimento sustentável nos parques industriais.

Após a mobilização dos stakeholders, é importante formar grupos de trabalho para discussão, planejamento e execução das atividades propostas no projeto de biodigestão. A escolha de um stakeholder para liderar o projeto garante sua coordenação eficiente.

Realizar benchmarkings com outras iniciativas bem-sucedidas de biodigestão, além de consultar a academia e instituições de pesquisa e desenvolvimento, oferece acesso a conhecimento técnico e inovações.

Na elaboração de um projeto de biodigestão, é necessário considerar fatores que podem influenciar o sucesso da iniciativa. Em primeiro lugar, os recursos financeiros devem ser avaliados para a aquisição e instalação dos biodigestores, além de avaliar os custos operacionais e de manutenção.

É importante considerar o retorno sobre o investimento, que deve ser cuidadosamente projetado, assegurando que o sistema gere benefícios financeiros e operacionais no médio e longo prazo.

A infraestrutura adequada é outro ponto essencial. Um biodigestor requer espaço físico para sua instalação, além de um sistema de coleta e transporte dos materiais orgânicos, e armazenamento e distribuição do biogás e do digestato.

O comprometimento dos stakeholders também é importante, pois garante o apoio contínuo de todos os envolvidos com o projeto. Garantir o licenciamento ambiental é essencial para evitar atrasos e assegurar que o projeto esteja dentro dos parâmetros estabelecidos pela legislação ambiental, agregando credibilidade e segurança ao empreendimento.

Durante a implementação do projeto de biodigestão, é importante dispor de capital intelectual, ou seja, de conhecimentos técnicos especializados, que podem ser obtidos por meio de parcerias com universidades e instituições de pesquisa e desenvolvimento.

Estabelecer contratos com empresas fornecedoras que auxiliem no desenvolvimento de tecnologias, no treinamento da equipe operacional e no monitoramento de desempenho da biodigestão. Esses parceiros também podem contribuir com inovações que otimizem o processo de biodigestão e aumentem sua eficiência.

Estabelecer contratos estratégicos com empresas fornecedoras é fundamental para garantir o fornecimento de materiais e de equipamentos envolvidos nos processos de biodigestão, transporte e purificação de biogás.

Contratos bem estruturados também facilitam a manutenção preventiva e corretiva, reduzindo os riscos de paralisação do biodigestor.

É importante realizar acordos entre empresas que assegurem o fornecimento regular de resíduos orgânicos para a operação do biodigestor. Estratégias devem garantir um fornecimento estável de resíduos orgânicos e diversificação de fontes geradoras.

Atrair parceiros estratégicos, como empresas interessadas em reduzir suas emissões de GEE ou investidores comprometidos com iniciativas sustentáveis, fortalece o projeto ao ampliar os recursos financeiros e operacionais disponíveis. Esses parceiros podem trazer experiência de mercado, conexões com redes de logística e suporte para expandir a escala de produção.

Buscar financiamentos externos pode incluir incentivos governamentais, como subsídios e isenções fiscais, ou financiamentos privados, com condições atrativas para projetos de energia renovável. Apresentar estudos de viabilidade econômica e ambiental ajuda a convencer potenciais financiadores, demonstrando o impacto positivo da biodigestão.

Mostrar oportunidades para o governo envolve destacar como o sistema de biodigestão pode contribuir para políticas públicas, como a redução do envio de resíduos orgânicos para aterros sanitários, a geração de energia renovável e a descarbonização da matriz energética.

O planejamento de um projeto de biodigestão deve, necessariamente, contemplar os riscos associados à sua execução:

• **Desmobilização dos stakeholders:** que pode ocorrer se o engajamento e o interesse inicial de associações industriais, empresas ou governos diminuir ao longo do tempo.

- **Custo de operação:** embora a instalação inicial possa ser viável, os custos operacionais, como manutenção dos biodigestores, transporte de material orgânico e purificação do biogás, precisam ser cuidadosamente monitorados.

- **Redução no volume de resíduos orgânicos disponíveis:** alterações na oferta de resíduos, como a redução do número de trabalhadores em empresas geradoras de resíduos orgânicos, mudanças na cadeia produtiva que diminuam a geração de resíduos orgânicos ou falhas na logística de coleta, podem afetar a produção de biogás.

É importante estabelecer um prazo de 2 a 5 anos para a execução completa do projeto. Esse período permite a instalação e operação do biodigestor, com avaliação de resultados alcançados e do retorno sobre o investimento.

Como operacionalizar um biodigestor?

O primeiro passo consiste na instalação do biodigestor, em que o local é preparado e os equipamentos são ajustados de acordo com a capacidade necessária para processar os resíduos.

Durante essa fase, o biodigestor é ativado pela mistura inicial de água e material orgânico. Após essa ativação, é comum que seja necessário estabilizar o sistema com a adição de resíduos orgânicos em volumes variáveis a depender da tecnologia adotada na biodigestão.

A capacitação dos funcionários é um fator importante na operacionalização do biodigestor. Os treinamentos promovem a correta manipulação dos resíduos, a operação do biodigestor e o monitoramento da produção de biogás e digestato. Caso haja participação da comunidade local, é aconselhável treiná-la sobre o processo de biodigestão para garantir uma colaboração eficaz.

Outro ponto essencial é a triagem e coleta dos resíduos orgânicos. Esse processo de separação dos materiais é recomendado para assegurar que os resíduos encaminhados ao biodigestor sejam adequados, excluindo materiais que possam interferir no processo de decomposição anaeróbica. A coleta deve ser feita regularmente para garantir um fluxo contínuo de resíduos orgânicos.

Com o biodigestor em funcionamento, inicia-se a produção de biogás e digestato. O biogás gerado passa por um filtro de carvão ativado, que remove odores desagradáveis. Sua queima também é considerada limpa, contribuindo para a redução de emissões de GEE.

Como monitorar e controlar o desempenho da biodigestão?

A criação de um sistema de informação para a gestão de materiais orgânicos é outro ponto essencial. O volume de resíduos orgânicos coletados é um indicador importante, pois mede a quantidade total de matéria-prima recebida para biodigestão. Esse dado permite avaliar se a coleta está em conformidade com a capacidade projetada do biodigestor, garantindo que o processo produtivo tenha um fluxo constante de insumos para operar dentro da capacidade planejada.

A eficiência de conversão de resíduos em biogás é um indicador que mede o percentual de resíduos transformados em biogás útil. Esse parâmetro visa controlar o desempenho do processo de biodigestão, ajudando a identificar se há perda de potencial energético e se o processo está devidamente otimizado para maximizar a produção de biogás a partir dos resíduos.

Outro indicador que pode ser considerado é o volume diário de biogás produzido. Isso permite o controle da regularidade da produção e a identificação de possíveis quedas ou variações,

que podem apontar para problemas operacionais ou insuficiência de resíduos. A pureza do biogás é um aspecto crucial a ser monitorado, pois o biogás deve conter pelo menos 70% de metano para ser eficiente em aplicações energéticas.

O volume de digestato gerado também deve ser medido. Esse indicador é importante porque visa controlar a quantidade de biofertilizante disponível, que pode ser utilizado ou comercializado, agregando valor ao processo.

Deve-se monitorar também a qualidade do digestato, visto que esse biofertilizante deve ser seguro para o uso agrícola, sem patógenos ou contaminantes. Também deve ser avaliada sua composição em termos de nutrientes, como nitrogênio, fósforo e potássio, os quais são determinantes para medir sua eficácia como fertilizante e, consequentemente, sua aceitação no mercado agrícola.

É importante controlar a quantidade de emissões de gases de efeito estufa evitados em comparação com a disposição tradicional de resíduos em aterros. Esse indicador demonstra o impacto ambiental positivo da biodigestão, atendendo às metas de descarbonização e reforçando o compromisso com a mitigação das mudanças climáticas.

Do ponto de vista financeiro, a geração de receitas é um indicador importante, pois visa medir o retorno financeiro gerado pela comercialização do biogás e do digestato, e avaliar seu potencial de expansão.

Caso o biogás não seja comercializado, mas consumido internamente pelas empresas do parque industrial, a economia de energia é um indicador que deve ser monitorado. Esse indicador mede a redução de custos energéticos ao substituir combustíveis fósseis ou eletricidade convencional por biogás.

Do ponto de vista social, caso o digestato seja doado, mensurar a quantidade de pessoas,

comunidades ou projetos agrícolas que estão sendo beneficiados pelo uso do biofertilizante mostra o impacto positivo na agricultura familiar e no apoio a pequenos produtores.

É importante que cada um dos indicadores considerados tenha uma meta estabelecida. No caso da geração de receitas, por exemplo, a meta pode ser alcançar um determinado valor mensal ou anual proveniente da venda de biogás e digestato. Esse indicador pode ser acompanhado por meio de relatórios financeiros, analisando o crescimento da receita e identificando sazonalidade ou oscilações na demanda.

Caso as receitas estejam abaixo da meta estabelecida, é necessário investigar possíveis causas, como baixa pureza do biogás ou falhas na comercialização, e implementar melhorias de processos.

O monitoramento do processo fornece informações valiosas para possíveis ajustes e melhorias. O controle estatístico de processo utiliza dados históricos para identificar tendências, variações naturais do processo e potenciais desvios.

Ao identificar flutuações que fogem do padrão, como quedas bruscas na produção de biogás, a equipe responsável pode investigar e corrigir rapidamente problemas no sistema, como falhas mecânicas ou mudanças na qualidade dos resíduos.

Em seguida, deve-se divulgar os resultados obtidos com a operação do biodigestor. A divulgação pode ser voltada tanto ao público interno quanto externo, conforme os objetivos de comunicação.

Relatar os impactos ambientais, sociais e econômicos positivos da biodigestão pode melhorar a imagem das empresas participantes do projeto de biodigestão e atrair novos parceiros ou investidores.

Referências

BARROS, TALITA DELGROSSI. Embrapa. **Biogás**. 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/agroenergia/p-d-e-i/biogas>. Acesso em: 08 out. 2024.

BGS EQUIPAMENTOS PARA BIOGÁS. **Perguntas frequentes**. 2024. Disponível em: <https://www.bgsequipamentos.com.br/perguntas-frequentes/#:~:text=O%20que%20eu%20N%C3%83O%20posso,e%20cascas%20de%20frutas%20c%C3%ADtricas>. Acesso em: 08 out. 2024.

BIOGÁS BRASIL. **DataSebrae Biogás**. 2025. Disponível em: <https://painel-lai.sebrae.com.br/single/?appid=bc75184c-943f-4156-bc85-305915943ebd&sheet=fb74886d-b41f-40a1-a4df-485782d9fda7&opt=currsel%2Cctxmenu&select=clearall>. Acesso em: 07 jan. 2025.

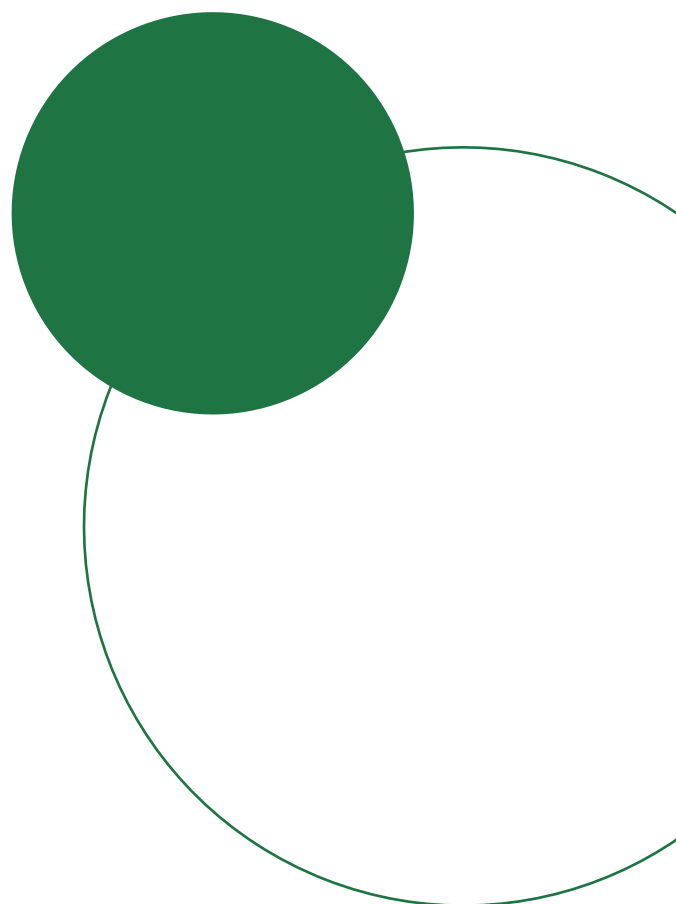
EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balanco Energético Nacional – BEN 2024: relatório síntese - ano base de 2023**. Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energética, 2024. Disponível em: https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-819/topico-715/BEN_S%C3%ADntese_2024_PT.pdf. Acesso em: 05 jan. 2025.

CIBIOGÁS. **Panorama do Biogás no Brasil 2023**. 2024. Disponível em: https://abiogas.org.br/wp-content/uploads/protectedfiles/cms_file_s_54738_1716811508PANORAMA_DO_BIOGS_2023.pdf#page=5.10. Acesso em: 07 jan. 2025.

PARÁ. SECRETARIA DE ESTADO DE MEIO AMBIENTE E SUSTENTABILIDADE. **Manual de Orientação para Uso do Biodigestor**. Belém: Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Sustentabilidade, 2023. 30 p.

SERVIÇO NACIONAL DE APRENDIZADO INDUSTRIAL (Rio Grande do Sul). Centro Nacional de Tecnologias Limpas. **Biodigestor: Informações técnicas sobre biodigestores**. Porto Alegre: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2014.

SILVA, Wilson Tadeu Lopes da; NOVAES, Antonio Pereira de; KUROKI, Vivian; MARTELLI, Lilian Fernanda de Almeida; MAGNONI JÚNIOR, Lourenço. Avaliação Físico-Química de Efluente Gerado em Biodigestor Anaeróbio para fins de Avaliação de Eficiência e Aplicação como Fertilizante Agrícola. **Química Nova**, [S.L.], v. 35, n. 1, p. 35-40, maio 2012.



Plataforma Multistakeholder para Economia Circular

Mobilize stakeholders com argumentos adequados



A governança da plataforma multistakeholder deve considerar:

- Planejamento estratégico conjunto
- Acordos com benefícios mútuos
- Distribuição de recursos e responsabilidades
- Comitê de comunicação
- Adequações às normas e regulamentações

Na implementação da plataforma multistakeholder, assegure:

- Canais de comunicação
- Captação de parceiros e recursos financeiros
- Gestão da informação e do conhecimento
- Fomento à cultura colaborativa e empreendedora
- Incentivos e contrapartidas



Fique atento aos riscos:

- Insegurança jurídica
- Não envolvimento da alta direção
- Falta de confiança entre os stakeholders
- Desmobilização dos stakeholders

As principais atividades da plataforma multistakeholder são:



A agenda conjunta em economia circular deve contemplar:

- Análise do contexto econômico, social e ambiental para compreender desafios e oportunidades
- Identificação de projetos que possam ser implementados no parque industrial
- Identificação dos recursos disponíveis e das barreiras
- Identificação de fontes de financiamento para apoiar os projetos de economia circular
- Disseminação dos princípios da economia circular entre os stakeholders

Avalie o desempenho da plataforma multistakeholder considerando:

- Quantidade de stakeholders participantes
- Taxa de adesão de novos stakeholders
- Quantidade de parcerias estabelecidas
- Investimento de recursos por stakeholders

Divulgue os resultados obtidos e promova a melhoria contínua



Plataforma Multistakeholder para Economia Circular



Uma Plataforma Multistakeholder para Economia Circular atua como um espaço de cooperação estratégica entre os diversos stakeholders envolvidos na operação de um parque industrial. O ambiente colaborativo incentiva o compartilhamento de conhecimentos, o alinhamento de interesses e o desenvolvimento de soluções inovadoras com foco na economia circular e descarbonização.

Por meio da plataforma multistakeholder, os stakeholders podem identificar oportunidades para reutilizar materiais, otimizar recursos e reduzir a geração de resíduos.

Por meio da integração é possível identificar processos industriais que demandam maior eficiência energética, implementar fontes de energia renovável e fomentar a substituição de insumos com alto impacto ambiental por alternativas mais sustentáveis.

A abordagem coordenada da plataforma permite que os stakeholders alinhem estratégias para minimizar a pegada de carbono em toda a cadeia

produtiva e promovam a convergência entre metas de sustentabilidade e objetivos empresariais.

Como mobilizar stakeholders com argumentos adequados?

A mobilização dos stakeholders em uma plataforma de colaboração é essencial para a adoção da economia circular. A participação de empresas do parque industrial e seus fornecedores facilita a implementação de práticas circulares, e a simbiose industrial promovendo a cooperação e fortalecendo a transição de uma economia linear para a economia circular.

Associações industriais oferecem às empresas uma visão ampla das necessidades e desafios coletivos, e atuam no desenvolvimento de ações coordenadas que envolvam várias empresas, promovendo a difusão de práticas sustentáveis. As associações industriais podem atuar como facilitadoras no compartilhamento de boas práticas, auxiliando no desenvolvimento de inovações circulares.

Sindicatos empresariais e trabalhistas podem mediar interesses da força de trabalho e articular soluções que influenciam os modelos de negócio a se adaptarem aos desafios impostos pela economia circular.

Universidades e instituições de pesquisa são centros de inovação que fornecem embasamento científico e tecnológico para o desenvolvimento de soluções circulares. Esses atores têm a capacidade de realizar estudos sobre eficiência operacional, novos materiais e tecnologias de reaproveitamento de resíduos e coprodutos, além de apoiar a elaboração de métodos de monitoramento dos impactos ambientais e sociais.

O desenvolvimento científico permite que a plataforma mantenha uma visão de longo prazo e contribui na formação e qualificação de capital intelectual, podendo oferecer cursos e treinamentos que preparam os trabalhadores para a transição para a economia circular.

A comunidade local também é um stakeholder de grande relevância na composição da plataforma multistakeholder. Embora não esteja diretamente envolvida na gestão das operações industriais, a comunidade local é afetada pelos impactos ambientais e socioeconômicos gerados pelas atividades do parque industrial.

Ao ser integrada à plataforma, a comunidade local pode colaborar no desenvolvimento de ações que promovam melhorias na sua qualidade de vida e, ao mesmo tempo, legitimar as iniciativas de economia circular promovidas pelas empresas do parque industrial.

SENAI e SESI, participantes do sistema S, são parceiros estratégicos para a capacitação e qualificação profissional para lidar com novos processos e tecnologias da economia circular.

Além disso, essas instituições podem apoiar as empresas na implementação de práticas sustentáveis, oferecendo consultorias e programas de educação continuada que atendam às demandas do setor.

As agências governamentais, como as secretarias de meio ambiente e as agências de fomento, facilitam a construção de um ambiente regulatório favorável à economia circular, sugerindo políticas públicas que incentivem práticas circulares e a promoção da pesquisa científica e tecnológica.

A mobilização dos stakeholders para integrar a plataforma pode ser incentivada a partir de diversos argumentos que destacam o potencial colaborativo e os resultados que podem ser alcançados. Por exemplo, a criação de novos negócios pode estimular a exploração de modelos de negócios circulares, baseados no reaproveitamento de resíduos como coprodutos e na criação de cadeias produtivas circulares.

Outro argumento relevante é a redução de custos por meio da otimização do uso de materiais e do compartilhamento de soluções tecnológicas. A sinergia na cadeia produtiva cria um fluxo contínuo e eficiente de recursos, em que subprodutos de uma operação podem ser reaproveitados e geram oportunidades para melhorar a eficiência global do parque industrial.

A melhoria da imagem também pode ser um argumento de mobilização dos stakeholders. Empresas e instituições que se associam a práticas de economia circular podem ser vistas como inovadoras e comprometidas com a sustentabilidade, ajudando a consolidar a confiança entre os parceiros.

A adequação às práticas ESG é um argumento para o alinhamento estratégico entre os stakeholders. Ao participar da plataforma, as empresas têm a oportunidade de incorporar aspectos ambientais, sociais e de governança de

maneira colaborativa em suas operações, permitindo que empresas, instituições e comunidades avancem em direção a uma agenda de desenvolvimento sustentável.

Como planejar e implementar uma Plataforma Multistakeholder?

A governança da plataforma multistakeholder deve considerar um planejamento estratégico conjunto que direciona as ações dos stakeholders na transição para a economia circular.

Esse planejamento envolve a definição de metas comuns e o mapeamento de ações, garante que todos os participantes estejam alinhados desde o início e assegura que haja coordenação e sinergia entre as partes envolvidas.

Para ativar a cooperação entre os stakeholders, é fundamental estabelecer acordos que ofereçam benefícios mútuos, reduzam possíveis conflitos e garantam que os stakeholders compreendam as condições de sua participação na plataforma.

Outro fator importante a ser considerado é a distribuição de recursos. Cada participante deve considerar quais recursos (i.e., financeiros, técnicos, humanos) podem ser disponibilizados e como eles serão alocados.

A criação de um comitê de comunicação é uma estratégia eficaz para coordenar as interações entre os stakeholders e garantir que a plataforma funcione de maneira harmoniosa. Esse comitê pode atuar como um fórum de diálogo para discutir questões institucionais e alinhar as ações da plataforma com as normas e diretrizes estabelecidas, além de ser um espaço para a resolução de conflitos e para o aprimoramento contínuo das relações entre as partes envolvidas. Outro aspecto importante é garantir que todas as ações e práticas estejam em conformidade com as normas e regulamentações.

Na implementação da plataforma multistakeholder, é essencial estabelecer canais de comunicação que facilitem a troca de informações. A comunicação eficaz garante que todos estejam atualizados sobre o progresso das atividades, possam compartilhar ideias e solucionem problemas de maneira colaborativa.

A plataforma multistakeholder deve captar recursos financeiros para garantir a viabilidade e a continuidade das iniciativas no curto, médio e longo prazo. A disponibilização de recursos financeiros assegura que os projetos possam ser implementados sem interrupções e que as soluções propostas possam ser expandidas conforme necessário.

A gestão da informação e do conhecimento da plataforma multistakeholder deve dispor de mecanismos para coletar, organizar e compartilhar os dados gerados durante as atividades, facilitando a tomada de decisões e aumentando a eficiência das operações.

Outro aspecto que merece atenção durante a implementação da plataforma é o fomento de uma cultura colaborativa e empreendedora para que os stakeholders sejam motivados a contribuir com soluções criativas e a buscar oportunidades de negócios.

Para manter os stakeholders engajados e perceberem valor na sua participação, é importante criar incentivos e contrapartidas, como benefícios econômicos, reconhecimento público e acesso a redes de negócios.

Os riscos associados ao planejamento e implementação da plataforma multistakeholder incluem:

- **Insegurança jurídica:** pode surgir devido à má interpretação das regulamentações ou ambiguidades na aplicação das normas e contratos.

- **Não envolvimento da alta direção:** sem o apoio da alta direção das organizações participantes, a plataforma multistakeholder pode não receber os recursos necessários ou o comprometimento exigido para sua continuidade.

- **Falta de confiança entre stakeholders:** pode prejudicar a colaboração e dificultar a criação de parcerias eficazes.

Desmobilização dos stakeholders: ocorre quando os resultados não são percebidos de forma clara ou quando os benefícios esperados demoram a se concretizar.

Manter um ciclo constante de feedback e apresentar resultados ao longo do processo pode ajudar a mitigar esses riscos.

Quais as principais atividades de uma Plataforma Multistakeholder?

Uma das atividades iniciais da plataforma multistakeholder é identificar oportunidades de melhoria contínua, sustentadas pela troca de informações e pela análise sistêmica das operações do parque industrial.

Após essa etapa, a plataforma deve orientar os stakeholders na definição de objetivos e metas compartilhados, garantindo que os esforços sejam alinhados a resultados que favoreçam todos os envolvidos, e que promovam a transição para uma economia circular.

Com os objetivos e metas definidos, é necessário estabelecer uma agenda conjunta em economia circular, que funcionará como um guia para as atividades da plataforma multistakeholder, detalhando as ações a serem realizadas, os prazos e as responsabilidades dos participantes.

A formação de subcomitês temáticos multidisciplinares, compostos por representantes de diferentes stakeholders, ajuda a garantir a

execução eficiente da agenda.

A função desses subcomitês é planejar e executar as ações definidas e assegurar que cada atividade seja gerida por pessoas com expertise nas áreas em questão. Além disso, é importante que cada subcomitê tenha um líder, que será responsável por coordenar os trabalhos, garantir o cumprimento das metas e facilitar a comunicação entre os membros.

Outra atividade da plataforma multistakeholder é coordenar fóruns para debates e trocas de experiências entre os participantes dos subcomitês. Esses fóruns devem funcionar como espaços onde os participantes podem compartilhar seus desafios, discutir soluções e apresentar resultados a fim de promover o aprendizado coletivo e fortalecer os laços de cooperação entre os diversos grupos.

A avaliação do desempenho das políticas estabelecidas na agenda é outra atividade importante, pois permite identificar o que está funcionando e o que precisa ser ajustado. Para garantir a eficácia dessa avaliação, é importante que os critérios de sucesso sejam estabelecidos de forma clara desde o início, e que os resultados sejam analisados de maneira transparente.

Com base nas avaliações de desempenho e nas trocas de informações entre os stakeholders, a plataforma deve promover a revisão contínua da agenda em economia circular para asseverar que a agenda permanecerá relevante e adaptada às mudanças no contexto interno e externo das organizações participantes.

Quais ações devem ser contempladas em uma agenda conjunta em economia circular?

A agenda conjunta em economia circular deve contemplar ações que incluam os interesses dos stakeholders e promovam a colaboração. A análise do contexto econômico, social e ambiental auxilia

na compreensão de desafios e oportunidades alinhados à realidade local ao considerar fatores como a capacidade industrial, a demanda por recursos naturais, às necessidades da comunidade local e as prioridades políticas e econômicas.

Após a análise do contexto local, deve-se proceder com a identificação de projetos que possam ser implementados no parque industrial, que podem variar desde a criação de sistemas de reaproveitamento de resíduos ou a implementação de tecnologias para a eficiência energética.

É importante que os projetos selecionados possam gerar impacto de curto, médio e longo prazo, promovendo uma transição gradual e sustentável para a economia circular.

Uma vez identificados os projetos, o passo seguinte envolve a identificação dos recursos disponíveis e das barreiras. Os recursos podem incluir infraestrutura, capital financeiro, tecnologias acessíveis e conhecimento técnico.

Por outro lado, as barreiras podem ser tanto de ordem econômica, como a falta de investimento, quanto de natureza técnica ou social, como a falta de pessoal capacitado e a resistência à mudança.

Identificar essas barreiras permite que a plataforma crie estratégias adequadas para superá-las, enquanto o levantamento dos recursos facilita o planejamento de como utilizá-los de forma eficiente para atingir os objetivos da agenda.

Outra ação importante é identificar fontes de financiamento que possam apoiar as iniciativas de economia circular, garantindo a continuidade e expansão dos projetos propostos, além de aumentar a confiança entre os stakeholders. Essas fontes podem incluir tanto financiamentos públicos, como subsídios governamentais e incentivos fiscais, quanto investimentos privados,

como fundos de inovação ou parcerias com instituições financeiras.

Uma vez que o financiamento dos projetos em economia circular foram identificados, deve-se prosseguir com a disseminação dos princípios da economia circular. Educar, engajar e sensibilizar os participantes sobre os benefícios das práticas circulares pode ser feita por meio da realização de workshops e fóruns, além da produção e distribuição de materiais de comunicação.

Como avaliar o desempenho de uma Plataforma Multistakeholder?

O desempenho pode ser monitorado por meio do número de stakeholders participantes da plataforma multistakeholder. Outro indicador consiste na taxa de adesão de novos stakeholders, que mede a capacidade de incluir novos participantes comprometidos com a economia circular.

A quantidade de parcerias estabelecidas entre os stakeholders também deve ser monitorada, sendo um reflexo do seu impacto na criação de sinergias entre os envolvidos. Monitorar o investimento de recursos financeiros por stakeholder é um indicativo do grau de envolvimento dos participantes e da importância que eles atribuem às iniciativas da plataforma multistakeholder.

É importante divulgar os resultados das atividades da plataforma multistakeholders. A divulgação pode ser feita por meio de relatórios periódicos, reuniões com os stakeholders ou ferramentas digitais.

A transparência na comunicação dos benefícios gerados permite que todos os stakeholders mantenham-se informados e alinhados com a agenda. A comunicação também fortalece a confiança e promove a adesão de novos stakeholders.

Referências

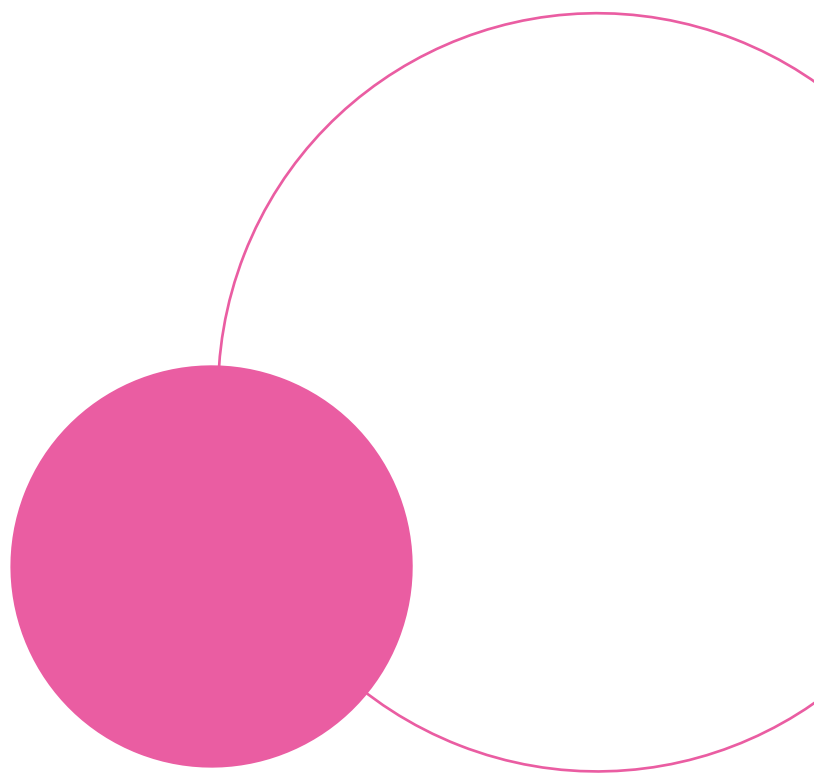
FOBBE, Lea; HILLETOFTH, Per. Moving toward a circular economy in manufacturing organizations: the role of circular stakeholder engagement practices. **The International Journal Of Logistics Management**, [S.L.], v. 34, n. 3, p. 674-698, 18 nov. 2022. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ijlm-03-2022-0143>.

MISHRA, Jyoti L.; CHIWENGA, Kudzai Dominic; ALI, Khaoula. Collaboration as an enabler for circular economy: a case study of a developing country. **Management Decision**, [S.L.], v. 59, n. 8, p. 1784-1800, 2 abr. 2019. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/md-10-2018-1111>.

OBERHOLZER, Silvan; SACHS, Sybille. Engaging Stakeholders in the Circular Economy: a systematic literature review. In: KUJALA, Johanna; HEIKKINEN, Anna; BLOMBERG, Annika (ed.). **Stakeholder Engagement in a Sustainable Circular Economy**: theoretical and practical perspectives. Cham: Palgrave Macmillan, 2023. p. 57-98. (978-3-031-31937-2).

PATALA, Samuli; ALBAREDA, Laura; HALME, Minna. Polycentric Governance of Privately Owned Resources in Circular Economy Systems. **Journal of Management Studies**, [S.L.], v. 59, n. 6, p. 1563-1596, 25 mar. 2022. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/joms.12810>.

SCHULTZ, Felix Carl; VALENTINOV, Vladislav; KIRCHHERR, Julian; REINHARDT, Robert Jaroslav; PIES, Ingo. Stakeholder governance to facilitate collaboration for a systemic circular economy transition: a qualitative study in the European chemicals and plastics industry. **Business Strategy And The Environment**, [S.L.], v. 33, n. 3, p. 2173-2192, 15 out. 2023. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1002/bse.3592>.



Alternativas Não-convencionais ao Uso de Água Bruta

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

Stakeholders

Empresas do Parque Industrial
Associações industriais
Comitês de bacias hidrográficas
Organizações de fornecimento de água
Empresas de saneamento básico
Órgãos de gestão hídrica e de meteorologia

Argumentos

Segurança hídrica para atividades industriais
Fortalecimento da rede industrial
Maior disponibilidade de água para alocação
Desenvolvimento de novos negócios
Aumento da rede de abastecimento de água e tratamento de esgoto
Diversificação da matriz hídrica e prevenção a eventos climáticos extremos

Alternativas Não-convencionais ao Uso de Água Bruta

A viabilidade de alternativas não-convencionais ao uso de água bruta deve considerar:

Disponibilidade de água na fonte
Infraestrutura operacional e logística
Competitividade do preço da água
Recursos financeiros
Escalabilidade da solução
Gerenciamento dos resíduos das alternativas

Na implementação da alternativa não-convencional escolhida:

Estabeleça indicadores de consumo
Firme contratos de longo prazo
Disponha de capital intelectual
Procure financiamentos externos
Elabore planos baseados em cenários climáticos
Sensibilize a sociedade acerca dos benefícios
Busque soluções de economia circular para os resíduos



Fique atento aos riscos:

Não envolvimento da alta administração
Custo elevado das alternativas
Água em volume ou qualidade inadequados
Desconsideração de externalidades negativas
Risco financeiro do investimento

A escolha de alternativas não-convencionais ao uso de água bruta deve contemplar:



Possíveis conflitos relacionados ao uso da água
Tecnologias com menor impacto ambiental
Valores de justiça hídrica e de responsabilidade social corporativa
Sustentabilidade econômica a longo prazo
Aceitação social da alternativa
Soluções com baixo impacto à saúde humana
Ciclo de vida da alternativa não-convencional no longo prazo

Cadeia de abastecimento hídrico
Fortalecimento da governança hídrica
Aprimoramento da eficiência hídrica
Acesso equitativo aos recursos hídricos

Avalie o desempenho da alternativa não-convencional escolhida considerando:

Eletricidade consumida por volume de água purificada
CO₂ emitido por volume de água purificada
Volume de água purificada por volume de água extraída
Custo de captação e tratamento por volume de água purificada
Volume de água para uso industrial por volume de água para uso social
Retorno do investimento
Quantidade de habitats naturais afetados
Propriedades físico-químicas do resíduo dentro dos parâmetros legais



Divulgue os resultados obtidos e promova a melhoria contínua

Busque por outras alternativas não-convencionais ao uso de água bruta caso o risco de escassez hídrica perdure

Veja a seguir como implementar uma das alternativas não-convencionais ao uso de água bruta!

Alternativas Não Convencionais ao Uso de Água Bruta

A disponibilidade de água para fins diversos enfrenta desafios crescentes decorrentes das mudanças climáticas, do crescimento populacional e aumento da demanda por recursos hídricos. A gestão da oferta e demanda de recursos hídricos armazenados em reservatórios não garante a alocação da água para todos os stakeholders. A produção e distribuição de água também consome uma quantidade significativa de energia e resulta em emissões de gases de efeito estufa (GEE).

A captação de água da chuva depende de condições climáticas e exige investimentos em infraestrutura para coleta, armazenamento, tratamento e transporte, limitando sua aplicação em locais com baixa precipitação, como o semiárido nordestino.

Alternativas não convencionais ao uso de água bruta se apresentam como uma solução para garantir a disponibilidade de água para as atividades industriais. Tecnologias envolvendo a dessalinização de água do mar e o reúso de efluentes urbanos oferecem a possibilidade de aumento da oferta de água e promovem a segurança hídrica.

A dessalinização de água do mar é um processo capaz de atender demandas de água bruta para usos industriais e de água potável em regiões costeiras, e diminuir a pressão sobre a captação de água da chuva. Contudo, o processo é intensivo em energia, o que pode aumentar as emissões de GEE, além de gerar salmouras que requerem descarte adequado para evitar impactos ambientais no mar.

O reúso de efluentes urbanos transforma resíduos em recursos hídricos, alinhando-se aos princípios da economia circular. Essa solução reduz a extração de água bruta e minimiza o descarte de efluentes no meio ambiente. No entanto, o tratamento dos efluentes deve atender a padrões rigorosos para garantir segurança e adequação aos usos pretendidos, o que pode elevar os custos de operação e manutenção dos sistemas de tratamento de efluentes domésticos.

Essas tecnologias podem contribuir para a descarbonização ao integrar sistemas energeticamente eficientes e fontes renováveis de energia. Plantas de dessalinização alimentadas por energia solar ou eólica podem minimizar a pegada de carbono relacionada ao tratamento e transporte de água. O reúso de efluentes urbanos pode reduzir o consumo de energia associado ao transporte de água de regiões produtoras para regiões consumidoras, quando faz uso de sistema descentralizado de coleta e tratamento de efluentes.

Como mobilizar stakeholders para buscar alternativas não convencionais ao uso de água bruta?

A mobilização de stakeholders é fundamental para viabilizar a implementação de soluções não convencionais para o abastecimento hídrico. Empresas do parque industrial são os principais beneficiários das alternativas não convencionais ao uso de água bruta, portanto sua participação é indispensável na definição da quantidade e qualidade da água adequada aos processos industriais.

Associações industriais podem atuar como representantes de interesses coletivos das empresas do parque industrial, pois esses stakeholders têm a capacidade de articular e negociar demandas comuns.

As companhias de gestão dos recursos hídricos e de meteorologia detêm a informação sobre a disponibilidade e a qualidade das fontes de água. Fornecedores tecnologias de produção de água são importantes na avaliação da viabilidade das soluções em termos de quantidade e qualidade da água requerida pelas empresas do parque industrial.

Empresas de saneamento básico possuem infraestrutura e expertise relacionadas ao tratamento e reaproveitamento de efluentes, sendo fundamentais para integrar os fluxos de efluentes domésticos aos sistemas de tratamento e reúso da água.

Os comitês de bacias hidrográficas (CBH) representam os interesses regionais e promovem o diálogo entre os diversos usuários. A participação dos CBH é relevante para alinhar as iniciativas do parque industrial às estratégias regionais de gestão hídrica, garantindo que o uso múltiplo das águas.

Para mobilizar os stakeholders, é fundamental apresentar argumentos que despertem a garantia da segurança hídrica. Adoção de água alternativas não convencionais ao uso de água bruta reduz os riscos de interrupções no abastecimento, assegura a continuidade das operações industriais e contribui para o uso múltiplo das águas em cenários de mudanças climáticas.

A diversificação da matriz hídrica é um aspecto importante no aumento da capacidade de resposta a eventos climáticos extremos, mitigando os impactos de variações na disponibilidade de água. A ampliação da rede de abastecimento de água e de tratamento de esgoto é um benefício significativo para o bem-estar da sociedade.

A adoção de tecnologias para a dessalinização de água do mar e o reúso de efluentes urbanos fomenta novos negócios para fornecedores de equipamentos, serviços e soluções tecnológicas. A colaboração entre os stakeholders na implementação dessas tecnologias resulta em processos eficientes e integrados, e melhora o equilíbrio entre as necessidades industriais, sociais e ambientais.

O que é necessário para criar um comitê para implantar alternativas não convencionais ao uso de água bruta?

Após realizada a mobilização de stakeholders para a formação de um comitê para implantar alternativas não convencionais ao uso de água bruta, deve-se realizar o mapeamento das fontes de água e avaliar se a oferta de água é compatível com as demandas do parque industrial. O mapeamento deve considerar a infraestrutura existente, identificando eventuais adaptações necessárias, comparando os custos de implementação e operação das soluções alternativas com o custo do uso da água bruta. É fundamental considerar os recursos financeiros disponíveis, dado que as alternativas demandam investimentos em tecnologia, infraestrutura e capacitação de pessoal.

A escalabilidade da solução é um aspecto importante. O comitê deve assegurar que as alternativas propostas sejam aplicáveis em larga escala sem comprometer a operação do parque industrial. É fundamental o tratamento ambientalmente correto dos resíduos, como as salmouras resultantes da dessalinização da água do mar e/ou o lodo produzido pelo reúso de efluentes domésticos, priorizando estratégias de economia circular, que reintegram o resíduo em novos ciclos produtivos, minimiza os impactos ambientais e criam oportunidades de novos negócios.

Na implementação de alternativas não convencionais ao uso de água bruta, é essencial estabelecer indicadores de consumo para

monitorar o desempenho, corrigir processos e otimizar recursos. Contratos de longo prazo com cláusulas de fornecimento regular de efluentes domésticos asseguraram viabilidade financeira e operacional.

Financiamentos externos, como linhas de crédito, incentivos fiscais e parcerias público-privadas, podem viabilizar o projeto. Contar com equipes qualificadas é indispensável para operar tecnologias, monitorar resultados e identificar a necessidade de melhorias no processo produtivo.

Devem ser observados alguns riscos que podem comprometer a viabilidade de alternativas não convencionais ao uso de água bruta:

- **Falta de engajamento da alta administração:** A ausência de apoio das lideranças pode comprometer a alocação de recursos, a definição de prioridades e o alinhamento estratégico necessário para o sucesso das iniciativas.

- **Custo elevado das alternativas:** Soluções como dessalinização da água do mar ou captação de água da chuva podem demandar significativos investimentos para a implantação e operação.

- **Qualidade ou volume inadequado da água:** Algumas fontes alternativas podem não atender aos padrões exigidos para processos industriais ou ser insuficientes para suprir a demanda das empresas.

- **Externalidades negativas não previstas:** Impactos ambientais, como resíduos complexos ou emissões adicionais de gases de efeito estufa, podem surgir ao longo do ciclo de vida da solução, comprometendo sua viabilidade ambiental e econômica.

- **Tempo de retorno financeiro maior que o previsto:** Algumas alternativas podem apresentar um tempo maior para gerar benefícios financeiros, devido aos altos custos de implementação e operação contínua.

O planejamento baseado em cenários climáticos permite antecipar os riscos relacionados à demanda e à oferta de água.

O que considerar na implementação de alternativas não convencionais ao uso de água bruta?

A implementação de alternativas não convencionais ao uso de água bruta exige uma abordagem que considere múltiplos fatores. Um dos primeiros aspectos a avaliar são os possíveis conflitos relacionados à instalação e operação das fontes de água, especialmente em regiões onde os recursos hídricos são compartilhados entre comunidades pesqueiras, agricultura familiar e indústrias.

Para evitar conflitos pelo uso da água é fundamental analisar o contexto local e compreender os interesses dos stakeholders envolvidos e afetados, adotando práticas que reduzam tensões. A escolha das alternativas deve priorizar tecnologias de menor impacto ambiental, considerando eficiência no uso da água, custos de produção e capacidade de mitigar efeitos adversos ao meio ambiente, como menor consumo energético e geração de resíduos.

A sustentabilidade econômica a longo prazo também deve ser considerada, avaliando a capacidade de manter os sistemas de abastecimento sem comprometer a competitividade ou margem de lucro das empresas.

A aceitação social desempenha um papel fundamental na escolha das alternativas ao uso de água bruta. É essencial promover o diálogo e a transparência sobre os benefícios esperados, demonstrando como as alternativas propostas podem gerar valor para todos os envolvidos. A avaliação do impacto ambiental e social deve ser uma prioridade, garantindo que as soluções adotadas protejam o meio ambiente e as comunidades locais.

Como avaliar o desempenho e divulgar os resultados obtidos?

A avaliação do desempenho de uma alternativa não convencional ao uso de água bruta requer o monitoramento de indicadores. O consumo de eletricidade por volume de água purificada reflete a eficiência energética da solução, especialmente em tecnologias de alta demanda, como a dessalinização. As emissões de dióxido de carbono equivalente (CO₂eq) por volume de água purificada também são relevantes para medir o impacto ambiental e identificar alternativas que utilizem menos energia ou fontes renováveis, contribuindo para a descarbonização das atividades industriais.

Outro indicador importante é a eficiência da solução escolhida, representada pela relação entre o volume purificado e o volume captado, pois soluções que maximizam essa proporção reduzem o impacto sobre os recursos hídricos, fator crítico em regiões com escassez como o semiárido.

O custo de captação e tratamento por volume de água purificada deve ser analisado para avaliar a viabilidade financeira. Esse indicador deve considerar os custos diretos e os benefícios no longo prazo, como a redução de despesas operacionais, ganhos financeiros e melhoria da imagem corporativa.

A proporção de água destinada ao uso industrial em relação ao uso social é outro indicador relevante, assegurando que a alocação da água para atividades produtivas não prejudique o consumo humano e a dessedentação animal. As propriedades físico-químicas dos resíduos gerados devem ser avaliadas e influenciam a destinação ambiental correta.

Os resultados obtidos devem ser divulgados. Para o público interno, relatórios corporativos, workshops e reuniões com a alta administração podem promover discussões sobre desafios e lições aprendidas, fortalecendo o engajamento

organizacional. Para o público externo, relatórios de sustentabilidade, websites institucionais e participação em eventos podem comunicar boas práticas e reforçar o compromisso com a gestão sustentável.

A análise do ciclo de vida das alternativas deve ser conduzida de maneira abrangente, considerando todas as etapas, desde a captação e o tratamento até o reaproveitamento de resíduos ou o descomissionamento de instalações. Essa abordagem integrada permite identificar oportunidades de melhoria contínua e assegura a eficácia e segurança em todas as fases do processo. Se a análise indicar persistência do risco de escassez hídrica, a busca por alternativas deve continuar, considerando tecnologias emergentes ou a integração de múltiplas soluções para diversificar as fontes de água e aumentar a resiliência do parque industrial.

Referências

BEARD, Victoria A.; MITLIN, Diana. Policy Note: addressing the crisis in urban water access. **Water Economics And Policy**, [S.L.], v. 07, n. 04, p. 1-16, out. 2021. World Scientific Pub Co Pte Ltd. <http://dx.doi.org/10.1142/s2382624x21710028>.

DALSTEIN, Felix; NAQVI, Asjad. 21st Century water withdrawal decoupling: a pathway to a more water-wise world? **Water Resources And Economics**, [S.L.], v. 38, p. 1-23, abr. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wre.2022.100197>.

FROTA, Renata Locarno; SILVA, Samíria Maria Oliveira; SOUZA FILHO, Francisco de Assis; PORTO, Victor Costa. A Hydro-Economic Model to Support Water Scarcity. **Water Economics And Policy**, [S.L.], v. 09, n. 01, p. 1-28, 20 jul. 2022. World Scientific Pub Co Pte Ltd. <http://dx.doi.org/10.1142/s2382624x22500126>.

NICOLLIER, Valérie; BERNARDES, Marcos Eduardo Cordeiro; KIPERSTOK, Asher. What Governance Failures Reveal about Water Resources Management in a Municipality of Brazil. **Sustainability**, [S.L.], v. 14, n. 4, p. 1-30, 14 fev. 2022. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su14042144>.

STUDART, Ticiana Marinho de Carvalho; CAMPOS, José Nilson B.; SOUZA FILHO, Francisco Assis de; PINHEIRO, Maria Inês Teixeira; BARROS, Luis Silva. Turbulent waters in Northeast Brazil: a typology of water governance-related conflicts. **Environmental Science & Policy**, [S.L.], v. 126, p. 99-110, dez. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envsci.2021.09.014>.

PROBLEMA

Risco de escassez de água bruta para as atividades industriais

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

- Empresas do Parque Industrial**
Segurança hídrica para atividades industriais
- Empresas de saneamento básico**
Aumento da rede de abastecimento de água e tratamento de esgoto
- Associações industriais**
Fortalecimento da rede industrial
- Empresas de água de reúso**
Desenvolvimento de novos negócios
- Órgãos de gestão hídrica e de meteorologia**
Diversificação da matriz hídrica e prevenção a eventos climáticos extremos
- Comitês de bacias hidrográficas**
Maior disponibilidade de água para alocação

Veja a rota Plataforma Multistakeholder para Economia Circular



Forme grupos de trabalho para discussão, planejamento e execução das atividades propostas



Escolha um líder para conduzir os próximos passos



Faça benchmarkings sobre água de reúso para atividades industriais



Consulte a Academia e Instituições de Pesquisa e Desenvolvimento

Elabore um projeto de água de reúso para atividades industriais e verifique sua viabilidade considerando:

- Rede de dutos para transporte dos efluentes
- Cenários de oferta e demanda
- Padrões de qualidade exigidos pelos clientes
- Limite de expansão da rede de esgoto
- Aceitação social
- Licenciamento ambiental

Na implementação de uma estação produtora de água de reúso:

- Disponha de tecnologia adequada para o tratamento do efluente
- Assegure o fornecimento em caso de emergências
- Instale sensores para monitorar a qualidade em tempo real
- Estabeleça um manejo adequado para os resíduos do tratamento
- Defina normas de segurança operacionais
- Busque por incentivos fiscais

Avalie o desempenho da água de reúso considerando:

- Metas e indicadores
- Geração de receitas
- Redução na demanda por água bruta
- Controle estatístico do processo



Divulgue os resultados obtidos com a água de reúso



Parabéns!

Implementamos a rota de economia circular de água de reúso! Aproveite os benefícios conquistados!

Garantia de uma fonte alternativa de água em cenários de escassez hídrica

Valorização do efluente urbano como matéria-prima

Incentivo à agricultura familiar com a destinação do lodo

Destine o lodo produzido no tratamento para uma composteira

Veja a rota Compostagem



Abasteça as indústrias com água de reúso



Produza água de reúso



Faça o tratamento do efluente



Faça treinamentos e capacitações técnicas



Fique atento aos riscos

- Tratamento inadequado do efluente
- Ausência de mercado consumidor
- Aversão da sociedade

Estabeleça um prazo de 2 a 5 anos para concluir o projeto



Crie um sistema de informação para a gestão da água de reúso



Veja a rota Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes

Inicie a construção da estação produtora de água de reúso



Água de Reúso para Atividades Industriais



No Brasil, a Lei nº 14.026/2020, que atualiza o Marco Legal do Saneamento Básico, estabelece que, até 2033, 90% da população deve ter acesso a sistemas de coleta e tratamento de esgoto. A expansão dessa infraestrutura incrementará a oferta de efluentes urbanos que podem ser tratados para a geração de água de reúso destinada ao uso industrial.

As estações de produção de água de reúso podem alcançar taxas de recuperação de efluentes de até 95%, dependendo da concentração de poluentes, das exigências de qualidade para o uso industrial e das tecnologias empregadas no processo. Além disso, o tratamento de efluentes gera lodo, que pode ser utilizado em atividades como compostagem e produção de concreto, criando produtos com aplicação na agricultura, recuperação de áreas degradadas e construção civil, contribuindo para a valorização de resíduos.

Como desenvolver uma estação produtora de água de reúso?

A implementação de uma estação produtora de água de reúso para atividades industriais começa com a mobilização dos stakeholders. Empresas de parques industriais podem ser engajadas na garantia da segurança hídrica. A produção contínua de efluentes sanitários urbanos proporciona estabilidade operacional e reduz os riscos de escassez de água.

Para associações industriais, práticas de economia circular promovem maior integração entre as

empresas, aumentam a competitividade do parque industrial e demonstram a capacidade de adaptação às exigências regulatórias e mudanças climáticas.

A diversificação da matriz hídrica é um argumento central para mobilizar órgãos de gestão hídrica e meteorológica, pois a inclusão da água de reúso nas políticas de gestão contribui para a resiliência do sistema, previne crises de abastecimento e melhora a alocação dos recursos hídricos na região.

As empresas de água de reúso podem ser engajadas pela perspectiva de novos negócios. Para as empresas de saneamento básico, a integração do tratamento de efluentes no ciclo de abastecimento industrial pode ser apresentada como uma oportunidade para expandir a infraestrutura, aumentar a eficiência no uso da água, reduzir o volume de efluentes descartados, aliviar a pressão sobre os sistemas de tratamento de esgoto e contribuir para a sustentabilidade do setor.

Os comitês de bacias hidrográficas podem ser mobilizados ao se destacar que a utilização de água de reúso no parque industrial disponibiliza água bruta para outros fins, como abastecimento humano, dessedentação de animais e irrigação.

A formação de grupos de trabalho é importante para coordenar a implementação da água de reúso no parque industrial. Esses grupos devem analisar demandas técnicas, desenvolver soluções para

coleta e tratamento de efluentes, e a distribuição da água tratada. Um coordenador deve liderar as atividades, articulando diferentes stakeholders e facilitando decisões. Também é relevante realizar benchmarking com casos nacionais e internacionais, consultar legislações e envolver instituições acadêmicas para obter dados sobre tecnologias, impactos econômicos e ambientais da água de reúso.

A próxima etapa consiste na elaboração de um projeto para a implementação da água de reúso em atividades industriais, considerando aspectos técnicos, econômicos e regulatórios. Um elemento central para a viabilidade é a infraestrutura de transporte, que inclui redes de dutos para transportar os efluentes às estações produtoras de água de reúso, e posteriormente, às unidades industriais. O planejamento desse sistema deve priorizar eficiência logística e redução de custos de instalação e operação, com análise de rotas alternativas e aproveitamento de infraestrutura existente para otimizar o layout.

A análise de cenários de oferta e demanda também é indispensável. A oferta de efluentes urbanos está vinculada à capacidade das estações de tratamento e ao volume gerado na região, enquanto a demanda industrial deve ser projetada com base nos volumes necessários para diferentes processos produtivos, considerando variações sazonais e possíveis expansões do sistema. A expectativa de crescimento da rede de esgoto, prevista pelo Marco Legal do Saneamento, é um fator importante, pois impactará diretamente a disponibilidade de efluentes domésticos para a produção de água de reúso, contudo é importante considerar que essa rede possui um limite de expansão.

Processos distintos requerem condições específicas de qualidade da água, o que implica na seleção de tecnologias de tratamento adequadas para atender aos padrões exigidos nos processos industriais. Essa diferenciação influencia no dimensionamento das estações de tratamento e no custo operacional do sistema.

A aceitação social também influencia a viabilidade da iniciativa, considerando que a percepção pública sobre o uso de água de reúso pode interferir na sua implementação. O licenciamento ambiental deve ser garantido, por meio do atendimento às exigências legais, avaliação dos impactos ambientais e definição de medidas de mitigação.

Durante a fase de implementação, a escolha da tecnologia de tratamento de efluentes deve considerar as demandas específicas da indústria, abrangendo processos primários, secundários e terciários, de modo a garantir que a água tratada atende aos padrões de qualidade estabelecidos.

Para assegurar a continuidade do fornecimento, a estação deve contar com sistemas de backup e armazenamento de água capazes de manter a operação diante de falhas técnicas ou interrupções. Sensores para monitoramento em tempo real da qualidade da água devem ser integrados aos sistemas automatizados de controle, permitindo a detecção imediata de desvios nos parâmetros, como turbidez, pH e presença de contaminantes.

O manejo adequado dos resíduos, como lodo da estação de tratamento de efluentes (ETE) é essencial para prevenir impactos ambientais. O lodo pode ser destinado à compostagem ou encaminhado para disposição responsável, respeitando as regulamentações ambientais.

A implementação de normas de segurança e saúde ocupacional garante a eficiência operacional e proteção aos trabalhadores. Procedimentos padronizados, treinamentos específicos e o uso de equipamentos de proteção individual devem ser incorporados às práticas operacionais.

A viabilidade econômica do projeto pode ser fortalecida pela busca de incentivos fiscais, como isenções de impostos ou financiamentos com condições favoráveis.

Os riscos para a implementação da água de reúso em atividades industriais incluem:

- **Tratamento inadequado do efluente:** Pode comprometer a qualidade da água tratada, tornando-a inadequada para uso industrial.
- **Falta de mercado consumidor consolidado:** A ausência de uma demanda efetiva pelas empresas industriais pode afetar a viabilidade econômica do projeto.
- **Aversão social à utilização de água de reúso:** Percepções negativas sobre a reutilização de efluentes podem dificultar a aceitação do projeto.

A implementação completa do projeto de água de reúso nas atividades industriais necessita de um prazo de 2 a 5 anos. Este intervalo de tempo é adequado para cobrir todas as etapas, desde a fase de planejamento, que envolve estudos de viabilidade e licenciamento, até a construção e operação da estação de tratamento de efluentes para água de reúso.

Como monitorar um sistema de abastecimento industrial por água de reúso?

A gestão eficiente da água de reúso necessita de um sistema de informação que integre indicadores que permitam o monitoramento e a avaliação de diferentes dimensões do projeto, desde sua implantação até a fase operacional. Exemplos de indicadores operacionais são o volume de efluente tratado, a taxa de recuperação de água e a eficiência energética do processo de tratamento do efluente.

Monitorar indicadores físico-químicos, como turbidez, pH, oxigênio dissolvido, condutividade elétrica e a presença de contaminantes, também é essencial para o sucesso da operação. Quanto aos indicadores ambientais, é importante medir o

volume de efluentes tratado, a redução do consumo de água bruta e as emissões de gases de efeito estufa.

Indicadores sociais incluem a aceitação pública do projeto e a quantidade de empregos diretos e indiretos gerados. Indicadores financeiros também são fundamentais para avaliar a sustentabilidade econômica do projeto. Entre eles, destacam-se o custo por metro cúbico de água tratada, os custos de manutenção e operação da estação produtora de água de reúso e o retorno sobre o investimento.

Como operacionalizar uma estação produtora de água de reúso?

Com o projeto devidamente planejado e o sistema de monitoramento implementado, a fase de operação começa com a construção da estação produtora de água de reúso. Essa etapa envolve a instalação dos equipamentos de tratamento, a rede de dutos para transporte do efluente e a infraestrutura de monitoramento da qualidade da água.

Concluída a construção, é fundamental realizar treinamentos e capacitações técnicas para a equipe responsável pela operação da estação. Esse processo deve incluir o treinamento no manuseio de equipamentos, em protocolos de segurança operacional e em procedimentos de manutenção preventiva.

Com a equipe treinada, a estação iniciará o tratamento do efluente. Nessa fase, o efluente coletado será processado para que sejam removidas impurezas, sólidos em suspensão e contaminantes, alcançando os padrões de qualidade exigidos pelas empresas do parque industrial. A rede de distribuição deve ser monitorada para assegurar que a água chegue com a qualidade e com o volume acordados.

Durante o tratamento do efluente, será gerado lodo, que deve ser adequadamente manejado. Em vez de ser descartado como resíduo, o lodo pode ser encaminhado para uma composteira, onde será processado e transformado em adubo orgânico. Esse processo promove a circularidade dos resíduos e contribui para a sustentabilidade ambiental do parque industrial.

Durante a fase de operação, o desempenho do processo de produção de água de reúso deve ser monitorado para verificar o alcance dos objetivos definidos. Essa análise pode ser realizada com base em metas e indicadores de desempenho, utilizando técnicas de controle estatístico do processo para assegurar que o tratamento opere dentro dos padrões de qualidade e eficiência esperados.

A geração de receita também é um aspecto relevante a ser monitorado, considerando que a venda da água de reúso para empresas do parque industrial representa uma nova fonte de recursos para a operadora da estação. A redução da demanda por água bruta é um dos benefícios alcançáveis, podendo ser avaliada pelo volume que deixou de ser captado em mananciais ou açudes.

A divulgação dos resultados alcançados é uma etapa fundamental para promover o projeto e assegurar transparência quanto aos benefícios gerados. Empresas, órgãos públicos e comunidade local devem ser informados sobre os impactos positivos e negativos, por meio de relatórios anuais, eventos com stakeholders, workshops e publicações em canais específicos do setor industrial e ambiental.

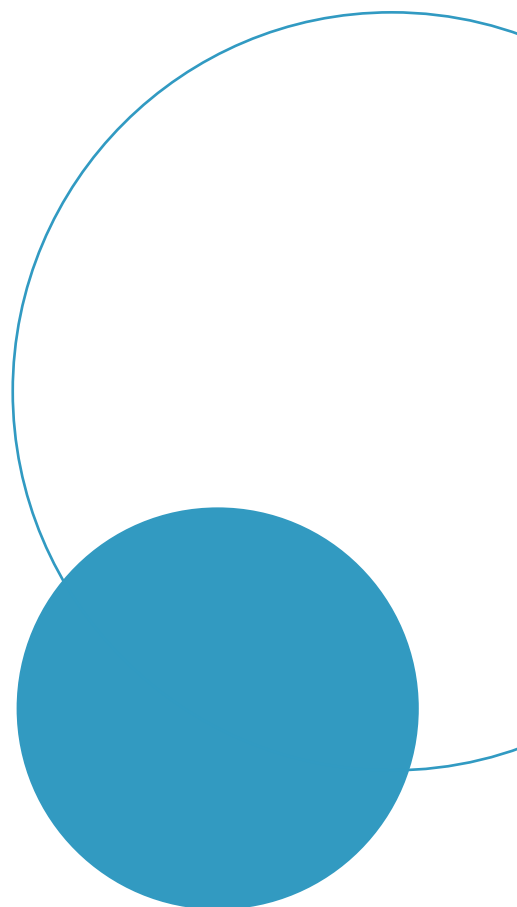
Referências

CHRISPIM, Mariana Cardoso; SCHOLZ, Miklas; NOLASCO, Marcelo Antunes. A framework for resource recovery from wastewater treatment plants in megacities of developing countries. **Environmental Research**, [S.L.], v. 188, p. 1-14, set. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2020.109745>.

MANNINA, Giorgio; GULHAN, Hazal; NI, Bing-Jie. Water reuse from wastewater treatment: the transition towards circular economy in the water sector. **Bioresource Technology**, [S.L.], v. 363, p. 127951, nov. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2022.127951>.

SAUVÉ, Sébastien; LAMONTAGNE, Sébastien; DUPRAS, Jérôme; STAHEL, Walter. Circular economy of water: tackling quantity, quality and footprint of water. **Environmental Development**, [S.L.], v. 39, p. 1-10, set. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envdev.2021.100651>.

VALENCIA, Andrea; ZHANG, Wei; CHANG, Ni-Bin. Sustainability transitions of urban food-energy-water-waste infrastructure: a living laboratory approach for circular economy. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 177, p. 1-15, fev. 2022. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105991>.



Subcomitê de Licenciamento Ambiental

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

Stakeholders

Empresas do Parque Industrial

Consultorias jurídicas

Agências governamentais

Legisladores e órgãos ambientais

Parceiros comerciais em potencial

Universidades e instituições de Pesquisa

Argumentos

Geração de receita com a venda de coprodutos

Promoção de melhorias jurídicas na área ambiental

Aumento da arrecadação de tributos

Fomento à inovação nas normas ambientais

Oportunidade de novos negócios

Desenvolvimento de coprodutos e patentes

Subcomitê de Licenciamento Ambiental

A concepção do subcomitê de licenciamento ambiental deve considerar:

Capital intelectual

Disponibilidade de tempo para realizar trabalho

Comprometimento dos stakeholders

Viabilidade dos projetos de inovação

Veja a rota Ecosistema de Inovação em Economia Circular

Na implementação do subcomitê de licenciamento, desenvolva:

Canais de comunicação

Regimento atribuindo competências

Equipe multidisciplinar

Segurança da informação

Atração estratégica de parceiros



Fique atento aos riscos:

Falta de sinergia entre stakeholders públicos e privados

Mudanças nas exigências legais

Falta de legitimidade institucional do subcomitê

Não inserção dos coprodutos no mercado

As atividades do subcomitê de licenciamento incluem:

Escolha um stakeholder como líder do subcomitê

Apresentar a viabilidade e os benefícios dos coprodutos

Promover discussões sobre a melhor alternativa para licenciar os coprodutos

Estabelecer procedimentos de licenciamento ambiental para coprodutos

Estipular prazos para emissão do parecer técnico ambiental

Definir condicionantes a serem atendidas durante a vigência da licença

Apresentar todos os documentos exigidos pelo órgão licenciador

Obter a licença ambiental para o respectivo coproduto

Comercializar os coprodutos com parceiros comerciais

Veja a rota Atração Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial

Aumento da no licenciamento de coprodutos

Circularidade dos processos industriais

Segurança jurídica dos coprodutos

Aumento da vida útil de aterros sanitários

Avalie o desempenho do subcomitê de licenciamento ambiental considerando:

Quantidade de coprodutos licenciados

Tempo médio para emissão das licenças

Taxa de aprovação das licenças

Redução de resíduos industriais direcionados a aterros

Geração de receitas com coprodutos

Custo financeiro por licença emitida

Divulgue os resultados obtidos e promova a melhoria contínua



Revise as normas ambientais e proponha, para o Legislativo, a inclusão de princípios de economia circular

Subcomitê de Licenciamento Ambiental



O subcomitê de licenciamento ambiental pode acelerar a tramitação dos processos de aproveitamento de resíduos, transformando-os em coprodutos. Esse subcomitê deve atuar na análise de aspectos técnicos e jurídicos, na busca pela conformidade ambiental e na coleta de sugestão de ajustes normativos e na proposição de novas abordagens regulatórias para impulsionar a economia circular.

A criação de um subcomitê de licenciamento ambiental pode impulsionar a descarbonização ao fomentar cadeias produtivas baseadas no reaproveitamento de resíduos, o que reduz as emissões associadas à extração e transporte de matérias-primas virgens e ao descarte em aterros, além de incentivar a adoção de tecnologias projetadas para atender às metas climáticas.

Como mobilizar stakeholders com argumentos adequados para implementar um Subcomitê de Licenciamento Ambiental?

A composição de um subcomitê de licenciamento ambiental deve ser formada por stakeholders com diferentes perfis. As empresas do parque industrial fornecem informações sobre os processos industriais e as características dos resíduos, permitindo que o subcomitê de licenciamento considere as especificidades técnicas e logísticas do aproveitamento de resíduos e coprodutos para iniciar o licenciamento.

Os parceiros comerciais em potencial podem contribuir com o subcomitê de licenciamento ao expandir as possibilidades de aproveitamento e valorização dos coprodutos no parque industrial. Esses stakeholders, sejam como fornecedores ou como compradores de coprodutos, possibilitam explorar formas diferentes de direcionar resíduos industriais para novos usos e alinhar práticas de aproveitamento com as demandas de mercado.

As consultorias jurídicas, com sua expertise em regulamentação e conformidade legal, contribuem para que o subcomitê de licenciamento mantenha suas diretrizes e procedimentos em estrita consonância com a legislação vigente, evite riscos jurídicos para os participantes e promova a segurança jurídica dos processos de licenciamento de coprodutos.

A inclusão de agências governamentais e legisladores no subcomitê de licenciamento pode impulsionar a inovação regulatória ao identificar lacunas nas normas vigentes e propor ajustes que favoreçam o aproveitamento de resíduos como coprodutos, pode conferir maior credibilidade e segurança jurídica às decisões do subcomitê e pode sugerir incentivos fiscais, subsídios e outras políticas de fomento para estimular o licenciamento de produtos e serviços que incentivem a economia circular.

A inclusão de universidades e instituições de pesquisa no subcomitê de licenciamento também

é importante, pois esses stakeholders contribuirão com estudos técnicos que embasem a viabilidade de coprodutos e podem fornecer análises sobre os impactos socioeconômicos e ambientais, apoiando o licenciamento ambiental com dados científicos que aumentem a confiabilidade no uso dos coprodutos.

O subcomitê de licenciamento pode favorecer o intercâmbio de materiais, resíduos e coprodutos pode favorecer a formação de cadeias produtivas circulares e oportunidades de novos negócios são aproveitadas, implicando em relações comerciais de longo prazo, na ampliação do mercado de coprodutos e no desenvolvimento de uma economia mais conectada, interdependente e resiliente.

O subcomitê de licenciamento também se configura como uma oportunidade para aumentar a arrecadação tributária, ao formalizar e agregar valor às atividades de aproveitamento dos coprodutos, sendo um aspecto especialmente relevante para o contexto regional, pois reforça o papel do setor produtivo como agente de desenvolvimento econômico local, fortalece a economia e beneficia a sociedade.

Durante a transição para a economia circular, existe a possibilidade de novos coprodutos e patentes serem desenvolvidos, portanto, mecanismos de propriedade intelectual devem ser projetados para resguardar os direitos dos stakeholders inovadores.

O que é necessário para conceber e implementar um Subcomitê de Licenciamento Ambiental?

Estruturar um subcomitê de licenciamento ambiental requer capital intelectual, disponibilidade de tempo para realizar trabalho, comprometimento dos stakeholders e o sucesso de projetos do ecossistema de inovação. O capital intelectual envolve conhecimento técnico e experiência regulatória dos membros que

compõem o subcomitê e devem incluir especialistas em legislação ambiental, processos industriais, gestão de resíduos e inovação tecnológica.

É importante que os stakeholders disponibilizem funcionários com horas de trabalho dedicadas ao subcomitê para garantir que os trabalhos tenham andamento. O comprometimento dos stakeholders garante o engajamento em um esforço colaborativo com foco no alcance dos objetivos do subcomitê de licenciamento ambiental.

Outro fator a ser considerado é a viabilidade dos projetos do ecossistema de inovação, que disponibilizará novas tecnologias ou produtos para serem comercializados no mercado e que precisarão ser licenciados.

Durante a implementação do subcomitê de licenciamento ambiental, recomenda-se que sejam estabelecidos canais de comunicação para manter o alinhamento de expectativas e permitir o compartilhamento de informações.

É importante elaborar um regimento interno que atribua funções e competências aos membros do subcomitê de licenciamento favorecendo a coordenação das atividades e minimiza o risco de sobreposição de funções ou omissões.

A atração estratégica de parceiros pode disponibilizar recursos, financeiros ou técnicos, capazes de viabilizar os projetos.

Os riscos associados ao Subcomitê de Licenciamento Ambiental incluem:

- **Falta de sinergia entre stakeholders públicos e privados:** Divergências em relação aos objetivos ou metodologias de trabalho podem comprometer o andamento do subcomitê.
- **Mudanças nas exigências legais:** Alterações nas regulamentações podem gerar desafios,

destacando a importância de uma estratégia contínua de acompanhamento legal.

- **Fragilidade na legitimidade institucional:** A ausência de reconhecimento formal por parte dos stakeholders pode enfraquecer o subcomitê, prejudicando sua capacidade de influenciar decisões.

- **Não inserção dos coprodutos no mercado:** A falta de integração dos coprodutos em cadeias produtivas pode limitar seu valor econômico e ambiental.

O monitoramento e a gestão desses riscos são fundamentais para garantir o sucesso do subcomitê e promover a eficiência nas práticas de licenciamento ambiental.

Quais as principais atividades de um Subcomitê de Licenciamento Ambiental?

As principais atividades do subcomitê de licenciamento ambiental se relacionam a garantir que o processo de licenciamento ocorra de forma eficiente e conforme os padrões regulatórios, ao mesmo tempo que promove os benefícios associados ao uso de coprodutos. O primeiro passo é a apresentação da viabilidade técnica, econômica e ambiental dos coprodutos aos stakeholders, o que sugere a construção de argumentos que demonstrem como o reaproveitamento de resíduos pode gerar valor econômico e promover a sustentabilidade ambiental e social das operações industriais.

Outra atividade importante é a promoção de discussões sobre alternativas para licenciar coprodutos. Pode ser útil reunir especialistas para explorar as opções mais adequadas de licenciamento ambiental, considerando tanto as exigências legais quanto às condições do mercado. As empresas do parque industrial devem seguir os procedimentos de licenciamento do coproduto, observando as peculiaridades dos diversos tipos de coprodutos e seu potencial de promover a conservação de matéria-prima virgem.

Em seguida, deve-se apresentar todos os documentos exigidos pelo órgão licenciador e atender os condicionantes estabelecidos pelo órgão ambiental ao longo da vigência da licença. Esses condicionantes, que podem incluir medidas de mitigação ambiental ou exigências relacionadas ao monitoramento dos impactos, são estabelecidos de modo a assegurar que o uso dos coprodutos ocorra de forma segura e dentro dos parâmetros estabelecidos.

Uma vez que o licenciamento ambiental tenha sido obtido, o subcomitê de atração estratégica de parceiros pode facilitar negociações que promovam a utilização dos coprodutos. A criação de redes de colaboração entre os stakeholders facilita a inserção dos co-produtos no mercado, promovendo um ambiente de inovação e fortalecimento das práticas de economia circular no parque industrial.

Como avaliar e divulgar o desempenho de um Subcomitê de Licenciamento Ambiental?

A avaliação do desempenho do subcomitê de licenciamento ambiental pode ser conduzida a partir de indicadores que refletem a eficiência e o impacto de suas atividades na promoção da economia circular. Um dos principais indicadores a serem considerados é a quantidade de coprodutos licenciados. O tempo médio para emissão das licenças é outro indicador importante, pois reflete a agilidade com que as empresas conseguem obter autorização para utilizar ou comercializar seus coprodutos.

A taxa de aprovação das licenças também deve ser monitorada visto que uma alta taxa de aprovação sugere que o subcomitê de licenciamento tem sido bem-sucedido em estruturar os processos de licenciamento. A redução da quantidade de resíduos industriais direcionados a aterros sanitários é um indicador chave de desempenho, pois demonstra o impacto das atividades do subcomitê de licenciamento na mitigação do descarte de materiais.

Outro aspecto a ser avaliado é a geração de receitas com coprodutos, uma vez que a inserção desses materiais no mercado pode não apenas minimizar os impactos ambientais, mas também gerar valor econômico para as empresas envolvidas.

O custo financeiro por licença emitida é outro indicador relevante, pois permite às empresas avaliarem o impacto financeiro que ele tem sobre as operações. Os resultados sobre a economia circular e sustentabilidade devem ser divulgados de forma periódica em seminários, conferências ou workshops.

O subcomitê de licenciamento pode também desempenhar um papel propositivo ao revisar as normas ambientais e sugerir, ao Poder Legislativo, ajustes que incorporem os princípios da economia circular. Esse processo pode incluir a sugestão de políticas públicas que incentivem o reaproveitamento de coprodutos e a criação de incentivos fiscais e regulatórios para empresas que adotem práticas de economia circular.

Dessa forma, o subcomitê de licenciamento pode contribuir para a evolução do arcabouço normativo, equilibrando os interesses empresariais às demandas por sustentabilidade ambiental e justiça social.

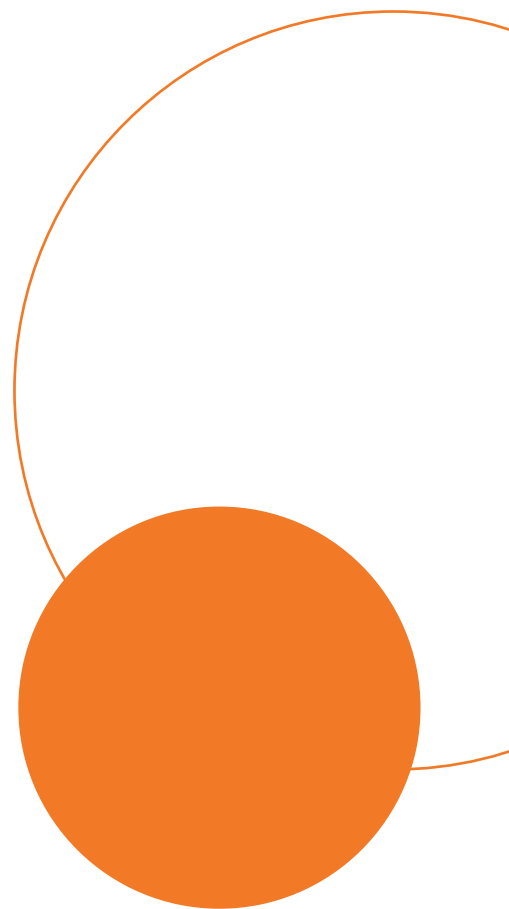
Referências

ARAI, Risa; FRIANT, Martin Calisto; VERMEULEN, Walter J. V.. The Japanese Circular Economy and Sound Material-Cycle Society Policies: discourse and policy analysis. **Circular Economy And Sustainability**, [S.L.], v. 4, n. 1, p. 619-650, 2 set. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43615-023-00298-7>.

GAIO, Alexandre; ROSNER, Raquel Frazão; FERREIRA, Vivian M.. O licenciamento ambiental como instrumento da política climática. **Revista Direito e Práxis**, [S.L.], v. 14, n. 1, p. 594-620, mar. 2023. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8966/2023/73126>.

MICHALOVIČ, Matúš. Legal regulation facilitating the transition to a circular economy in the legal system of Slovakia. **Journal Of Agricultural And Environmental Law**, [S.L.], v. 19, n. 36, p. 57-80, 30 jun. 2024. <http://dx.doi.org/10.21029/jael.2024.36.57>.

ROSSI, Fernando Luís; LIMA, Igor Thomas da Silva e; SILVEIRA, Luciana de Lima; BARBOSA, Robson; SOUZA, Roseane Ferro de. ECONOMIA CIRCULAR E POLÍTICAS PÚBLICAS: legislação e desafios. **Revista de Geopolítica**, [S.L.], v. 13, n. 1, p. 95-108, jan. 2022.



Atração Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

Stakeholders

Empresas do Parque Industrial
Parceiros comerciais em potencial
Governo estadual e municipal
Instituições de financiamento
Secretarias ambientais
Associações empresariais

Atração Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial

Argumentos

Diversificação de portfólio e redução de custos
Diversificação de insumos e oportunidade de novos negócios
Geração de emprego e aumento da arrecadação
Capitalização a partir de novos empreendimentos
Destinação sustentável dos resíduos
Fortalecimento da rede empresarial

A atração estratégica de parceiros deve considerar:

Recursos financeiros
Viabilidade econômica do coproduto
Licenciamento ambiental do coproduto
Veja a rota Subcomitê de Licenciamento Ambiental
Sinergia entre os arranjos produtivos das empresas
Garantia de fornecimento do coproduto

Ao promover a atração estratégica de parceiros:

Desenvolva um inventário coletivo de resíduos
Veja a rota Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes
Realize estudos de mercado e participe de feiras e eventos
Demonstre o custo-benefício dos coprodutos
Firme contratos com regras claras e objetivas
Estabeleça canais de comunicação entre as empresas



Fique atento aos riscos:

Não inserção dos coprodutos no mercado
Alterações nos processos industriais
Prazo do retorno do investimento
Desmobilização das empresas
Coprodutos em volume ou qualidade inadequados

A atração estratégica de parceiros deve contemplar:

Políticas de precificação justas
Mecanismos de resolução de conflitos
Cláusulas contratuais de transparência e revisão periódica
Código de conduta ética para as parcerias
Avaliação do histórico ético dos parceiros
Empresas comprometidas com a sustentabilidade



Avalie o desempenho da atração estratégica de parceiros considerando:

Número de contratos firmados
Tempo médio para estabelecer parcerias
Receita gerada com a venda de coprodutos
Redução de custos operacionais
Redução no volume de resíduos enviados para aterros
Diversidade de setores representados nas parcerias
Custo financeiro por parceria formada
Redução de consumo de matérias-primas virgens
Quantidade de novos empregos gerados

Divulgue os resultados obtidos e promova a melhoria contínua



Atração Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial



A transição de um parque industrial de um modelo econômico linear para uma abordagem baseada na economia circular demanda uma reestruturação estratégica que incorpore novos modelos de negócios. No contexto da simbiose industrial, atrair estrategicamente parceiros pode ser uma alternativa vantajosa para maximizar o uso de recursos e minimizar desperdícios.

Por meio da simbiose industrial, é possível que resíduos e subprodutos de uma operação sejam aproveitados por outra empresa criando uma rede de trocas mutuamente benéficas. Essa rede de colaboração fomenta um ambiente mais eficiente e sustentável, onde os resíduos de uma empresa agregam valor para outra, gerando economia e otimizando o uso de recursos.

A atração de parceiros para a simbiose industrial também contribui para a descarbonização ao substituir insumos primários por resíduos reaproveitados, reduzindo emissões de gases do efeito estufa (GEE) relacionadas à extração e ao

processamento de matérias-primas.

A proximidade geográfica entre as empresas favorece a logística de transporte de materiais, diminuindo as emissões associadas ao transporte.

Ao integrar processos industriais mais sustentáveis, essa abordagem viabiliza a redução da pegada de carbono e fortalece as sinergias econômicas, sociais e ambientais entre os stakeholders.

Como mobilizar stakeholders para atrair estrategicamente parceiros para simbiose industrial?

O sucesso na atração estratégica de parceiros depende de uma compreensão detalhada dos perfis dos stakeholders que podem ser incorporados ao parque industrial e dos motivos que justificam sua participação na simbiose industrial. As empresas geram resíduos e subprodutos que podem ser reaproveitados como insumos por outras empresas.

Empresas de um parque industrial são potenciais usuárias de recursos compartilhados, como infraestrutura, logística e tecnologia. Portanto, o engajamento é fundamental para identificar oportunidades de sinergia, reduzir custos operacionais e atender à crescente demanda do mercado por produtos e serviços sustentáveis.

Fornecedores de produtos e prestadores de serviços ampliam o alcance da simbiose industrial ao integrar a cadeia de suprimentos. Esses stakeholders atuam como consumidores ou fornecedores de resíduos e subprodutos, além de desempenharem o papel de intermediários logísticos. Sua participação abre espaço para a exploração de oportunidades de negócio e fortalecimento de redes de colaboração industrial.

A participação de órgãos governamentais é indispensável para alinhar as iniciativas do parque industrial aos objetivos de políticas públicas, como a redução de resíduos destinados a aterros, o incentivo à economia circular e o desenvolvimento econômico sustentável. Nesse contexto, esses stakeholders podem oferecer suporte regulatório, fiscal e técnico, além de viabilizar o licenciamento ambiental de coprodutos gerados no parque industrial.

Ao viabilizar o licenciamento de coprodutos, os órgãos governamentais permitem que resíduos sejam reconhecidos como insumos produtivos, eliminando barreiras legais e promovendo o reaproveitamento estratégico de recursos em conformidade com as normas regulatórias e as demandas de mercado.

Por sua vez, secretarias ambientais estaduais e municipais desempenham um papel técnico e regulatório importante na rota de simbiose industrial, oferecendo diretrizes para a gestão de resíduos, avaliação de impactos ambientais e emissão de licenças.

A presença dessas secretarias pode facilitar a adoção de práticas alinhadas às metas ambientais e climáticas estabelecidas em diretrizes regionais ou nacionais.

Instituições de financiamento são peças-chave para viabilizar os investimentos necessários à estruturação e operação da simbiose industrial, pois essas instituições podem fornecer linhas de crédito com condições favoráveis, oferecer garantias para mitigação de riscos e apoiar estudos de viabilidade econômica, portanto, sua participação amplia a capacidade de captação de recursos e garante o suporte financeiro para a implementação e expansão das atividades de simbiose industrial do parque.

Associações empresariais, como federações industriais e câmaras de comércio, podem atuar como catalisadoras do engajamento empresarial. Essas instituições possuem uma visão abrangente das necessidades e capacidades das empresas associadas e canais de comunicação com diversos stakeholders. Sua participação facilita a disseminação de informações, articula interesses coletivos e promove iniciativas colaborativas entre as empresas do parque industrial e seus parceiros.

A mobilização dos stakeholders pode ser facilitada pelo uso de argumentos que evidenciem os benefícios estratégicos dessa abordagem colaborativa. A simbiose industrial possibilita a diversificação de produtos e serviços oferecidos pelas empresas ao promover o reaproveitamento de resíduos e subprodutos em insumos ou matérias-primas. A simbiose industrial gera o compartilhamento de recursos e utilização eficiente de materiais, e reduz custos com destinação responsável de resíduos.

A atração estratégica de parceiros para a simbiose industrial cria oportunidades para diversificar as fontes de insumos, aumentando a resiliência das cadeias produtivas frente a flutuações de mercado ou restrições de fornecimento.

Pode também gerar novos negócios, a partir da comercialização de subprodutos ou do desenvolvimento de tecnologias que apoiem um ciclo produtivo sustentável. Pode criar condições para o desenvolvimento de iniciativas de colaboração, que tendem a movimentar a economia local, resultando em geração de emprego e renda.

A integração de parceiros estratégicos permite identificar oportunidades de investimento em projetos que conectem stakeholders e otimizem o uso de recursos compartilhados, atraindo investidores e o acesso a linhas de crédito para iniciativas de economia circular e sustentabilidade.

A troca de conhecimento e boas práticas, facilita a identificação de sinergias, fomentando a confiança entre os stakeholders e contribuindo para a criação de um ambiente empresarial colaborativo, capaz de enfrentar desafios econômicos e ambientais de forma integrada e resiliente.

O que é necessário para atrair estrategicamente parceiros para simbiose industrial?

A implementação de práticas de simbiose industrial requer investimentos em infraestrutura, tecnologias e capacitação dos recursos humanos. A disponibilização de recursos financeiros pode ser facilitada por meio de propostas claras e detalhadas, que apresentem as perspectivas de retorno financeiro e os benefícios associados à redução de custos operacionais e ao fortalecimento de cadeias produtivas.

O compartilhamento de investimentos entre os parceiros também é um aspecto relevante, permitindo a diluição de riscos e o acesso a soluções escaláveis.

A viabilidade econômica do coproduto é outro fator importante a ser considerado, devendo

incluir projeções de mercado que avaliem sua competitividade em comparação a alternativas existentes, incluindo aspectos como os custos envolvidos na obtenção das matérias-primas, processamento e distribuição dos produtos. O licenciamento ambiental do coproduto garante que sua utilização ou comercialização estão em conformidade com a legislação ambiental e reduz incertezas.

A garantia de fornecimento do coproduto é vital para assegurar a estabilidade e a confiança nas relações entre os parceiros, devendo a consistência no fluxo de coprodutos ser viabilizada por meio de contratos e mecanismos de monitoramento que previnam interrupções e variações no suprimento.

Ao atrair estrategicamente parceiros, é sugerido que as empresas desenvolvam um inventário coletivo de resíduos mapeando todas as possíveis fontes de coprodutos dentro do parque industrial.

A realização de estudos de mercado e a participação em feiras e eventos sobre economia circular e sustentabilidade podem ajudar a identificar novos parceiros e explorar nichos de mercado para os coprodutos. A demonstração do custo-benefício desses produtos é um ponto central para atrair parceiros, pois evidencia as vantagens financeiras e facilita as negociações.

Contratos com regras claras e objetivas devem ser estabelecidos e devem incluir a responsabilidade de cada parte, prazos de fornecimento e garantias de qualidade e volume.

A criação de canais de comunicação entre os stakeholders é recomendável para assegurar a colaboração e facilitar a troca de informações e a resolução de eventuais problemas.

Os riscos associados à implementação da atração estratégica de parceiros para simbiose industrial incluem:

- **Não inserção dos coprodutos no mercado:** A ausência de demanda ou resistência por parte dos compradores pode comprometer a viabilidade do projeto, dificultando o retorno esperado.

- **Alterações nos processos industriais:** Empresas podem resistir a realizar mudanças necessárias para gerar o coproduto de interesse dos parceiros ou alterações nos processos industriais das empresas geradoras do resíduo pode impactar a qualidade ou o volume dos coprodutos, prejudicando os acordos estabelecidos e a continuidade das parcerias.

- **Prazo prolongado para o retorno do investimento:** Projetos de simbiose industrial podem apresentar retornos financeiros mais demorados do que o planejado, gerando incertezas entre os parceiros.

- **Desmobilização das empresas envolvidas:** Caso os resultados financeiros ou operacionais não sejam alcançados dentro dos prazos previstos, as empresas podem perder interesse na simbiose industrial, comprometendo sua continuidade.

- **Produção inadequada de coprodutos:** Volumes insuficientes ou qualidade inadequada dos coprodutos podem afetar o fluxo das cadeias produtivas e enfraquecer a confiança entre os parceiros envolvidos.

A gestão desses riscos é essencial para fortalecer a cooperação, garantir a viabilidade do projeto e promover a sustentabilidade das parcerias industriais.

O que considerar ao atrair estrategicamente parceiros para simbiose industrial?

Primeiramente, é necessário estabelecer políticas de precificação justas, isto é, políticas que reflitam os custos de produção e os benefícios econômicos, sociais e ambientais associados aos coprodutos. A

transparência na formação de preços facilita negociações equilibradas, garantindo que todas as partes envolvidas se sintam valorizadas e respeitadas.

É aconselhável implementar mecanismos de resolução de conflitos, como procedimentos formais de mediação e a criação de canais de comunicação dedicados à solução de problemas, para que possíveis divergências entre as empresas possam ser resolvidas sem prejudicar a continuidade das operações.

Ao mesmo tempo, a inclusão de cláusulas contratuais que promovam a transparência nas operações, como a revisão periódica de termos e condições, possibilita que os acordos possam ser ajustados conforme as necessidades e mudanças do mercado, evitando, assim, problemas em longo prazo.

Outra boa prática é criar um código de conduta ética para as parcerias, que deve abranger aspectos como responsabilidade social corporativa e respeito ao meio ambiente.

As empresas devem avaliar o histórico ético de seus potenciais parceiros, verificando sua reputação quanto à conformidade regulatória e ao relacionamento com stakeholders, o que pode ajudar a evitar parcerias com empresas que possam prejudicar os objetivos de longo prazo do parque industrial em relação à simbiose industrial.

Recomenda-se, também, que as empresas sejam selecionadas com base em seu compromisso com a sustentabilidade, pois a sinergia entre parceiros que compartilham uma visão comum de desenvolvimento sustentável tende a ser mais eficiente, visto que todos os envolvidos estarão alinhados em termos de objetivos ambientais, sociais e econômicos, igualmente.

Como avaliar e promover o desempenho da simbiose industrial?

Adotar uma abordagem estruturada para medir o desempenho das iniciativas de simbiose industrial é fundamental. Um dos indicadores a serem monitorados é o número de contratos firmados, pois reflete a capacidade da empresa em atrair e manter parceiros dentro do modelo circular. Outro indicador a ser considerado é o tempo médio para estabelecer parcerias, que indica a eficiência do processo de negociação e o nível de interesse de potenciais parceiros no projeto.

A receita gerada com a venda de coprodutos, a redução de custos operacionais e o custo financeiro por parceria firmada servem como métricas financeiras do sucesso da simbiose industrial.

A redução no volume de resíduos enviados para aterros e a redução do consumo de matérias-primas virgens demonstram o impacto ambiental positivo da iniciativa, pois contribuem para a economia de recursos naturais e para o cumprimento de metas ambientais.

A diversidade de setores representados nas parcerias mostra o alcance da simbiose industrial e sua capacidade em gerar interações produtivas em diferentes áreas da economia. Outro indicador sugerido é a quantidade de empregos gerados, pois essa métrica considera os impactos sociais das iniciativas em economia circular e sua contribuição para o desenvolvimento local.

A divulgação dos resultados obtidos é um passo essencial para assegurar a transparência do processo e fortalecer a confiança entre os stakeholders, por isso, sugere-se o uso de diversos canais de comunicação, como relatórios anuais de

sustentabilidade, boletins informativos internos, conferências com stakeholders e divulgação em mídias sociais e em veículos especializados. Relatórios e apresentações direcionadas a possíveis parceiros comerciais e institucionais podem ser utilizados para evidenciar os benefícios alcançados e estimular novas adesões à simbiose industrial.

A promoção de um círculo virtuoso de economia circular envolve a articulação de diferentes etapas. Inicialmente, o aumento da conscientização ambiental nas instituições gera um impacto positivo na coleta seletiva de resíduos, o que, por sua vez, amplia o volume de coprodutos disponíveis para a simbiose industrial, visto que haverá um maior volume de resíduos segregados.

Esse aumento no volume de materiais reaproveitáveis potencializa a atração de novos parceiros, ampliando as relações de simbiose industrial.

Um número maior de empresas envolvidas na operacionalização da simbiose industrial e um maior fluxo de coprodutos melhora o desempenho econômico e ambiental das empresas envolvidas.

O sucesso da simbiose industrial deve ser comunicado, e reforça a conscientização ambiental, fechando o círculo e garantindo a continuidade do processo. Cada etapa reforça a próxima, criando um ambiente sustentável e eficiente, onde os aspectos empresariais e ambientais se retroalimentam, promovendo uma transição bem-sucedida para um modelo de economia circular.

Referências

CORSINI, Filippo; BERNARDI, Chiara de; FREY, Marco. Industrial symbiosis as a business strategy for the circular economy: identifying regional firm profiles and barriers to their adoption. **Journal Of Environmental Planning And Management**, [S.L.], v. 67, n. 5, p. 1148-1168, 15 fev. 2023. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/09640568.2022.2154201>.

HERZER, Eduardo; JAHNO, Vanusca Dalosto; OSÓRIO, Daniela Montanari Migliavacca; SCHREIBER, Dusan. Simbiose Industrial e a redução dos impactos ambientais dos processos produtivos: estudos realizados entre 2012 e 2017. Colóquio: **Revista do Desenvolvimento Regional**, Taquara, v. 17, n. 3, p. 57-73, jul. 2020.

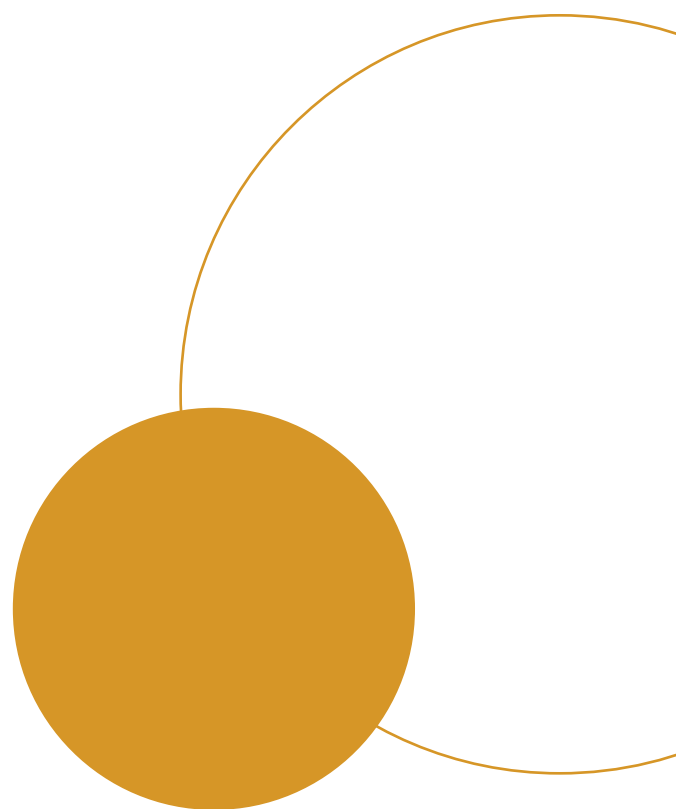
MORALES, Manuel E.; DIEMER, Arnaud. Industrial Symbiosis Dynamics, a Strategy to Accomplish Complex Analysis: the dunkirk case study. **Sustainability**, [S.L.], v. 11, n. 7, p. 1971, 3 abr. 2019. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su11071971>.

NÚÑEZ, Giselle Rentería; PEREZ-CASTILLO, David. Business Models for Industrial Symbiosis: a literature review. **Sustainability**, [S.L.], v. 15, n. 12, p. 9142, 6 jun. 2023. MDPI AG. <http://dx.doi.org/10.3390/su15129142>.

RAIMBAULT, Juste; BROERE, Joris; SOMVEILLE, Marius; SERNA, Jesus Mario; STROMBOM, Evelyn; MOORE, Christine; ZHU, Ben; SUGAR, Lorraine. A spatial agent based model for simulating and optimizing networked eco-industrial systems. **Resources, Conservation And Recycling**, [S.L.], v. 155, p. 104538, abr. 2020. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104538>.

SELLITTO, Miguel Afonso; MURAKAMI, Fábio Kazuhiro; BUTTURI, Maria Angela; MARINELLI, Simona; KADEL JUNIOR, Nelson; RIMINI, Bianca. Barriers, drivers, and relationships in industrial symbiosis of a network of Brazilian manufacturing companies. **Sustainable Production And Consumption**, [S.L.], v. 26, p. 443-454, abr. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spc.2020.09.016>.

XIE, Xin; WEI, Boyang; HU, Shanying; CHEN, Ding Jiang. Integrated network analysis on industrial symbiosis: case study of qinghai salt lake industrial park. **Journal Of Cleaner Production**, [S.L.], v. 429, p. 139235, dez. 2023. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139235>.



Ecosistema de Inovação em Economia Circular

Mobilize stakeholders com argumentos adequados

Stakeholders

Empresas do Parque Industrial

Agências de fomento

Startups

Sistema S e associações industriais

Universidades e Instituições de Pesquisa

Agências governamentais

Ecosistema de Inovação em Economia Circular

Argumentos

Geração de receita com a venda de coprodutos

Financiamento de iniciativas de inovação

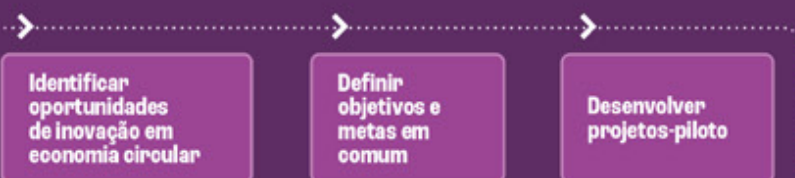
Oportunidade de novos negócios

Soluções para problemas coletivos

Desenvolvimento de coprodutos e patentes

Redução do impacto ambiental e social

As atividades do ecossistema de inovação incluem:



Formar subcomitês temáticos multidisciplinares para planejamento e execução dos projetos-piloto

Para cada subcomitê, escolha um stakeholder como líder

Coordenar fóruns para debates e trocas de experiências entre os stakeholders do subcomitê



A concepção do ecossistema de inovação deve considerar:

Agenda conjunta em economia circular

Veja a rota Plataforma Multistakeholder para Economia Circular

Contratos de transferência de tecnologia

Normas sobre propriedade intelectual

Fontes de financiamento

Incubação de projetos de inovação

Na implementação do ecossistema de inovação, desenvolva:

Canais de comunicação e cultura colaborativa e empreendedora

Veja a rota Atracção Estratégica de Parceiros para Simbiose Industrial

Prospecção de incentivos fiscais e editais de financiamento

Inventário coletivo de resíduos

Veja a rota Sistema de Informação de Resíduos, Coprodutos e Efluentes



Fique atento aos riscos:

Ausência de financiamento

Falha de mercado dos coprodutos

Ausência de licenciamento ambiental

Ineficiência no desenvolvimento de tecnologias

Desmobilização dos stakeholders

Vazamento de dados sigilosos

Melhoria eficiente uso de recursos

Colaboração para criar coprodutos

Aprendizagem para economia circular

Desenvolvimento de tecnologias

Possíveis resultados dos projetos-pilotos:

Projeto viável:

Firme contratos de transferência de tecnologia > Obtenha o licenciamento ambiental > Faça o scale-up > Comercialize os coprodutos > Compartilhe resultados e melhores práticas > Registre a patente

Projeto não-viável:

Investigue os motivos da falha > Desenvolva soluções para o problema e faça novos testes de viabilidade > Reporte os resultados

Avalie o desempenho do ecossistema de inovação considerando:

Quantidade de patentes registradas

Taxa de sucesso de projetos de inovação

Quantidade de startups incubadas

Taxa de retorno sobre o investimento em inovação

Tempo médio de desenvolvimento de tecnologias

Custo por tecnologia desenvolvida

Implemente a melhoria contínua nos projetos de inovação em economia circular

Ecosistema de Inovação em Economia Circular

Um ecossistema de inovação em economia circular é uma rede colaborativa que integra diversos stakeholders para solucionar demandas compartilhadas por meio do desenvolvimento de tecnologias e processos, otimização do uso de recursos e coprodutos, aproveitamento de resíduos que seriam descartados em aterros e promoção da simbiose industrial.

Ao integrar stakeholders, o ecossistema de inovação incentiva a descarbonização ao identificar oportunidades para reduzir emissões de gases do efeito estufa (GEE) em toda a cadeia produtiva, como a possibilidade de substituição de matérias-primas de alto impacto ambiental por alternativas menos emissivas, o aproveitamento energético de resíduos e a implementação de soluções baseadas em energia renovável.

O compartilhamento de conhecimentos estimula práticas que otimizam o consumo de energia e de recursos naturais, contribuindo para a diminuição da pegada de carbono e fortalecendo a convergência entre objetivos econômicos, sociais e ambientais.

A implementação de um ecossistema de inovação em economia circular depende da superação de múltiplas barreiras que marcam a transição da economia linear para a circular. Essa transição exige uma transformação sistêmica, com ações coordenadas entre governos, empresas, consumidores e organizações da sociedade civil.

As barreiras podem assumir diferentes formas e, em muitos casos, estão interligadas, o que exige soluções integradas para enfrentá-las de forma eficaz. As principais barreiras incluem:

- **Falta de conscientização sobre práticas circulares:** consumidores e empresas demonstram pouco conhecimento ou interesse por soluções baseadas em circularidade.
- **Resistência à mudança de modelos de negócio:** muitas empresas hesitam em abandonar práticas lineares consolidadas.
- **Oferta limitada de materiais reciclados com qualidade competitiva:** produtos reciclados nem sempre atendem aos padrões exigidos pelas indústrias.
- **Altos custos iniciais de investimento:** a adoção de tecnologias e processos circulares pode demandar aportes financeiros elevados.
- **Baixa articulação entre elos das cadeias produtivas:** a falta de coordenação limita o reaproveitamento de materiais entre setores. Integração limitada com cooperativas de reciclagem: reduz o alcance e a efetividade das ações de reaproveitamento.
- **Infraestrutura insuficiente para coleta, triagem e processamento:** a falta de equipamentos e instalações adequadas compromete a recuperação de resíduos.
- **Falta de dados sobre fluxos de materiais:** a ausência de informações confiáveis dificulta o planejamento e a tomada de decisões estratégicas.
- **Fragmentação e inconsistência regulatória:** legislações dispersas e desarticuladas dificultam a

implementação de soluções comuns.

- **Ausência de incentivos para colaborações intersetoriais:** faltam políticas que estimulem a cooperação entre diferentes atores.

Apesar desses desafios, a transição pode ser impulsionada por diferentes forças motrizes, que criam oportunidades para ampliar a adoção de práticas circulares e fortalecer a articulação entre os stakeholders. As principais forças motrizes incluem:

- **Maior engajamento de consumidores jovens:** públicos mais sensíveis a questões socioambientais ampliam a demanda por produtos sustentáveis.

- **Políticas educacionais voltadas à circularidade:** programas de formação e sensibilização reforçam comportamentos e práticas alinhadas à economia circular.

- **Exigência de responsabilidade pelo ciclo de vida dos produtos:** obriga fabricantes e distribuidores a considerar o destino dos materiais utilizados.

- **Instrumentos regulatórios que penalizam o descarte em aterros:** taxas específicas ou restrições legais, que incentivam a busca por soluções locais.

- **Colaboração entre stakeholders em projetos sustentáveis:** parcerias intersetoriais favorecem a superação de barreiras e a disseminação de inovações.

- **Avanços tecnológicos aplicados à circularidade:** novas soluções viabilizam o aproveitamento de resíduos e reduzem os custos operacionais.

A consolidação de ecossistemas de inovação dependerá, portanto, da capacidade coletiva de enfrentar essas barreiras e ativar de forma coordenada as forças que impulsionam a transformação.

Como mobilizar stakeholders para promover um Ecossistema de Inovação?

A mobilização de stakeholders é uma etapa importante no desenvolvimento de soluções

ecoficientes. No ecossistema de inovação, as empresas do parque industrial compartilham sua experiência em gestão de resíduos, aproveitamento de coprodutos, conhecimentos sobre os desafios para alcançar a economia circular e oportunidades de avanços em processos e tecnologias.

Por sua vez, startups agregam ao ecossistema uma abordagem inovadora e adaptável, respondendo com agilidade aos desafios específicos da economia circular. Por sua natureza flexível e orientada a experimentações tecnológicas, as startups ampliam o potencial de criação de soluções disruptivas para demandas circulares.

Outro stakeholder a ser mobilizado são as agências governamentais, que desempenham o papel de facilitadores ao contribuir para que as práticas de economia circular se alinhem às diretrizes de políticas públicas e regulamentações ambientais.

A participação de agências de fomento é importante para assegurar o apoio financeiro necessário ao desenvolvimento de projetos de economia circular, uma vez que possibilita o avanço de inovações e facilita o acesso ao financiamento para iniciativas de maior escala.

O Sistema S e as associações industriais podem contribuir de maneira significativa para a capacitação dos participantes, por meio de treinamentos e programas de qualificação, ao ampliar o conhecimento técnico sobre a economia circular.

As universidades e instituições de pesquisa representam a base científica do ecossistema devido a seu capital intelectual e expertise em pesquisa e desenvolvimento. Esses stakeholders podem facilitar o desenvolvimento de tecnologias e metodologias inovadoras ao oferecerem o suporte técnico e científico necessário para validar e aprimorar as práticas circulares.

A mobilização dos stakeholders para participarem do ecossistema de inovação é incentivada por argumentos que demonstram benefícios econômicos, sociais e ambientais atrativos. A geração de receita com a venda de coprodutos demonstra como resíduos e subprodutos podem adquirir valor econômico ao criarem novas fontes de receita e ao reforçarem a reutilização e reciclagem de materiais.

A oportunidade de criar negócios destaca o potencial de crescimento e inovação que a economia circular proporciona, pois em um ambiente colaborativo, os stakeholders podem explorar sinergias e desenvolver produtos e serviços inovadores que ampliem sua presença no mercado.

Outro argumento relevante é a redução do impacto ambiental e social, que não só fortalece a imagem das empresas do parque industrial como também responde a pressões de consumidores e reguladores por práticas empresariais responsáveis.

O financiamento de iniciativas de inovação é um outro atrativo, visto que esse suporte facilita a transformação de ideias em projetos e tecnologias aplicáveis, além de impulsionar o avanço das práticas circulares e o desenvolvimento de soluções colaborativas.

As soluções para problemas coletivos reforçam o valor da cooperação entre os stakeholders e aumentam a capacidade de resolver problemas que, isoladamente, seriam difíceis de superar. O desenvolvimento de coprodutos e patentes também se configura como um argumento adequado para mobilizar os stakeholders, visto que destaca a possibilidade de gerar propriedade intelectual e fortalecer o ecossistema como um centro de inovação.

Como planejar e implementar um Ecossistema de Inovação em Economia Circular?

A estruturação de um ecossistema de inovação

requer a definição de uma agenda conjunta em economia circular, que permite diagnosticar o contexto econômico, social e ambiental, identificar demandas por inovação e avaliar os recursos disponíveis. O planejamento do ecossistema deve incluir a formalização de contratos de transferência de tecnologia, visando ao compartilhamento e uso eficiente do conhecimento gerado.

Além disso, as partes envolvidas precisam estabelecer diretrizes claras para a gestão da propriedade intelectual, assegurando a definição de direitos e deveres relacionados às inovações, o que contribui para a prevenção de disputas futuras.

A fim de garantir o aporte adequado de financiamento, sugere-se a criação de um plano de captação de recursos que contemple diversas fontes, tais como investimentos privados, editais de fomento governamental e incentivos fiscais.

Para tanto, é possível recorrer a consultorias especializadas em financiamentos, que prestam auxílio na prospecção de oportunidades de investimento e no desenvolvimento de propostas bem estruturadas.

Recomenda-se que seja realizada a avaliação dos requisitos necessários para o licenciamento ambiental de novas atividades, processo que pode ser facilitado pela contratação de consultorias ambientais para realizar auditorias e garantir que todas as operações estejam em conformidade com a legislação, reduzindo os riscos de interrupções nas atividades do ecossistema e possibilitando uma transição mais ágil entre o planejamento e a execução dos projetos.

A incubação de projetos de inovação possibilita a oferta de serviços de mentoria e de acompanhamento técnico do protótipo até o produto viável comercialmente.

Na implementação do ecossistema de inovação, canais de comunicação entre os stakeholders

devem ser estabelecidos para garantir que todas as partes estejam informadas sobre as decisões e o andamento dos projetos de simbiose industrial. Utilizar um sistema para compilar informações, acompanhar o progresso das atividades e propor ideias pode ser essencial para garantir canais de comunicação efetivos.

Recomenda-se realizar reuniões periódicas presenciais, remotas ou híbridas entre os stakeholders para discutir avanços e ajustar estratégias.

Fomentar uma cultura colaborativa e empreendedora é indispensável e pode ser realizada por meio de workshops e treinamentos, que incentivam o compartilhamento de experiências entre os stakeholders, e por meio de recompensas (financeiras ou não) às iniciativas que promovam a colaboração e inovação no ecossistema.

Atrair estrategicamente parceiros para o ecossistema de inovação inclui a prospecção ativa de empresas, instituições de pesquisa e outros atores que possam contribuir com recursos ou expertise. Uma proposta de valor é essencial para atrair os parceiros e deve demonstrar os benefícios em participar do ecossistema, tais como o acesso a novas tecnologias e a possibilidade de desenvolvimento conjunto de produtos e serviços.

A prospecção de incentivos fiscais e editais de financiamento pode ser operacionalizada por meio da criação de um núcleo específico dentro do ecossistema, responsável por monitorar as oportunidades de captação de recursos.

Esse núcleo pode contar com profissionais especializados em legislação tributária e em políticas de fomento, que estariam encarregados de identificar, analisar e submeter propostas de financiamento.

Ademais, desenvolver um inventário coletivo de resíduos é uma iniciativa que permite mapear, quantificar e categorizar os tipos de resíduos gerados por diferentes atores do parque

industrial, facilitando a identificação de oportunidades de inovação. Esse mapeamento estimula iniciativas colaborativas de troca de informação e de pesquisa e desenvolvimento, que aceleram a transição para a economia circular.

Os riscos associados ao Ecossistema de Inovação em Economia Circular incluem:

- **Ausência de financiamento:** A falta de recursos financeiros pode inviabilizar o desenvolvimento de projetos, atrasar a execução de iniciativas e comprometer a capacidade do ecossistema de alcançar seus objetivos de inovação e circularidade.
- **Desmobilização dos stakeholders:** A perda de engajamento dos stakeholders pode resultar em uma menor participação em reuniões, decisões e atividades conjuntas, enfraquecendo a cooperação necessária para o funcionamento do ecossistema.
- **Falta de licenciamento ambiental:** A inexistência de autorizações regulatórias para iniciativas pode causar atrasos, restrições legais e até a interrupção de projetos.
- **Ineficiência no desenvolvimento de tecnologias:** Dificuldades em gerar soluções tecnológicas efetivas podem limitar a capacidade de inovação, o que reduz o impacto positivo esperado e atrasa a implementação de práticas de economia circular.
- **Falha de mercado dos coprodutos:** A dificuldade em comercializar os coprodutos gerados pode ocorrer devido à falta de demanda, desinteresse por parte de compradores ou desafios em demonstrar o valor econômico e ambiental desses produtos, comprometendo a sustentabilidade financeira das iniciativas.
- **Vazamento de dados sigilosos:** A exposição de informações estratégicas ou comerciais pode comprometer a confiança entre os stakeholders, impactar a competitividade do ecossistema e gerar litígios ou prejuízos financeiros significativos.

Esses riscos exigem atenção contínua para evitar impactos negativos no funcionamento e nos objetivos do ecossistema de inovação.

Quais as atividades de um Ecossistema de Inovação em Economia Circular?

A identificação de oportunidades por meio da análise contínua de tendências de mercado, tecnologias emergentes e novas práticas é uma das atividades que deve ser incluída em um ecossistema de inovação e pode ser conduzida tanto pelos stakeholders do ecossistema quanto por consultores especializados em inovação e sustentabilidade.

A definição de objetivos e metas em comum é outra atividade essencial para que os stakeholders alinhem suas expectativas e estabeleçam um consenso sobre as direções a serem seguidas, os objetivos a serem mensuráveis para promover um ciclo de melhoria contínua.

O desenvolvimento de projetos-piloto é a próxima atividade, onde os stakeholders podem explorar as oportunidades previamente identificadas e testar soluções em menor escala, verificando sua viabilidade e potencial impacto antes de uma implementação em larga escala.

Outra atividade importante é o acompanhamento dos resultados, que possibilita ajustes nas abordagens e estratégias. Por isso, é importante documentar os êxitos e os desafios dos projetos-piloto para que esses aprendizados possam ser compartilhados entre todos os participantes do ecossistema e replicados em outros contextos, quando apropriado.

Para assegurar o sucesso dos projetos, a formação de subcomitês temáticos multidisciplinares é uma prática recomendada. Os subcomitês devem ter um líder, que será responsável por coordenar as atividades e assegurar a comunicação eficaz entre os membros, e participantes com diferentes expertises, que possam contribuir na implementação dos projetos-piloto.

Fóruns para debates e trocas de experiências entre os stakeholders, tanto em formato presencial quanto virtual, possibilitam a discussão aberta

sobre os desafios enfrentados e as soluções implementadas.

O que fazer diante de resultados de projetos-piloto e como monitorar a eficácia do ecossistema?

Quando um projeto-piloto demonstra viabilidade, o primeiro passo deve ser a formalização de contratos de transferência de tecnologia, pois são importantes para regular as condições de uso e exploração das inovações entre os stakeholders.

A transferência de tecnologia pode ser operacionalizada por meio de licenças de uso da tecnologia ou joint ventures, dependendo da estratégia de crescimento do ecossistema e do nível de colaboração entre os atores. A elaboração desses contratos pode envolver cláusulas sobre royalties, exclusividade de uso e compartilhamento de receitas financeiras, promovendo uma relação clara e justa entre as partes.

Em seguida, é importante obter o licenciamento ambiental para garantir que as operações decorrentes das inovações estejam em conformidade com a legislação. Após obter as licenças ambientais necessárias, recomenda-se realizar o processo de scale-up do produto ou serviço de modo a maximizar a sua inserção no mercado.

A comercialização dos coprodutos derivados das inovações necessita de uma estratégia de marketing e de logística que pode contemplar o mercado nacional e/ou internacional. Compartilhar os resultados alcançados e as melhores práticas adotadas durante o processo fortalece o ecossistema, promove a inovação contínua e incentiva novos projetos.

Como última etapa, é importante registrar as patentes relacionadas às inovações geradas no ecossistema, visto que esse registro oferece proteção jurídica às tecnologias desenvolvidas,

assegurando que as inovações possam ser devidamente exploradas no mercado sem riscos de apropriação indevida por terceiros.

Por outro lado, caso o projeto-piloto não demonstre viabilidade, a recomendação é investigar os motivos que levaram à falha por meio de ferramentas da qualidade e revisões econômicas e ambientais para identificar os pontos que impediram o sucesso do projeto.

Se houver oportunidade, é interessante desenvolver soluções para esses problemas e realizar novos testes de viabilidade, permitindo que os projetos corrijam suas falhas e possam obter melhores resultados em projetos futuros. A documentação dos erros e das soluções propostas pode, portanto, ser uma ferramenta valiosa para otimizar o desempenho de inovações subsequentes.

A avaliação contínua do desempenho do ecossistema de inovação mede o impacto do ecossistema de inovação. Um dos indicadores a serem monitorados é a quantidade de patentes registradas, que mostra o nível de inovação gerado no ecossistema. A taxa de sucesso dos projetos de inovação é outro indicador importante, pois demonstra a eficácia das estratégias implementadas.

A quantidade de startups incubadas também deve ser monitorada, uma vez que a criação de novas empresas pode ser um reflexo direto do sucesso em promover uma cultura empreendedora. Além disso, a taxa de retorno sobre o investimento em inovação é essencial para mensurar o valor econômico das iniciativas desenvolvidas.

Outro indicador relevante é o tempo médio de desenvolvimento de tecnologias, que permite avaliar a eficiência dos processos de inovação. O custo por tecnologia desenvolvida também deve ser avaliado, pois influencia diretamente na viabilidade financeira das inovações.

Uma recomendação fundamental para assegurar a continuidade da inovação no ecossistema é o desenvolvimento e a implementação de projetos-piloto de forma contínua.

O desenvolvimento de tais projetos permite a adaptação das inovações às necessidades específicas do mercado e oferece um ambiente controlado para ajustar as tecnologias, reduzindo os riscos envolvidos no scale-up. A execução contínua desses projetos também promove um ciclo de aprendizado e aprimoramento, assegurando que o ecossistema esteja sempre gerando inovações voltadas à economia circular, o que coloca o parque industrial em uma posição competitiva e sustentável em relação aos concorrentes.

Referências

ALKA, T. A.; RAMAN, Raghu; SURESH, M.. Research trends in innovation ecosystem and circular economy. **Discover Sustainability**, [S.L.], v. 5, n. 323, p. 1-28, 2023.

EISENREICH, Anja; FÜLLER, Johann. You Can't Go Circular Alone – A Stakeholder Approach to Circular Innovation. **Circular Economy**, [S.L.], v. 1, n. 1, p. 1-4, 30 jan. 2023. DSRPT GbR. <http://dx.doi.org/10.55845/hkke5160>.

JESUS, Gessica Mina Kim; JUGEND, Daniel. How can open innovation contribute to circular economy adoption? Insights from a literature review. **European Journal Of Innovation Management**, [S.L.], v. 26, n. 1, p. 65-98, 28 jun. 2021. Emerald. <http://dx.doi.org/10.1108/ejim-01-2021-0022>.

HANSEN, Erik G.; SCHMITT, Julia C.. Orchestrating cradle-to-cradle innovation across the value chain: overcoming barriers through innovation communities, collaboration mechanisms, and intermediation. **Journal Of Industrial Ecology**, [S.L.], v. 25, n. 3, p. 627-647, 10 nov. 2020. Wiley. <http://dx.doi.org/10.1111/jiec.13081>.

LISI, Silvia; MIGNACCA, Benito; GRIMALDI, Michele; GRECO, Marco. Unpacking the Relationship Between Circular Economy and Interorganizational Collaboration: an exploratory study and an analytical framework. **IEEE Transactions On Engineering Management**, [S.L.], v. 71, n. 1, p. 14083-14097, mar. 2024.

WIELOPOLSKI, Mateusz; BULTHUIS, Willem. The Better Building Initiative — a Collaborative Ecosystem Involving All Stakeholders as Catalyst to Accelerate the Adoption of Circular Economy Innovations in the Construction Sector. **Circular Economy And Sustainability**, [S.L.], v. 3, n. 2, p. 719-733, 13 set. 2022. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1007/s43615-022-00205-6>.

Reflexões sobre a Sustentabilidade

*No princípio havia o desejo, a primeira semente da mente.
Os sábios, meditando em silêncio, descobriram em sua sabedoria
a ligação entre o existente e o não existente.*

Hino da Criação, Rig Veda

A relação entre o crescimento econômico e os sistemas naturais sempre foi marcada por um paradoxo: a expansão das atividades humanas impulsiona o desenvolvimento, mas também impõe pressões cada vez maiores sobre os recursos do planeta. O modelo econômico predominante baseia-se na exploração contínua de recursos naturais e na geração de resíduos, sem levar em consideração a capacidade de recuperação dos ecossistemas. Como resultado, o equilíbrio que sustenta a civilização desde o fim do último período da era glacial está sendo rapidamente alterado.

A intensificação dessas pressões gerou a necessidade de delimitar os riscos associados ao avanço humano sobre os sistemas naturais. O conceito de limites planetários foi desenvolvido para definir fronteiras ambientais que devem ser respeitadas para preservar a estabilidade ecológica e climática.

Os limites planetários estabelecem um espaço seguro para a humanidade operar sem prejudicar a regeneração dos sistemas naturais. Os nove limites identificados são:

- **Mudanças Climáticas:** As mudanças climáticas são impulsionadas pelo acúmulo de gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) e óxidos de nitrogênio (NO_x). O aquecimento global resultante altera padrões climáticos, intensifica eventos extremos e ameaça a estabilidade de ecossistemas e sociedades. Segundo o IPCC, a temperatura média global já aumentou mais de 1,1°C desde os níveis pré-industriais, e há alta probabilidade de ultrapassar 1,5°C nas próximas décadas se as emissões não forem drasticamente reduzidas.

- **Perda de Biodiversidade:** A taxa de extinção de espécies está acima do nível

natural, tornando a atual crise de biodiversidade comparável a eventos de extinção em massa do passado. A destruição de habitats, a poluição e as mudanças climáticas aceleram esse processo, reduzindo a resiliência dos ecossistemas e ameaçando serviços essenciais, como polinização, filtragem de água e controle de pragas.

- **Ciclos do Nitrogênio e do Fósforo:** O uso excessivo de fertilizantes na agricultura tem alterado profundamente os ciclos naturais do nitrogênio e do fósforo. O nitrogênio e o fósforo sintetizados para aumentar a produtividade agrícola escapam para o ambiente e contaminam rios e oceanos. Essa contaminação favorece a proliferação de algas, implicando no desequilíbrio de ecossistemas aquáticos.

- **Acidificação dos Oceanos:** A absorção de CO₂ pelos oceanos provoca alteração no pH da água marinha, que afeta organismos marinhos mais sensíveis, como corais e moluscos. Esse impacto ameaça cadeias alimentares e pode comprometer a pesca comercial e artesanal, duas das principais fontes de proteína para milhões de pessoas no mundo.

- **Consumo de água doce:** O consumo de água doce ultrapassa a capacidade de reposição natural em diversas regiões do mundo. O uso excessivo para irrigação, abastecimento urbano e processos industriais compromete a disponibilidade hídrica e acelera a desertificação.

- **Mudança no Uso da Terra:** A conversão de áreas naturais para fins agrícolas e urbanos compromete a regulação climática e a biodiversidade. O desmatamento em larga escala, especialmente na Amazônia e em florestas tropicais, compromete o ciclo do carbono e reduz a resiliência dos ecossistemas.

- **Carga de Aerossóis na Atmosfera:** As partículas em suspensão na atmosfera, como fuligem e sulfatos, influenciam o clima ao alterar padrões de precipitação e refletir ou absorver

radiação solar. A poluição do ar gerada por combustíveis fósseis está associada a impactos na saúde humana, agravando doenças respiratórias e cardiovasculares.

- **Poluição Química:** O despejo de substâncias tóxicas no meio ambiente, como metais pesados e compostos sintéticos, representa uma ameaça direta à biodiversidade e à saúde humana. Muitos desses poluentes acumulam-se nos tecidos de organismos vivos, causando impactos ao longo da cadeia alimentar. Por exemplo, microplásticos foram encontrados em amostras de sangue, em cérebros e em outros órgãos de seres humanos.

- **Diminuição da Camada de Ozônio:** A redução da camada de ozônio foi um dos primeiros grandes desafios ambientais enfrentados pela humanidade. A liberação de clorofluorcarbonetos (CFCs) provocou a formação de buracos na camada de ozônio, aumentando os riscos de câncer de pele a seres humanos e danos à fotossíntese. Diferente de outros limites planetários, a degradação foi revertida com o Protocolo de Montreal (1987), eliminando os CFCs e promovendo uma recuperação gradual da camada de ozônio.

A pressão sobre os sistemas naturais já ultrapassou três limites planetários: mudanças climáticas, perda de biodiversidade e alterações nos ciclos de nitrogênio e fósforo. Esses impactos evidenciam que o crescimento econômico baseado na exploração contínua dos recursos naturais impõe riscos estruturais ao equilíbrio ecológico.

A superação desses limites não apenas ameaça a estabilidade climática e a biodiversidade, mas também compromete serviços ecossistêmicos fundamentais, como a regulação do ciclo da água e a fertilidade dos solos.

Se o crescimento sempre foi visto como um sinal de progresso, até que ponto ele pode continuar sem colapsar as condições que o sustentam?

Os Limites do Crescimento e as Restrições Ambientais

Desde a década de 1970, projeções de cenários alertam que a exploração contínua dos recursos naturais e a superação da capacidade de absorção de materiais do planeta podem resultar em desequilíbrios ambientais severos. A intensificação da degradação ambiental e as mudanças climáticas não são mais apenas previsões teóricas, mas fenômenos documentados e mensuráveis.

Os primeiros alertas sobre os limites do crescimento surgiram com modelos de simulação que projetavam diferentes cenários para o século XXI. Esses estudos indicaram que, sem mudanças estruturais nas políticas econômicas e ambientais, o esgotamento dos recursos naturais e a degradação ambiental restringiriam o crescimento global e, em situações mais extremas, poderiam levar ao colapso de sociedades. Devido à continuidade desse modelo de crescimento e a pressão crescente sobre os sistemas ecológicos, seria necessário o desvio de investimentos para mitigar crises ambientais, até o ponto em que a alocação de capital necessária inviabilizaria a manutenção do crescimento econômico.

A partir da década de 1990, análises mais detalhadas começaram a indicar que a humanidade havia ultrapassado a capacidade de regeneração da Terra. A noção de overshoot — quando a demanda por recursos naturais excede a capacidade de regeneração dos ecossistemas — tornou-se central no debate sobre sustentabilidade. Evidências demonstram que o consumo global ultrapassou essa linha de equilíbrio ainda na década de 1980 e continua avançando.

O Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC – sigla em inglês) reforça essa perspectiva ao demonstrar que as emissões acumuladas de gases de efeito estufa e a degradação dos ecossistemas intensificam a

instabilidade climática e ampliam os riscos socioeconômicos associados.

Os impactos desse overshoot não são homogêneos. Enquanto algumas regiões ainda apresentam crescimento econômico sustentado, outras enfrentam sinais claros de declínio. Entre 1990 e 2001, 54 países, onde residem 12% da população mundial, registraram quedas no Produto Interno Bruto per capita por mais de uma década.

O acesso à água doce tornou-se um fator crítico, com disputas crescentes pelo recurso em diversas partes do mundo. O esgotamento de aquíferos e a redução das chuvas em regiões agrícolas essenciais comprometem a produção de alimentos. Da mesma forma, os estoques pesqueiros mundiais atingiram um ponto de exaustão, afetando a segurança alimentar de milhões de pessoas.

A crise climática é um dos principais fatores que reforçam os limites do crescimento. Segundo o IPCC, a temperatura global aumentou mais de 1,1°C desde a era pré-industrial, e os compromissos atuais de mitigação não são suficientes para evitar um aquecimento acima de 2°C até o fim do século. Esse aumento intensifica eventos extremos, eleva os custos associados a desastres naturais e reduz a produtividade agrícola.

Em um mundo onde os impactos ambientais demandam investimentos cada vez maiores para mitigação e adaptação, os custos de manutenção do crescimento tradicional aumentam exponencialmente, comprometendo sua viabilidade no longo prazo.

A relação entre os limites do crescimento e os limites planetários evidencia a tensão entre a busca pelo desenvolvimento econômico e a capacidade de resiliência dos sistemas naturais. Enquanto o crescimento econômico busca expandir a produção e o consumo, os limites

planetários impõem restrições ao uso irrestrito de recursos e à degradação ambiental.

A transgressão desses limites demonstra que o modelo atual não apenas enfrenta restrições físicas, mas também desencadeia impactos irreversíveis no equilíbrio climático e ecológico. Se a trajetória atual for mantida, os custos de adaptação às mudanças ambientais podem se tornar insustentáveis, levando a uma transição desordenada e desigual para um modelo econômico menos intensivo em recursos.

Por outro lado, a adoção de medidas proativas pode transformar os desafios ambientais em oportunidades para inovação e reestruturação produtiva.

O aquecimento global é uma realidade em constante intensificação. A frequência e a gravidade dos eventos climáticos extremos aumentam os custos econômicos e sociais, reforçando a urgência de uma transição para modelos de desenvolvimento que respeitem os limites ecológicos.

Diante desse cenário, a questão não é apenas como enfrentar os desafios impostos pelas mudanças climáticas, mas se ainda há tempo para evitar um ponto de ruptura irreversível.

Até que ponto é possível reformular os sistemas produtivos sem comprometer a estabilidade climática que garante a própria viabilidade da economia e da sociedade?

Transição dos modelos de produção e consumo

A adoção de modelos produtivos compatíveis com os limites planetários exige decisões coordenadas que integrem mitigação, adaptação e desenvolvimento sustentável. O IPCC destaca que estratégias bem planejadas podem reduzir perdas e danos projetados para sociedades e ecossistemas. Entre essas estratégias estão a substituição progressiva de combustíveis fósseis

por fontes de energia de baixo carbono, a ampliação da eletrificação em setores produtivos e de transporte, a adoção de práticas agrícolas que minimizem emissões e a promoção da economia circular, que reduz desperdícios e reintegra materiais na cadeia produtiva.

O financiamento climático tem um papel central na viabilização dessa transição. O IPCC ressalta que os fluxos financeiros destinados à mitigação e adaptação permanecem abaixo do necessário para atender aos compromissos globais. O redirecionamento de investimentos para infraestrutura resiliente e tecnologias limpas pode acelerar a descarbonização e reduzir os custos futuros de adaptação. Além disso, ampliar o acesso ao financiamento para países e setores mais vulneráveis ajuda a equilibrar os impactos econômicos e evita que desigualdades estruturais dificultem a implementação de medidas sustentáveis.

A inovação tecnológica e a restauração de ecossistemas também são estratégias viáveis para compensar emissões residuais e contribuir para a estabilidade climática no longo prazo. Tecnologias de captura e armazenamento de carbono podem auxiliar na remoção de gases de efeito estufa, enquanto, a preservação de florestas e áreas naturais reforça a resiliência dos ecossistemas.

A governança climática desempenha um papel decisivo para garantir que essas transformações sejam implementadas de forma coordenada e eficaz. Segundo o IPCC, políticas bem estruturadas que combinem regulamentação, incentivos econômicos e planejamento urbano sustentável podem acelerar a adoção de práticas alinhadas com a estabilidade climática.

A articulação entre diferentes níveis de governança e o fortalecimento de capacidades institucionais são fatores determinantes para o sucesso das ações climáticas.

O tempo disponível para evitar impactos irreversíveis está se reduzindo. As decisões tomadas nesta década influenciarão as condições ambientais, econômicas e sociais no longo prazo. O IPCC alerta que atrasos na implementação de estratégias de mitigação aumentam os custos da transição e reduzem a eficácia das medidas futuras.

No entanto, garantir um modelo econômico e produtivo alinhado à estabilidade climática não depende apenas de políticas públicas e avanços tecnológicos.

Se o futuro é construído a partir das escolhas feitas no presente, qual é o papel de cada um nessa transformação?

Chamada para Ação Coletiva

A construção de um futuro sustentável não depende apenas de políticas públicas, inovações tecnológicas ou compromissos empresariais.

Cada indivíduo desempenha um papel central nessa transformação, influenciando mudanças por meio de suas escolhas diárias, da forma como exerce sua profissão e da maneira como interage em seus círculos sociais.

Profissionais podem reavaliar práticas e processos em suas áreas de atuação, propondo soluções alinhadas à economia circular e à descarbonização. Como consumidores, a priorização de produtos sustentáveis e a redução do desperdício contribuem para a reestruturação das cadeias produtivas.

No ambiente familiar, a disseminação de novos hábitos e valores fortalece a consciência coletiva sobre os impactos ambientais. Em grupos religiosos, culturais ou comunitários, o engajamento em ações voltadas à regeneração ambiental pode ampliar o alcance das soluções e inspirar mudanças em larga escala.

A transformação necessária exige mais do que esforços isolados. Mudanças sistêmicas acontecem quando indivíduos, empresas, instituições e governos convergem para um mesmo objetivo. Iniciativas colaborativas entre diferentes setores podem acelerar a transição para modelos produtivos mais eficientes e resilientes. Empresas que adotam a economia circular impulsionam novos padrões de mercado e incentivam a inovação. Governos devem estruturar políticas integradas que viabilizem o desenvolvimento de infraestrutura sustentável e promovam o acesso a tecnologias limpas. Redes de cooperação entre organizações, comunidades e cidadãos ampliam a capacidade de ação. A colaboração é um princípio fundamental para o desenvolvimento de práticas produtivas circulares.

O avanço da agenda da transição da economia linear para a economia circular requer a ampliação da capacidade de inovar e enfrentar desafios, transformando conhecimento em ação. Quando soluções são compartilhadas e aplicadas em múltiplos contextos, a economia circular se torna um movimento amplo, conectando empresas, governos, comunidades e indivíduos.

Desejamos que as rotas para economia circular propostas neste livro não se encerrem em suas páginas, mas sirvam como um convite à ação, ao questionamento e à experimentação!

Referências

Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change 2023:** summary for policymakers. Geneva: IPCC, 2023.

MEADOWS, Donella; RANDERS, Jorgen; MEADOWS, Dennis. **Limits to Growth:** the 30-year update. London: Earthscan, 2004. 363 p.

ROCKSTRÖM, Johan. Planetary Boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology And Society**, [S.L.], v. 14, n. 2, p. 1-31, fev. 2009.

WILLCOCK, Simon; COOPER, Gregory S.; ADDY, John; DEARING, John A. Earlier collapse of Anthropocene ecosystems driven by multiple faster and noisier drivers. **Nature Sustainability**, [S.L.], v. 6, n. 11, p. 1331-1342, 22 jun. 2023. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41893-023-01157-x>.

Projeto de Pesquisa

Políticas públicas e respostas corporativas para promoção do desenvolvimento econômico sustentável no HUB do hidrogênio verde com ênfase na Economia Circular (#409549/2022-3)

Coordenação

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu | UFC

Colaboradores

Caroline Rodrigues Vaz | UFSC

Flávia Consoni | UNICAMP

Flávia Mendes de Almeida Collaço | USP São Carlos

Edmilson Moutinho dos Santos | USP

Hugo Marco Consciência Silvestre | UNILAB

Marcos Silveira Buckeridge | USP

Mauricio Uriona Maldonado | UFSC

Equipe do Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade (LECoS)

Aryanne Vitória Martins de Souza

David Carneiro de Souza

Emilly Oliveira Nascimento

Felipe Moura Oliveira

Leonardo Araújo de Sousa

Luís Matheus Tavares Silva

Thiago Balduino Caldeira

Thiago Costa Holanda

Financiamento

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)

Realização

Universidade Federal do Ceará (UFC)

Faculdade de Economia, Administração, Atuária e Contabilidade (FEAAC)

Programa de Pós-Graduação em Administração e Controladoria (PPAC)

Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade (LECoS)

Apoio

Associação das Empresas do Complexo Industrial e Portuário do Pecém (AECIPP)

Federação das Indústrias do Estado do Ceará (FIEC)

Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI/CE)

Sobre os autores



Da esquerda para a direita: Luís Matheus, Thiago Balduino, Mônica Abreu e Leonardo Araújo.

Mônica Cavalcanti Sá de Abreu é professora titular da FEAAC/UFC. Possui graduação em Engenharia Química pela UFC, mestrado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos pela UFRJ e doutorado em Engenharia de Produção pela UFSC.

Luís Matheus Tavares Silva é pesquisador de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial do LECoS/UFC. Possui graduação em Administração e mestrado em Administração e Controladoria, ambos pela UFC.

Leonardo Araújo de Sousa é consultor legislativo na Assembleia Legislativa do Estado do Ceará. Possui graduação em Engenharia Ambiental e é mestrando em Administração e Controladoria, ambos pela UFC.

Thiago Balduino Caldeira é designer e consultor de marketing. Possui graduação em Administração pela UNIFOR, especialização em Comunicação e Marketing Digital pela ESPM e mestrado em Ciências das Religiões pela Faculdade Unida de Vitória.



Laboratório de Estudos em Competitividade e Sustentabilidade

Universidade Federal do Ceará
Laboratório de Estudos em Competitividade
e Sustentabilidade - LECoS
Av. da Universidade, 2470 – Benfica
Fortaleza – Ceará, Brasil
CEP 60.020-180 | lecos@ufc.br

Conheça mais o nosso trabalho

-  www.lecos.ufc.br
-  linkedin.com/company/lecos-ufc
-  [@lecosufc](https://www.instagram.com/@lecosufc)
-  [youtube.com/@lecosufc](https://www.youtube.com/@lecosufc)



No contexto das mudanças climáticas e da escassez de recursos, governos, empresas e sociedade encontram-se em uma posição decisiva. As escolhas que fazemos hoje podem determinar se conseguiremos alcançar um futuro sustentável ou se continuaremos a enfrentar problemas cada vez mais perversos. Ideias ousadas e abordagens menos convencionais capazes de provocar uma ampla ação coletiva das lideranças são algumas das premissas norteadoras para tentar lidar com os grandes desafios da humanidade. É necessário, então, traçar rotas de economia circular que nos levem a espaços colaborativos de mudança. Este livro endereça soluções a problemas ambientais que podem nos levar a um ponto crítico a partir do qual os danos são irreversíveis.

Realização:

Financiamento:

Apoio:



UNIVERSIDADE
FEDERAL DO CEARÁ



Laboratório de Estudos em
Competitividade e Sustentabilidade



Sistema
FIEC
SESI | SENAI | IEL