

Transformando a cadeia de suprimentos de linear para circular: estudo de caso no setor energético

GABRIEL SANTOS DO PRADO

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FEA

ALVAIR SILVEIRA TORRES JUNIOR

FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO - FEA

TRANSFORMANDO A CADEIA DE SUPRIMENTOS DE LINEAR PARA CIRCULAR: estudo de caso no setor energético

1 INTRODUÇÃO

O consenso científico tem apontado para a carência de sustentabilidade sócio-ambiental no hegemônico modelo linear de produção e consumo. Conforme Bassi e Lopes (2017, p. 113), a “extração de recursos naturais sem responsabilidade ambiental” esgota esses mesmos recursos e resulta em impactos ambientais além da sua falta, como mudanças climáticas e poluição do meio ambiente. Esses fatores impactam negativamente um ecossistema social, desde a natureza, as pessoas e até os negócios (MECHIÇO, 2020).

Na visão da EMF — Ellen MacArthur Foundation (2013), esse modelo linear de produção e consumo é baseado em um processo de retirar-produzir-descartar, o que resulta nos impactos negativos citados. Contudo, “o consumo é importante para o suprimento das necessidades naturais e sociais” (BASSI e LOPES, 2017, p. 109), implicando em demanda que gera oferta, e vice-versa, em que a disponibilização de novos bens e serviços estimula a procura.

Como alternativa a esse paradigma e objetivando equilibrar os níveis econômicos, sociais e ambientais, a economia circular é uma proposta de mudança do modelo de negócios e da cadeia de suprimentos das empresas para um desenvolvimento econômico sustentável (EMF, 2013). Esse conceito se configura com os princípios de “manter produtos e materiais em uso, regenerar sistemas naturais e eliminar resíduos e poluição” (EMF, 2019, p. 19).

Entretanto, a transição do predominante sistema linear para o circular possui desafios percebidos pelas empresas, a exemplo de incertezas na validação do modelo de negócio circular (LINDER e WILLIANDER, 2017). Adicionalmente, fatores necessários de ação configuram esse processo de transição de linear para circular, a exemplo de influência do setor público (PARINI, 2021) e ganhos econômicos (EMF, 2013; PARINI, 2021).

Nesse cenário, este artigo objetiva extrair possíveis lições de transformação da cadeia de suprimentos de linear para circular, baseando-se em estudo de caso da Raízen, empresa relevante do setor brasileiro de energia e combustíveis (RAÍZEN, 2021), possuindo o 4º maior faturamento líquido dentre empresas brasileiras em 2021 (ALVARENGA, 2022). Dessa forma, espera-se i) compreender os fatores que mais contribuíram para essa transição; ii) comparar os resultados do estudo do caso com modelos e *frameworks* encontrados na pesquisa literária e iii) contribuir para os estudos gerais de economia circular, destacando sua importância para a necessária sustentabilidade empresarial, ambiental, social e econômica.

Visando contemplar os objetivos estabelecidos, este trabalho é disposto em seis seções: i) esta Introdução, com apresentação do contexto e objetivos do artigo; ii) Fundamentação Teórica de temas associados à economia linear e circular; iii) Procedimentos Metodológicos, no qual se justifica e apresenta o método de estudo de caso para execução da pesquisa; iv) Resultados e Discussão, em que as evidências e dados coletados são apresentados e discutidos; v) Conclusões, em que se responde a questão da pesquisa, reconhece eventuais limitações e sugere novos estudos e vi) Referências Bibliográficas, a efeito de creditar autores e obras que contribuíram para este trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Economia linear

Por mais de 200 anos, a produção e o consumo industrial se apoiaram majoritariamente em um modelo linear, baseado no processo retirar-produzir-descartar (EMF, 2013). A prioridade dada ao consumo, no lugar do uso eficiente e sustentável dos recursos, resultou em impactos ambientais relacionados a esses três processos, desde 1) extração dos recursos — que

intensifica o desmatamento e a perda de ecossistemas, por exemplo —, passando por 2) produção — poluição do ar — e 3) descarte — poluição dos oceanos. Vale ressaltar que todas essas etapas, resultados da ação humana no meio ambiente, geram o aumento de emissão de CO₂ na atmosfera, o que por sua vez se sucede ao impulsionamento das mudanças climáticas na Terra (MCGRATH, 2021). Dados da Circle Economy, grupo apoiado pela ONU (Organização das Nações Unidas), estimam que 62% dos gases de efeito estufa (GEE) são emitidos em processos de retirada de matéria-prima e produção de bens, enquanto 38% se originam da entrega e uso desses produtos e serviços (UNFCCC, 2019).

Isso é coerente com a visão da EMF (2019), ao explicar que o modelo linear depende de combustíveis fósseis que impulsionam as mudanças climáticas a partir da emissão de GEE e alta extração de recursos. Por exemplo, dados de 2010 indicam que 54% das emissões globais desses gases são de origem energética (EMF, 2019). Conforme a fundação, uma transição energética contribui para a mitigação desses impactos, ao considerar que a “energia renovável e a eficiência energética são fundamentais e podem reduzir em mais de 90% as emissões de CO₂ relacionadas à energia até 2050” (2019, p. 15).

Esses dados evidenciam como esse modelo afeta não só o meio ambiente, mas também as empresas e os consumidores. Ao provocar resíduos e desperdícios em todos os elos da cadeia de produção, a economia linear se limita ao gerar impactos negativos ambientais e ao não explorar eficientemente recursos escassos. Nesse contexto, a partir dos anos 1970 o conceito de sustentabilidade começou a ser propagado como uma prática social para contornar os evidentes impactos negativos da economia linear.

2.2 Sustentabilidade e economia circular

Conferências internacionais contribuíram para promoção da preocupação ambiental a nível global, debatendo temas de sustentabilidade e definindo ações para minimizar danos ambientais (PIGA e MANSANO, 2015). Em 1987, a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (CMED), criada pela ONU, divulgou o relatório “Nosso Futuro Comum”, no qual desenhou o conceito de desenvolvimento sustentável, como “aquele que atende às necessidades do presente sem comprometer a possibilidade de as gerações futuras atenderem a suas próprias necessidades” (CMED, 1991, p. 46). Adicionalmente, em meados dos anos 1990, o termo *triple bottom line* foi adotado como guia para a entrega de valor econômico, social e ambiental pelas empresas (BENITES e POLO, 2013).

Observa-se que sustentabilidade se preocupa com o meio ambiente, porém de forma relacionada ao núcleo operacional e estratégico das empresas. Não é algo que deve ser praticado fora do modelo de negócio, pois “para que as organizações possam contribuir para a sustentabilidade devem modificar seus processos produtivos” (DE ARAÚJO et al., 2006, p. 78), contemplando a sequência linear de retirar-produzir-descartar. Nesse cenário, a economia circular se posiciona como uma opção viável para o desenvolvimento sustentável e alinhada aos níveis ambientais, sociais e econômicos do *triple bottom line* (TIOSSI e SIMON, 2021).

Componentes biológicos são circulares por natureza. Alimentos e materiais orgânicos nascem e retornam ao meio ambiente por meio de compostagem e digestão aeróbica, servindo como insumo para, por exemplo, o solo, no qual germinam novos seres vivos. Este “ciclo biológico”, conforme conceitualizado pela EMF (2019), é base para a ideia de circularidade dos recursos, os quais conseguem ser aproveitados durante e ao final de suas vidas, ao retornarem para o começo de um novo ciclo.

Nesse contexto, a economia circular se configura com os princípios de “manter produtos e materiais em uso, regenerar sistemas naturais e eliminar resíduos e poluição” (EMF, 2019, p. 19). Na visão de Abdalla e Sampaio (2018), resíduos do ciclo biológico são nutritivos, com retorno regenerativo à biosfera. A mesma ideia consegue ser aplicada para produtos industriais provenientes de ação humana, no chamado “ciclo técnico”, em que componentes e materiais de

bens de consumo não orgânicos são, por exemplo, recuperados, reutilizados e colocados novamente para consumo como alternativa ao descarte (EMF, 2019).

De acordo com Clark et al. (2016), “uma economia circular aumenta o valor de um recurso material maximizando sua conversão em produtos (alto valor), e ao fazer isso, elimina o desperdício (baixo valor)” (2016, p. 3915, tradução nossa¹). Isso resulta em economias para as empresas, com a diminuição de custos com materiais, como no caso de telefones celulares, em que a remanufatura pode reduzir esses gastos em até 50% (EMF, 2013). Considerando a preocupação das empresas em mitigar custos, Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) explicam que nesse cenário “a responsabilidade ambiental e os aspectos convencionais da administração da produção coincidem”.

Apesar desses benefícios, a economia circular possui desafios e hesitações para a sua implementação. Dados da Circle Economy calculam que apenas 9% da economia global é circular (UNFCCC, 2019). Como exemplo, isso pode se originar, consoante estudo de Linder e Williander (2017), de incertezas na validação de mercado de um modelo de negócio circular, devido à necessidade de um alto volume de vendas e retorno do produto para reparo e/ou remanufatura, o que resulta em um período extenso de testes.

A partir dos benefícios apresentados, percebe-se que a economia circular propõe relação harmônica e benéfica entre economia, ambiente e sociedade, em que mudanças radicais nos modelos de negócio são necessárias para alcance de níveis além da coexistência entre esses três fatores, pois eles são fortemente entrelaçados entre si. Em suma, conforme conceitualizado pela EMF (2019, p. 19), “a economia circular é uma abordagem sistêmica para o desenvolvimento econômico projetado para beneficiar os negócios, a sociedade e o meio ambiente”, podendo apoiar-se na transição energética via fontes renováveis e fortalecendo a utilização de insumos renováveis.

2.3 Transformação da cadeia de suprimentos de linear para circular

Ballou (2004) entende a cadeia de suprimentos na qualidade de atividades funcionais e repetitivas em etapas de fornecimento, distribuição, produção e comercialização, “pelo qual matérias-primas vão sendo convertidas em produtos acabados, aos quais se agrega valor ao consumidor” (2004, p. 29). Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) complementam ao defender que a produção de valor ao cliente final, na forma de produtos e serviços, se origina da gestão de relacionamentos e fluxos entre processos e operações, conceito conhecido como SCM — *supply chain management*.

No contexto em que as consequências do modelo linear são evidentes a partir dos impactos negativos ao meio ambiente, começou-se a pensar como as cadeias de suprimentos poderiam se aprimorar sustentavelmente e contribuir à transformação da organização. Essa preocupação ambiental incorporada à gestão da cadeia de suprimentos foi conceitualizada como GSCM — *green supply chain management* (TSENG et al., 2019).

Para um modelo efetivo de economia circular inserida no desenvolvimento de uma *green supply chain*, existem quatro elementos e ajustes necessários para a construção de uma transição da lógica linear para circular, conforme a EMF (2013):

i) *design circular*, em que os produtos e o sistema que compõem a cadeia de suprimentos são desenhados e ajustados aos princípios da economia circular, de maneira a “facilitar o reuso, a reciclagem e o aproveitamento de produtos em múltiplos ciclos” (EMF, 2017);

ii) *modelos de negócios inovadores*, que alterem a lógica linear predominante via substituição ou criação de novas oportunidades, a exemplo uma mudança de “propriedade” para “uso” do produto, ao mesmo tempo que possua uma proposta de valor atraente aos clientes. Conforme a EMF (2017), modelos financeiramente viáveis vindos tanto de empreendedores quanto de grandes empresas “podem inspirar outros atores, sendo copiados e expandidos”;

iii) competências essenciais ao longo de ciclos reversos, como “logística da cadeia de entrega, separação, armazenamento, gestão de risco, geração de energia” (EMF, 2017), possibilitando o retorno do produto à cadeia de suprimentos ou para sua origem natural;

iv) aumento de performance em ciclos cruzados e intersetoriais, em que o ambiente público e privado colabore para estímulo de conhecimento, transformações e realização de ações facilitadoras que desenvolvam economias circulares. EMF (2017) exemplifica “acesso a financiamento” e “estabelecimento de regras ambientais internacionais adequadas” como condições viabilizadoras da colaboração entre essas partes para efetivas práticas circulares.

Observa-se que esses quatro elementos possibilitam um novo olhar à cadeia de suprimentos, em que as empresas, independentemente do quanto estão integradas verticalmente, devem possibilitar o desenvolvimento e valorizar os produtos e as trocas realizadas em um modelo circular. Em complemento a esses quatro componentes discutidos, Torres Junior e Parini (2020) e Parini (2021) defendem seis fatores para a implementação de práticas circulares:

i) influência do setor público, em que governos incentivam economicamente práticas circulares, a exemplo de “redução de taxas para mão de obra e com produtos proporcionais ao seu grau de circularidade” (TORRES JUNIOR e PARINI, 2020, p. 11);

ii) influência de stakeholders no setor privado, no qual as empresas contribuem para o desenvolvimento de modelos de negócio circulares;

iii) consciência socioambiental, em que a sociedade entende a sua influência em questões sociais e impactos ambientais, como complementares aos objetivos econômicos e análises de investimentos. Conforme Parini (2021, p. 61), esse elemento é essencial para a ampliação de práticas circulares, ao aclamar seus benefícios e reduzir preconceitos baseados no “enraizamento dos costumes lineares”;

iv) tecnologia disponível, sendo aliada à criação e acompanhamento de negócios circulares, os quais não seriam possíveis existirem sem inserção tecnológica, a exemplo de novos desenhos do produto para extensão do ciclo de vida e/ou facilitar seu retorno à cadeia de suprimentos;

v) ganhos econômicos, nos quais a implementação de práticas circulares beneficia economicamente a organização, fornecedores e clientes, a partir da reutilização e aproveitamento de produtos já produzidos e comprados, por exemplo;

vi) mitigação de externalidades negativas, em que ao ser acompanhado pela ação de outros fatores, a exemplo de influência governamental e privada, combate impactos desfavoráveis à sociedade, economia e meio ambiente. Conforme perspectiva de Parini (2021, p. 62), externalidade negativa está relacionada com a geração de custos para outra parte, e complementa de que o impacto decorrente do modelo linear se configura principalmente na “limitação dos recursos naturais e a degradação ou poluição ambiental” (2021, p. 62).

De maneira a acompanhar e mensurar a validação de sucesso e identificação de novas oportunidades de implementação de economia circular, em 2020 foi criada a ferramenta Circulytics, com objetivo de, dentre outros, avaliar o desempenho de práticas circulares em organizações e fornecer comparações com o seu setor de atuação (EMF, 2022). Isso resulta em pontuações de viabilizadores, relacionados ao potencial da companhia em realizar uma transformação circular, e de resultados via ações circulares da empresa em curso (EMF, 2022).

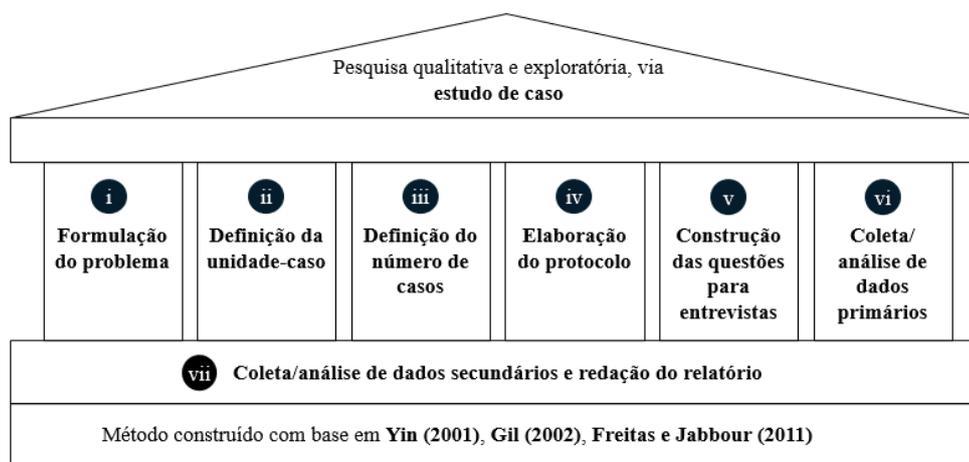
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho segue a metodologia de pesquisa qualitativa, a partir da condução de um estudo de caso com a empresa selecionada, objetivando entender como outras organizações do setor podem transformar sua cadeia de suprimentos, a partir dos aprendizados adquiridos com o estudo. Conforme Gil (2002, p. 138), o estudo de caso é adequado para o alcance desse

objetivo, pois “pode ser importante para fornecer respostas relativas a causas de determinados fenômenos”. Logo, justifica-se o uso desse método neste trabalho na medida em que busca entender fatores, causas e desafios na transição para práticas circulares nos modelos de negócio. Desse modo, a pesquisa é exploratória, ao objetivar o aperfeiçoamento de conceitos e concepção de hipóteses com o estudo profundo do tema (GIL, 2002), em que o “estudo de caso irá construir a teoria” (FREITAS e JABBOUR, 2011, p. 12), ao extrair possíveis lições para outras organizações dos setores.

Com base nas visões de Yin (2001), Gil (2002) e Freitas e Jabbour (2011), as etapas para o processo de estudo de caso se configuraram na sequência de atividades principais conforme a Figura 1:

Figura 1 — Sequência de atividades do método adotado para o estudo de caso



Fonte: elaborado pelos autores.

i) *Formulação do problema* se baseou na questão principal a ser respondida, referente a quais os fatores e desafios relevantes para o processo de transição circular;

ii) *Definição da unidade-caso* se configurou na Raízen, dado i) evidências de práticas circulares pela empresa; ii) sua relevância no setor energético brasileiro; iii) contato com pessoas-chave na organização que viabilizaram a realização do estudo e iv) ausência de estudo profundo sobre sua transição circular na literatura pesquisada². O foco da análise é nos produtos de etanol/etanol de 2ª geração (E2G) e bioeletricidade;

iii) *Definição do número de casos* se apoiou em uma proposta singular e aprofundada via estudo de caso único, apesar da limitação em gerar uma teoria única (GIL, 2002);

iv) *Elaboração do protocolo* incluiu definição das tarefas para coleta adequada dos dados e estruturação dos temas do questionário para as entrevistas. Para garantir veracidade e aprofundamento das informações utilizadas no estudo de caso, foram realizadas duas entrevistas com pessoas-chave da organização, além de estudo de notícias, documentos públicos e relatórios anuais e de sustentabilidade da organização;

Adicionalmente, foram estudadas as informações sobre suas emissões de CO₂e — CO₂ equivalente, o que representa a quantidade emitida de toneladas de CO₂ com o mesmo potencial de aquecimento global que 1 tonelada de outro gás do efeito estufa (EPA, 2022) —, via relatórios de mudança climática da CDP, instituição sem fins lucrativos que divulga informações e apoia a mensuração dos impactos ambientais de empresas, investidores, cidades e governos (CDP, 2022).

Nesse contexto, vale o registro conceitual dos tipos de emissões de GEE: i) escopo 1, relacionado às emissões originadas diretamente dos processos de produção, a exemplo da queima de combustíveis; ii) escopo 2, referente à geração de eletricidade consumida e iii)

escopo 3, que inclui emissões indiretas à produção, como os realizados durante transporte e armazenamento (THOMAS, 2021).

v) *Construção das questões para entrevistas* se apoiou nos fatores de transição circular conforme EMF (2013), Torres Junior e Parini (2020) e Parini (2021), além de pesquisa secundária sobre a Raízen e seu portfólio de energia e combustíveis. Em coerência à boa prática apresentada por Gil (2002) de desenvolver um número limitado de perguntas, vale mencionar que o elemento iv) *aumento de performance em ciclos cruzados e intersetoriais* foi decomposto nos fatores i) *influência do setor público* e ii) *influência de stakeholders no setor privado*, dado a relação dos dois últimos como opções para a construção de ciclos cruzados e intersetoriais;

vi) *Coleta/análise de dados primários* foi realizada via entrevistas com dois especialistas da Raízen, com validações das informações coletadas e análises qualitativas atreladas aos conceitos literários;

vii) *Coleta/análise de dados secundários e redação do relatório*, etapa realizada em paralela com as demais, objetivou compreensão do contexto empresarial e da cadeia de suprimentos dos produtos priorizados, para apoio à coleta e análise de dados primários. Dessa forma, após esse estudo e conhecimento prévio, o questionário para as entrevistas foi desenvolvido com maior viés curioso e crítico.

Objetivando detalhar as justificativas para a escolha da Raízen como organização a ser estudada, vale aprofundar sua relevância no setor energético brasileiro e as evidências públicas de práticas de economia circular em suas operações. Raízen é uma companhia integrada que produz e comercializa etanol, combustíveis, bioenergia e açúcar (RAÍZEN, 2022b). Em 2021, obteve o 4º maior faturamento líquido dentre empresas brasileiras (ALVARENGA, 2022), de 196,2 bilhões de reais (RAÍZEN, 2022b). Dados de 2021 indicam que possuía cerca de 30% de *market-share* em distribuição de combustíveis no Brasil (VALENTI, 2021), sendo a 2ª maior companhia nesse segmento (RAÍZEN, 2022b).

Esses dados evidenciam a relevância da empresa no setor energético e reforçam as justificativas como caso a ser estudado. Conforme a empresa, as principais práticas circulares estão baseadas em gestão de resíduos e otimização de recursos naturais (RAÍZEN, 2022a). Isso é realizado principalmente a partir do aproveitamento dos resíduos da cana-de-açúcar — matéria-prima empregada na geração de açúcar e etanol —, como o bagaço, torta de filtro e vinhaça, alavancados para formação de bioeletricidade, etanol de 2ª geração (E2G), fertilizantes e biogás (RAÍZEN, 2022a).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Contexto empresarial e cadeia de suprimentos

Essa seção contempla a pesquisa via informações e dados secundários, coletados antes das entrevistas, com o objetivo de i) descrever com profundidade a atuação da Raízen; ii) entender o nível de circularidade dos produtos priorizados para análise — etanol/E2G e bioeletricidade — e iii) levantar questões para as entrevistas, via informações não encontradas publicamente e relacionadas aos fatores de transição circular.

Raízen é uma companhia integrada de energia, ao produzir, distribuir e comercializar combustíveis e bioenergia, com operações no Brasil e Argentina (RAÍZEN, 2021). Com capital aberto desde 2021, possui mais de 40 mil funcionários (RAÍZEN, 2022b) e se posiciona com a aspiração de redefinir o futuro da energia e liderar a transição energética, via desenvolvimento e comercialização de fontes limpas e renováveis (RAÍZEN, 2021). Foi fundada em 2011 com base em uma *joint venture* — modelo de colaboração que une organizações para execução de projetos e/ou criação de nova empresa (FIA, 2021) — entre as companhias Shell e Cosan (RAÍZEN, 2022b).

No que se referem às emissões de GEE, entre 2020 e 2021, a empresa reduziu em 1% as emissões relacionadas ao escopo 1, enquanto aumentou em 43% no escopo 2 e 11% no escopo 3, nas operações Brasil e Argentina, conforme evidenciado pelo Gráfico 1 (CDP, 2021; RAÍZEN, 2022c). No Brasil, as emissões de escopo 3, responsáveis por 95% das emissões totais de GEE da Raízen, são provenientes em 74% da queima de combustíveis vendidos pelos postos Shell licenciados pela empresa (gasolina, etanol e diesel), enquanto 25% originam-se da eletricidade consumida nas lojas de conveniência Shell Select (CDP, 2021).

Gráfico 1 — Emissões de GEE por escopo (em tCO₂e) — Brasil e Argentina



1. Não consideram as operações da Raízen na Argentina.

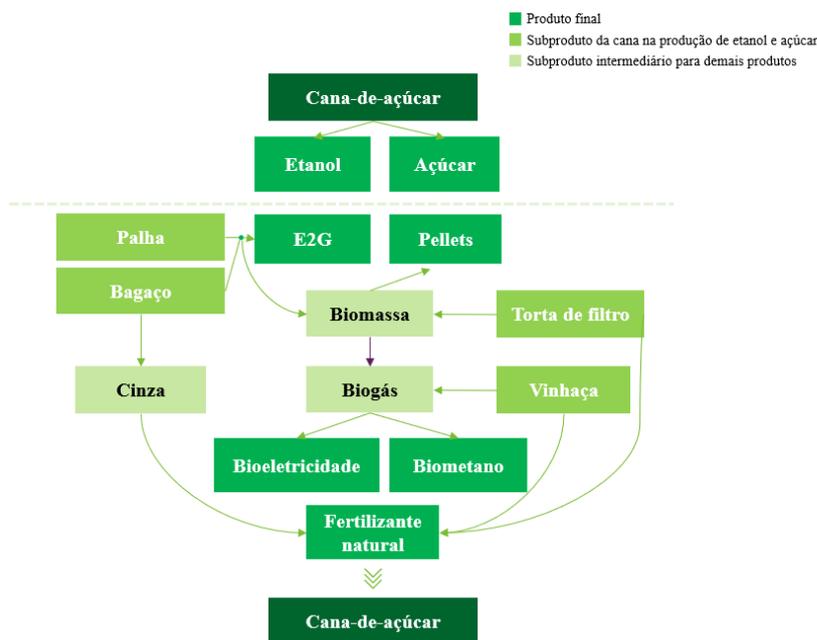
2. Não consideram os ativos adquiridos da ex-Biosiv por estarem em processo de integração aos sistemas da Raízen.

Fonte: adaptado de Raízen (2022c).

Apesar dos aumentos, principalmente nas emissões indiretas decorrentes de energia elétrica (escopo 2), em 2021 a empresa alcançou pontuação “A” na avaliação da CDP, o que traduz um destaque em transparência e ação ambiental (CDP, 2021). Ademais, a companhia interpreta os dados de emissão dos escopos 1 e 2 como baixos, “reflexo da autossuficiência energética de nossos parques de bioenergia, que utilizam os próprios resíduos de biomassa para suprir a demanda interna” (RAÍZEN, 2022c, p. 78).

A cana-de-açúcar é o ponto inicial de todas as cadeias; matéria-prima que aparentemente é 100% aproveitada para diversos produtos que constituem o portfólio energético e de combustíveis da Raízen (Figura 2). Vale adicionar que os fertilizantes originados dos subprodutos da cana podem ser utilizados para a sua própria plantação, de maneira que esses resíduos voltam para a terra e o uso de fertilizantes sintéticos é reduzido (RAÍZEN, 2022a).

Figura 2 — Produtos e subprodutos originados da cana-de-açúcar



Fonte: Adaptado de Raízen (2021; 2022a).

Na visão da empresa, o etanol de 2ª geração (E2G) possui características semelhantes à do etanol, porém com um processo de produção avançado por práticas circulares de aproveitamento dos resíduos (RAÍZEN, 2021, p. 19):

Com olhar questionador, passamos a olhar para a palha e bagaço de cana-de-açúcar, antes resíduos, como matéria-prima para o nosso etanol de segunda geração (E2G), um biocombustível avançado que contém a mesma composição química do etanol comum, mas com reaproveitamento dos resíduos por meio de processos como pré-tratamento e hidrólise, que permitem o acesso aos açúcares ainda contidos nas fibras, ampliando em até 50% nossa capacidade de produção com a mesma área plantada.

Completando a cadeia do etanol, a empresa distribui e comercializa o produto como combustível em postos de abastecimento no Brasil, além de vender como matéria-prima para indústrias farmacêuticas, químicas, de cosméticos e de bebidas (RAÍZEN, 2022b).

O biogás, originado de resíduos da cana como torta de filtro e a própria vinhaça, consegue ser utilizado como gás biometano, equivalente ao natural e ao diesel em veículos pesados — caminhões, ônibus, tratores e carretas, por exemplo — e para geração de bioeletricidade (RAÍZEN, 2021, p. 26):

Primeiro, a torta de filtro passa por biodigestão anaeróbica, transformando a biomassa da torta em gás, o qual entra em um outro processo, o de dessulfurização, sendo posteriormente queimado para, enfim, a geração de energia elétrica. Já a vinhaça, proveniente da destilação do caldo da cana-de-açúcar, alimenta as lagoas de biodigestão. As bactérias presentes no local transformam a matéria orgânica em gás rico em metano, o qual é purificado e queimado para também gerar energia elétrica.

A bioeletricidade produzida pela Raízen não se origina somente do biogás de forma direta. Os subprodutos da cana-de-açúcar, como bagaço, palha, cavaco e casca, constituem a biomassa — resíduos provenientes de matéria orgânica — que é transformada em energia elétrica via processos de combustão e gera menos emissões de GEE quando comparado aos combustíveis fósseis (RAÍZEN, 2021). Dessa forma, podemos sintetizar que a bioeletricidade é proveniente do biogás, originado da biomassa ou da vinhaça, em que ambos são resultados de resíduos da cana-de-açúcar. Avançando na cadeia, a empresa afirma que em 2020, todos os 23 parques de bioenergia são autossuficientes energeticamente e 13 conseguem comercializar o saldo de energia para o Sistema Interligado Nacional (RAÍZEN, 2021).

A Raízen gerencia aproximadamente 1,3 milhão de hectares de território plantado de cana-de-açúcar, em que metade é plantação própria e a outra é de fornecedores (BETHÔNICO, 2021; RAÍZEN, 2022c). Na ótica do vice-presidente Cláudio Oliveira, o rastreamento da cana proveniente de fornecedores é um dos maiores desafios da Raízen, para garantir, por exemplo, colheita e transporte seguros, atividades industriais adequadas e máxima utilização circular nesses processos (BETHÔNICO, 2021). Como solução, a empresa adota a certificação internacional Bonsucro, com 77% das usinas de bioenergia certificadas em relação ao rastreamento da cana e a processos industriais adequados, com meta para se chegar a 100% até 2027 (BETHÔNICO, 2021; RAÍZEN, 2022c).

Apesar das práticas circulares descritas, baseadas em otimização de recursos naturais e gestão de resíduos (RAÍZEN, 2022a), com foco no aproveitamento de subprodutos da cana-de-açúcar, a empresa mapeia seus impactos sociais em termos produtivos e de distribuição, e considera os resíduos da produção como impactos reais da sua operação, além de pulverizações e poeira (RAÍZEN, 2021).

4.2 Evidências coletadas nas entrevistas

Nessa seção são apresentadas as principais informações e dados coletados a partir das entrevistas realizadas com pessoas-chave da Raízen. Além dessa fonte, algumas informações públicas que não foram escritas na seção anterior são acompanhadas de citação via fonte secundária, com o objetivo de auxiliar e detalhar dados e conceitos comunicados pelos entrevistados. Foram entrevistados dois especialistas da Raízen, de Inteligência de Mercado e de Mercado de Carbono, das áreas de Biogás/Biometano e Sustentabilidade, respectivamente. Essas conversas possibilitaram descobertas do histórico, tendências e desafios para expansão dos renováveis, e a Tabela 2 sintetiza essas principais informações coletadas:

Tabela 2 — Síntese das descobertas por tópico de desenvolvimento dos renováveis

Tópico de desenvolvimento dos renováveis	Principais descobertas pelas entrevistas realizadas
Histórico de expansão e de incentivos	<p>Incentivos ao etanol se iniciaram no programa Proálcool nos anos 70, mas sem menções aos ganhos ambientais (DE ANDRADE, DE CARVALHO e DE SOUZA, 2009). Conforme a discussões de sustentabilidade se fortalecem, novos produtos (E2G e biogás, por exemplo) surgem enfatizando seus prós ambientais</p> <p>Na Raízen, E2G obteve subvenção econômica — incentivo público que consiste na aplicação de recursos diretamente às empresas (FINEP, 2022) —, como suporte à sua produção, via programa PAISS que financiou R\$ 207 milhões para construção de unidade de produção do E2G na usina Costa Pinto (LORENZI e DE ANDRADE, 2019)</p>
Tendências que fomentam seu desenvolvimento	<p>Aumento da demanda por produtos sustentáveis, principalmente a externa, promovem motivações internas que alavancam investimento na produção/circularidade dos renováveis — por exemplo, as 5 novas unidades de produção de E2G a serem construídas via acordo com a Shell (FUCUCHIMA, 2022)</p>
Desafios para desenvolvimento e expansão	<p>Investimentos são de longo prazo, e podem não resultar em ganhos imediatos, até que escala comercial seja obtida. Esse ponto, considerado estratégico pela empresa, foi alcançado em 6 anos (LORENZI e DE ANDRADE, 2019)</p> <p>Infraestrutura (gasodutos de distribuição do biogás, por exemplo), tecnologia (motores de caminhão à gás, por exemplo) e externalidades da produção (a exemplo de taxaçoão do E2G no mercado europeu) são desafios para escalabilidade dos produtos renováveis</p>

Fonte: entrevistas realizadas pelos autores.

4.3 Análise por fator de transição circular

Alavancando os dados secundários e as informações coletadas via entrevistas, é possível os analisarmos na ótica dos fatores de transição circular conforme EMF (2013), Torres Junior e Parini (2020) e Parini (2021), dispostos na Tabela 3. Esta tabela sintetiza a análise que se baseia no nível de correspondência desses fatores com o que foi estudado no caso da Raízen, em relação ao quanto foram fundamentais para o processo de transição circular da empresa.

Tabela 3 — Nível de correspondência do caso com os fatores de transição circular

Fator de transição circular	Nível de correspondência	Síntese da importância do fator de transição circular no caso da Raízen
Influência do setor público e privado	Alto	Influência do setor público brasileiro, via subvenção pelo PAISS, permitiu a construção de unidade de produção de E2G, além do compartilhamento tecnológico de empresas privadas para viabilizar sua produção (DE ANDRADE, DE CARVALHO e DE SOUZA, 2009)
Tecnologia disponível	Alto	Licenciamento de técnicas estrangeiras e produção em larga escala possibilitaram expansão do portfólio renovável e sua viabilidade financeira — por exemplo, tecnologia da canadense Iogen Corporation na produção do E2G (DE ANDRADE, DE CARVALHO e DE SOUZA, 2009)
Ganhos econômicos	Alto	Na visão de longo prazo, possibilita expansão dos renováveis e contribui para que a transição energética seja viável financeiramente. Vale destacar sua valorização como alternativas sustentáveis, fortalecendo as vendas
Modelos de negócios inovadores	Médio	Escala comercial e integração vertical da Raízen alavancam a implementação do seu modelo circular (EMF, 2017), resultando em viabilidade financeira, facilidade e planejamento de iniciativas circulares, apesar de sua atuação em modelos de negócios lineares
Design circular	Médio	Aproveitamento de resíduos da cana colaborou para o nível de circularidade dos renováveis, dado a minimização de desperdícios para produtos alternativos aos combustíveis fósseis e com menor emissão de GEE (RAÍZEN, 2022b)
Mitigação de externalidades negativas	Médio	Utilização de resíduos, ao catalisar produtividade e desenvolver produtos, contribui para mitigar externalidades; mas existem impactos paralelos aos renováveis (por exemplo, degradação do solo via uso de agrotóxicos)
Consciência socioambiental	Médio	Exportações valorizam produtos conforme seu grau sustentável, o que se traduz em ganhos econômicos para a Raízen; porém o consumidor final vê o preço como fator de escolha principal ao abastecer seu veículo
Ciclos reversos	Baixo	Na bioeletricidade, não existem resíduos que acompanham ou resultam do consumo do produto final (excluindo-se a energia dissipada durante o seu processo de produção). Nos biocombustíveis, gera-se GEE e apesar de menor emissão em relação aos fósseis, não há ciclo reverso

Fonte: entrevistas e pesquisa secundária realizadas pelos autores.

4.4 Validação do nível de circularidade ao longo da cadeia

Em complemento ao objetivo inicial de investigar os fatores de transição circular, vale uma discussão relacionada à validação do nível de maturidade de economia circular ao longo da cadeia de suprimentos da Raízen, com base nas evidências públicas e nas informações obtidas via entrevistas. Nesse cenário, para o caso dos produtos renováveis, a Tabela 4 sintetiza, por cada ponto principal da cadeia, as eventuais externalidades negativas identificadas, acompanhadas pelas ações mais influentes executadas pela empresa para mitigar esses impactos e as principais oportunidades a serem exploradas, consoante a companhia.

Tabela 4 — Síntese das principais externalidades negativas identificadas

Ponto na cadeia	Principais externalidades identificadas	Como a Raízen mitiga a externalidade	Oportunidades a serem exploradas, segundo a Raízen
Cultivo da cana	Diminuição de biodiversidade com monocultura de cana	Cada área plantada deve possuir no mínimo 20% de plantação nativa	Não identificado
	Emissões de GEE da produção de fertilizantes fósseis usados no solo	Utilização de fertilizantes naturais, via aplicação da vinhaça, por exemplo	FBN para substituir os fertilizantes, via captura de nitrogênio para nutrir a planta
	Prejuízo ao solo via uso de agrotóxicos	Bonsucro impede o uso de agrotóxicos proibidos na Europa para sua certificação	Não identificado
Processo de produção	Descarte de outros resíduos durante a produção (ex. lignina)	Apenas 0,1% dos resíduos gerados são colocados a disposição (descartados)	Não identificado
	Uso/descarte de água	Reaproveitamento de água quente, proveniente das caldeiras de queima do bagaço	Não identificado
Distribuição	Emissões de GEE da frota de veículos	Não identificado	Utilização do biometano como substituto ao diesel
Pós-consumo dos produtos	Emissões de GEE dos veículos do consumidor final	Menor emissão dos biocombustíveis em relação aos fósseis	Captura de CO ₂ via reflorestamento, e convertidos em créditos de carbono

Fonte: elaborado pelos autores com base nas coletas primárias e secundárias de dados.

Considerando o aproveitamento de resíduos, que otimiza recursos naturais, e a menor emissão de GEE dos produtos renováveis (quando comparados aos de origem fóssil) como principais alavancas das práticas circulares da Raízen, porém fundamentais para a produção do etanol/E2G e bioeletricidade, é possível perceber que a geração desses produtos possui caráter circular de forma natural. Nesse contexto, uma vez superadas as barreiras tecnológicas e a baixa escala comercial, o nível de esforço para continuidade das práticas circulares é baixo, dado que são resultados inerentes à produção da bioenergia e dos biocombustíveis.

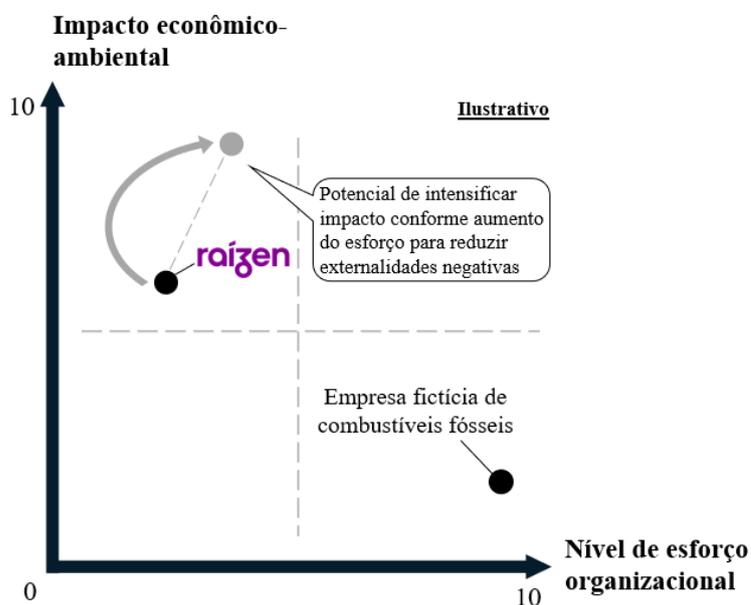
Contudo, o impacto ambiental positivo decorrente desses produtos é alto, já que segundo a visão da EMF (2019), a economia circular se apoia na transição energética para fontes renováveis, em que a “energia renovável e a eficiência energética são fundamentais e podem reduzir em mais de 90% as emissões de CO₂ relacionadas à energia até 2050” (2019, p. 15). Vale lembrar que dados de 2010 indicam que 54% das emissões globais de GEE são de origem energética (EMF, 2019). Ademais, as práticas circulares analisadas resultam em novos produtos rentáveis, na medida em que se aumenta a produtividade e se obtém escala comercial.

Os dois últimos parágrafos indicam que é possível avaliar o nível de esforço organizacional para implementação de práticas de economia circular, além do quanto isso se traduz em impacto econômico e ambiental. Nesse contexto, a avaliação desses dois fatores (esforço e impacto) pode contribuir para a comparação de maturidade de economia circular entre cadeias de diferentes setores.

Ao olharmos esta cadeia do setor de bioenergia e de biocombustíveis, podemos observar que o impacto e o nível de maturidade circular é alto (apesar das externalidades citadas); entretanto as ações de economia circular são inerentes à geração desses produtos, de maneira que o esforço organizacional é baixo. Por outro lado, práticas circulares efetivas em uma cadeia do setor de combustíveis fósseis devem necessitar de alto esforço dos agentes da cadeia, em um conjunto de investimentos, inovações e mudanças no modelo de negócio, por exemplo. Dessa forma, comparar o sucesso de implementação de práticas circulares nessas cadeias pode não ser

tão coerente se não ponderarmos pelo esforço da organização em colocar ações de economia circular em prática, objetivando mitigar impactos ambientais que não contradizem ganhos econômicos e de produtividade. O Gráfico 2 ilustra a comparação entre esses dois casos (Raízen e uma empresa fictícia de combustíveis fósseis).

Gráfico 2 — Classificação ilustrativa considerando impacto e nível de esforço para uma economia circular



Fonte: elaborado pelos autores.

Apesar da cadeia analisada da Raízen possuir relativamente alto impacto para a economia circular, a pesquisa identificou oportunidades de avanço em outros pontos da cadeia, principalmente em distribuição e na agricultura da cana-de-açúcar, para mitigar externalidades negativas, conforme resumido na Tabela 4. Isto é sinalizado no Gráfico 2, com a seta ascendente indicando potencial de melhoria no nível de maturidade circular da companhia via maior esforço organizacional. Portanto, o estudo de caso evidencia que modelos de circularidade necessitam de avaliação em todos os pontos da cadeia, para efetivo diagnóstico e classificação conforme os dois fatores apresentados. Dessa forma, temos como vantagem a estruturação de sistemas de priorização para incentivos e fomento à economia circular considerando diversos setores, como apoio às decisões de investimentos públicos e privados, por exemplo.

5 CONCLUSÕES

Este trabalho começou com a premissa de que a Raízen transformou sua cadeia de suprimentos de linear para circular, via fontes públicas que evidenciam suas práticas circulares a partir de gestão de resíduos e otimização de recursos naturais. Nesse contexto, o objetivo inicial era entender como a transição foi feita e quais lições poderíamos extrair para outras empresas.

Aprofundando-se no conceito de economia circular, o trabalho passou a objetivar i) validação do nível de circularidade nas operações da Raízen — do qual se decorreu a discussão de classificação das cadeias considerando os fatores de “impacto” e “esforço”, e ii) extração dos fatores que facilitaram sua transição, como lições para outras organizações. Com isso, percebe-se que a empresa possui um alto nível de maturidade circular em seus produtos renováveis, enquanto atua na distribuição de combustíveis fósseis e minimiza efeitos ambientais de sua operação (geração de resíduos e descarte de água, por exemplo). Desse modo,

conclui-se que a Raízen está em processo de transição circular, alavancado pelo portfólio renovável e minimização de efeitos ambientais negativos. Isso se deve principalmente aos fatores:

i) aumento de performance em ciclos cruzados e intersetoriais, com influência do setor público brasileiro via subvenção pelo PAISS para desenvolvimento da usina Costa Pinto e compartilhamento de tecnologia estrangeira para produção do E2G;

ii) tecnologia disponível, via licenciamento de técnicas estrangeiras e produção em larga escala, possibilitando expansão do portfólio renovável e viabilidade financeira;

iii) ganhos econômicos, que na visão de longo prazo, possibilita a expansão dos produtos renováveis e contribui para que a transição energética seja viável financeiramente. Vale destacar a valorização dos renováveis como alternativas sustentáveis (principalmente no mercado externo) para fortalecer as vendas e a gestão e aproveitamento dos resíduos para ganhar produtividade na produção da bioenergia e dos biocombustíveis.

Contudo, a empresa possui características que desafiam a circularidade completa de suas operações: i) atuação no setor de combustíveis fósseis e ii) externalidades da própria operação dos renováveis, a exemplo de monocultura e uso de fertilizantes fósseis. Nesse contexto, percebe-se que a validação do nível de maturidade de economia circular deve considerar fatores que constituem, além das características finais dos produtos (seu caráter renovável, por exemplo) o processo de produção e os insumos utilizados. Isso é coerente com os três princípios defendidos pela EMF (2019, p. 19) para uma economia circular: “eliminar resíduos e poluição, manter produtos e materiais em uso e regenerar sistemas naturais”.

Adicionalmente, com esta pesquisa foi possível discutir fatores para comparação entre nível de maturidade circular em cadeias de suprimentos de diferentes setores. Ao considerarmos o “nível de esforço organizacional” e o “impacto econômico-ambiental” decorrente das práticas circulares, como fatores que viabilizam a comparação entre cadeias e empresas de segmentos de negócio diferentes, podemos estruturar modelos de diagnóstico e priorização para iniciativas públicas de fomento e incentivos à economia circular considerando setores e indústrias diversas, por exemplo.

No que se referem às limitações desta pesquisa, vale destacar dois pontos principais: 1) limitação em gerar uma teoria consolidada de transição circular para o setor energético, visto o estudo de apenas uma organização e 2) limitação em aprofundar visões diversas e múltiplas na coleta primária de informações, dado a realização de poucas entrevistas. Contudo, as informações públicas da Raízen conseguiram balancear esse aspecto, dado disponibilidade e quantidade encontrada — isso pode ser sustentado pela nota “A” que a CDP atribuiu para a empresa, o que traduz destaque em transparência de informações e ação ambiental (CDP, 2021).

Como sugestão para uma próxima pesquisa, superar essas duas limitações pode contribuir para a geração de uma teoria fortalecida sobre transição circular no setor de energia. Adicionalmente, acompanhar i) as ações projetadas pela empresa para mitigar externalidades negativas e ii) sucesso econômico da expansão dos renováveis, são essenciais para validar a viabilidade de uma economia circular e a transição energética desse setor. Em complemento, vale a sugestão para desenvolvimento de modelos de diagnóstico, priorização e comparação do nível de economia circular em cadeias de setores diferentes, considerando, por exemplo, os dois fatores discutidos neste trabalho como ponto inicial (impacto econômico-ambiental e nível de esforço organizacional).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDALLA, Fernando Antônio; SAMPAIO, Antônio Carlos Freire. Os novos princípios e conceitos inovadores da Economia Circular. **Entorno Geográfico**, n. 15, p. 82-103, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.25100/eg.v0i15.6712>>. Acesso em: 05 jun. 2022.

ALVARENGA, Darlan. Quais são as maiores empresas do Brasil em receita, lucro e valor de mercado?. **G1**, 01 abr. 2022. Disponível em: <<https://bityli.com/rfNcMh>>. Acesso em: 01 set. 2022.

BASSI, Maria Carolina Poholink Cabral; LOPES, Claudia Cristina. A Sociedade do consumo e suas consequências socioambientais. **Caderno PAIC**, v. 18, n. 1, p. 100-125, 2017. Disponível em: <<https://bityli.com/taT0z>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

BALLOU, Ronald H.. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos/logística empresarial**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2004.

BENITES, Lira Luz Lazaro; POLO, Edison Fernandes. A sustentabilidade como ferramenta estratégica empresarial: governança corporativa e aplicação do Triple Bottom Line na Masisa. **Revista de Administração da Universidade Federal de Santa Maria**, v. 6, p. 827-841, 2013. Disponível em: <<https://bityli.com/w3WEy>>. Acesso em: 03 jun. 2022.

BETHÔNICO, Thiago. ESG é estratégia de negócio, não de marketing, diz vice-presidente da Raízen: Para Cláudio Oliveira, a agenda faz todo sentido do ponto de vista econômico. **Folha de São Paulo**, 25 set. 2021. Disponível em: <<https://bityli.com/EaT1u>>. Acesso em: 30 set. 2022.

CDP. **Raizen S.A. - Climate Change**, 2021. Disponível em: <<https://www.cdp.net/pt/responses?queries%5Bname%5D=raizen>>. Acesso em: 09 out. 2022.

_____. **Who we are**, 2022. Disponível em: <<https://www.cdp.net/en/info/about-us>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

CLARK, James H. et al. Circular economy design considerations for research and process development in the chemical sciences. **Green Chemistry**, v. 18, n. 14, p. 3914-3934, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1039/C6GC00501B>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

CMDE — COMISSÃO MUNDIAL SOBRE MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO, **Nosso futuro comum**. 2.ed. Rio de Janeiro: Editora da Fundação Getúlio Vargas, 1991.

DE ANDRADE, Ednilton Tavares; DE CARVALHO, Sergio Roberto Garcia; DE SOUZA, Lucas Fernandes. Programa do Proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2. p. 127-136, dez. 2009. Disponível em: <<https://periodicos.uff.br/engevista/article/view/8847>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

DE ARAÚJO, Geraldino Carneiro *et al.* Sustentabilidade empresarial: conceito e indicadores. **Anais do Congresso Virtual Brasileiro de Administração**, v. 3, p. 70-82, 2006. Disponível em: <<https://bityli.com/s4kzh>> . Acesso em: 03 jun. 2022.

EMF — ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Towards the circular economy Vol. 1: an economic and business rationale for an accelerated transition**, 2013. Disponível em: <<https://bityli.com/3BueL>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

_____. **Economia circular**. [S.l.]. Archive Ellen MacArthur Foundation, 2017. Disponível em: <<https://bityli.com/TvHg1>>. Acesso em: 16 nov. 2022.

_____. **Completando a figura: como a economia circular ajuda a enfrentar as mudanças climáticas**, 2019. Disponível em: <<https://ellenmacarthurfoundation.org/completing-the-picture>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

_____. **Circulytics Method Introduction**, 2022. Disponível em: <<https://bityli.com/HHz2l>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

EPA — United States Environmental Protection Agency. **CO2e - Definition**. [S.l.]. Disponível em: <<https://bityli.com/MctAJ>> . Acesso em: 30 ago. 2022.

FIA. **Joint Venture: o que é, objetivo, tipos, vantagens e desvantagens**, 17 nov. 2021. Disponível em: <<https://fia.com.br/blog/joint-venture/>>. Acesso em: 01 set. 2022.

FINEP. **Subvenção Econômica**, 2022. Disponível em: <<https://bityli.com/n6fbY>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

FREITAS, Wesley RS; JABBOUR, Charbel JC. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **Revista Estudo & Debate**, v. 18, n. 2, p. 07-22, 2011. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/134684>>. Acesso em: 13 jun. 2022.

FUCUCHIMA, Letícia. Raízen acerta venda de etanol 2G à Shell e investirá R\$6 bi em 5 novas plantas. **Uol**, São Paulo (Reuters), 7 nov. 2022. Disponível em: <<https://bityli.com/8Ajv1>>. Acesso em: 24 nov. 2022.

GIL, Antônio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

LINDER, Marcus; WILLIANDER, Mats. Circular business model innovation: inherent uncertainties. **Business strategy and the environment**, v. 26, n. 2, p. 182-196, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1002/bse.1906>>. Acesso em: 14 jun. 2022.

LORENZI, Bruno Rossi; DE ANDRADE, Thales Haddad Novaes. O etanol de segunda geração no Brasil: políticas e redes sociotécnicas. **Revista Brasileira de Ciências Sociais**, v. 34, n. 100, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/3410014/2019>>. Acesso em: 17 nov. 2022.

MCGRATH, Matt. Mudanças climáticas: os efeitos alarmantes sobre o mundo hoje, segundo novo relatório da ONU. **BBC News Brasil**, 9 ago. 2021. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-58146500>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MECHIÇO, Rosa Alfredo. Sociedade de Consumo: Consumismo, Impactos e Consumo Sustentável. **Revista Semiárido De Visu**, v. 8, n. 2, p. 206-218, 2020. Disponível em: <<https://bityli.com/B7uNH>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

PARINI, Franco Paolo. **Empreendedorismo sustentável segundo abordagem regenerativa da Economia Circular: Pesquisa-Ação focada no segmento da indústria de tintas e vernizes no Estado de São Paulo**. 2021. 217 f. Mestrado – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2021.

PIGA, Talita Ravagnã; MANSANO, Sonia Regina Vargas. Sustentabilidade ambiental e história: uma análise crítica. **Perspectivas contemporâneas**, v. 10, n. 2, p. 174-195, 2015. Disponível em: <<https://bitly.com/R3TL8>>. Acesso em: 29 maio 2022.

RAÍZEN. **Relatório anual 2020 | 2021**, 22 jun. 2021. Disponível em: <<https://bitly.com/7jkKZ>>. Acesso em: 29 set. 2022.

_____. **Agenda ESG**, 2022a Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/agenda-esg>>. Acesso em: 01 set. 2022.

_____. **Quem somos**, 2022b. Disponível em: <<https://www.raizen.com.br/sobre-raizen/quem-somos>>. Acesso em: 01 set. 2022.

_____. **Relatório anual de sustentabilidade 2021-22**, 2022c. Disponível em: <<https://bitly.com/wZS3r>>. Acesso em: 09 out. 2022.

SLACK, Nigel; BRANDON-JONES, Alistair; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

TIOSSI, Fabiano Martin; SIMON, Alexandre Tadeu. Economia Circular: suas contribuições para o desenvolvimento da Sustentabilidade. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 2, p. 11912-11927, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.34117/bjdv7n2-017>>. Acesso em: 24 jun. 2022.

THOMAS, Jennifer Ann. Escopos 1,2 e 3: entenda o que eles significam. **Globo - Um Só Planeta**, 31 dez. 2021. Disponível em: <<https://bitly.com/C6p1w>>. Acesso em: 09 out. 2022.

TORRES JUNIOR, Alvaír Silveira; PARINI, Franco Paolo. Economia circular: análise do campo de forças associado aos fatores facilitadores e limitadores para sua implantação. **Ensino em engenharia de produção: como preparar as novas gerações para os desafios do século XXI**, 2020. Disponível em: <<https://bitly.com/c2eSZ>>. Acesso em: 09 jul. 2022.

TSENG, Ming-Lang et al. A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 141, p. 145-162, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.10.009>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

UNFCCC — UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE. **Circular Economy Crucial for Paris Climate Goals**, 22 jan. 2022. Disponível em: <<https://bitly.com/8dlDO>>. Acesso em: 15 jul. 2022.

VALENTI, Graziella. Raízen inicia apresentação no Brasil do mega-IPO da bioenergia. **Exame**, 6 maio 2021. Disponível em: <<https://bitly.com/4TLkN>>. Acesso em: 01 set. 2022.

YIN, Robert K.. **Estudo de caso: Planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

¹ Texto original: “A circular economy increases the value of a material resource by maximising its conversion into products (high value), and in doing so eliminating waste (low value)” (CLARK et al., 2016, p. 3915).

² Vale mencionar o estudo de Virginio e Fontgalland (2021), que analisou as práticas de economia circular da Raízen via informações e relatórios públicos, porém sem foco no processo de transição da empresa.