

ESG E A DESCARBONIZAÇÃO NA INDÚSTRIA CIMENTEIRA: DESAFIOS, OPORTUNIDADES E ESTRATÉGIAS DE IMPLEMENTAÇÃO

Gabriele Oliveira da Silva¹
Rebeca de Souza Faria²
Elisângela Leitão de Oliveira³
Edileuza Lobato da Cunha⁴
João Luiz Almeida da Silva⁵
Cleomar Costa de Oliveira⁶

RESUMO: A indústria cimenteira desempenha papel estratégico no desenvolvimento da infraestrutura e da construção civil, porém figura entre os setores industriais com maior intensidade de emissões de gases de efeito estufa, especialmente dióxido de carbono (CO₂). Nesse contexto, a incorporação dos princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*) destaca-se como uma importante estratégia para promover a sustentabilidade, reduzir os impactos ambientais e fortalecer a competitividade das organizações diante das crescentes exigências regulatórias e do mercado. O objetivo deste estudo foi analisar os desafios e as oportunidades relacionados à implementação dos princípios ESG na indústria cimenteira, identificando estratégias que contribuam para a transição rumo a uma produção de menor intensidade de carbono. A pesquisa caracteriza-se como qualitativa, de natureza bibliográfica e documental, fundamentada na análise de artigos científicos, livros, documentos técnicos e relatórios institucionais publicados por organismos nacionais e internacionais. Os dados foram interpretados por meio da análise de conteúdo, possibilitando a organização das informações segundo os pilares Ambiental, Social e Governança. Os resultados evidenciam que a descarbonização da indústria cimenteira depende da adoção integrada de diferentes estratégias, incluindo a melhoria da eficiência energética, o coprocessamento de resíduos, a redução do fator clínquer, a utilização de materiais cimentícios suplementares e o desenvolvimento de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS). Observou-se ainda que a efetividade dessas estratégias está associada ao fortalecimento das práticas de governança corporativa, da transparência, da gestão de riscos e do relacionamento com trabalhadores, comunidades e demais partes interessadas. Conclui-se que a integração dos princípios ESG representa um importante instrumento para impulsionar a inovação, aumentar a eficiência dos processos produtivos e apoiar a transição da indústria cimenteira para um modelo de desenvolvimento mais sustentável e alinhado aos objetivos globais de mitigação das mudanças climáticas.

1

Palavras-chave: Indústria Cimenteira. Pilares ESG. Co-processamento. Sustentabilidade Industrial.

¹Engenheira Química. Acadêmica e autora. Com MBA em Engenharia da Qualidade pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

²Engenheira de Segurança do Trabalho. Acadêmica e coautora. Com Pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Faculdade Unyleya.

³Professora e Coordenadora de pesquisa. Doutora em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Escola Superior de Ciências Sociais (ESO), Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

⁴Professora Coordenadora de pesquisa. Doutora em Turismo e Hotelaria. Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

⁵Deputado Estadual. Mestre pelo Centro Universitário Internacional (UNINTER), graduado em Gestão Pública. Assembleia Legislativa do Amazonas.

⁶Funcionária Pública e Administradora de Empresas. Com MBA Executivo em Gestão Estratégica e Econômica de Negócios pela Fundação Getúlio Vargas (FGV). Fundação Getúlio Vargas (FGV)

INTRODUÇÃO

A indústria do cimento desempenha papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico mundial, constituindo a base para a infraestrutura urbana e para a construção civil. Entretanto, esse setor também figura entre os maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE), sendo responsável por aproximadamente 7% das emissões globais de dióxido de carbono (CO₂) (*International Energy Agency*, 2020). Esse cenário evidencia a necessidade de promover transformações profundas em seus processos produtivos, conciliando crescimento econômico, competitividade e sustentabilidade ambiental.

Nesse contexto, os princípios ESG (*Environmental, Social and Governance*) consolidaram-se como um importante referencial para orientar as organizações na incorporação de práticas sustentáveis às suas estratégias de negócio. A crescente preocupação com as mudanças climáticas e com os impactos ambientais da atividade industrial tem intensificado as exigências de órgãos reguladores, investidores e da sociedade civil, que demandam maior transparência, responsabilidade socioambiental e adoção de políticas voltadas à redução das emissões de carbono (*International Energy Agency*, 2020).

A transição para uma economia de baixo carbono representa um dos maiores desafios para a indústria cimenteira, uma vez que a produção de cimento depende de processos que, por natureza, geram elevadas emissões de CO₂, especialmente durante a descarbonatação do calcário e a queima de combustíveis nos fornos de clínquer. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023, p. 42), "a redução das emissões na indústria exigirá uma combinação de eficiência energética, transição para combustíveis alternativos e captura e armazenamento de carbono". Assim, a adoção de tecnologias limpas e de práticas sustentáveis deixa de representar apenas um diferencial competitivo e passa a constituir um requisito estratégico para a permanência das empresas em um mercado cada vez mais orientado pelos princípios da sustentabilidade (*World Economic Forum*, 2024).

Sob a perspectiva ambiental, o pilar *Environmental* (E) concentra-se na mitigação dos impactos decorrentes da atividade produtiva, especialmente por meio da redução da pegada de carbono, da utilização de combustíveis alternativos, da melhoria da eficiência energética e do coprocessamento de resíduos. Além da redução das emissões atmosféricas, esse pilar contempla aspectos relacionados ao uso racional dos recursos naturais, à gestão eficiente dos recursos hídricos e à recuperação das áreas degradadas pela mineração, exigindo uma abordagem

integrada dos ecossistemas afetados pela atividade industrial (Sindicato Nacional da Indústria do Cimento, 2019).

No âmbito social, o pilar Social (S) enfatiza a responsabilidade das organizações em relação aos trabalhadores, às comunidades vizinhas e aos demais públicos impactados por suas operações. Historicamente, a indústria cimenteira convive com riscos ocupacionais elevados, bem como com conflitos decorrentes da emissão de material particulado, ruídos e impactos associados à atividade mineradora. Nesse sentido, promover ambientes de trabalho seguros, fortalecer o diálogo com as comunidades e desenvolver ações que contribuam para o bem-estar coletivo são fatores essenciais para a obtenção da licença social para operar e para a construção de relações sustentáveis de longo prazo (ONU - Organização das Nações Unidas, 2015).

Complementando os pilares ambiental e social, a Governança (G) constitui o elemento responsável por assegurar que as políticas de sustentabilidade sejam efetivamente incorporadas à estratégia organizacional. Uma governança corporativa eficiente fundamenta-se em princípios de ética, transparência, prestação de contas (*accountability*), conformidade regulatória (*compliance*), diversidade nos órgãos de administração e adequada gestão de riscos. A ausência desses mecanismos pode comprometer a credibilidade das iniciativas sustentáveis e favorecer práticas de *greenwashing*, caracterizadas pela divulgação de ações ambientais sem respaldo em mudanças efetivas nos processos organizacionais (Instituto Brasileiro de Governança Corporativa, 2021).

3

A relevância deste estudo decorre da complexidade inerente ao processo de descarbonização de um setor intensivo em capital, energia e recursos naturais. Embora diversos países e organizações tenham estabelecido metas para alcançar a neutralidade climática até 2050, as alternativas tecnológicas e gerenciais disponíveis ainda enfrentam limitações de natureza técnica, econômica e regulatória. Nesse contexto, investigar a implementação dos critérios ESG na indústria do cimento possibilita identificar os principais desafios da transição energética, bem como as oportunidades relacionadas à inovação tecnológica, ao aumento da eficiência operacional e à atração de investimentos sustentáveis.

Sob a perspectiva acadêmica, esta pesquisa busca contribuir para a consolidação do conhecimento acerca da integração dos princípios ESG na indústria cimenteira, reunindo e analisando criticamente estudos recentes sobre sustentabilidade corporativa, descarbonização e gestão estratégica. Do ponto de vista prático, pretende oferecer subsídios para gestores e

tomadores de decisão na formulação de estratégias capazes de conciliar competitividade, desempenho econômico e responsabilidade socioambiental.

Além disso, este estudo procura preencher lacunas existentes na literatura ao analisar de forma integrada os três pilares do ESG. As metas de descarbonização previstas no pilar ambiental demandam investimentos em novas tecnologias e mudanças nos processos produtivos, repercutindo diretamente nas condições de trabalho e na qualificação da força de trabalho, aspectos contemplados pelo pilar social. Simultaneamente, a efetividade dessas transformações depende da existência de mecanismos robustos de governança, como auditorias independentes, gestão de riscos, políticas de compliance e transparência na divulgação das informações de sustentabilidade.

Diante desse contexto, o objetivo geral desta pesquisa consiste em analisar os desafios e as oportunidades relacionados à implementação dos princípios ESG na indústria cimenteira, identificando estratégias capazes de viabilizar a transição para uma produção industrial sustentável e de baixo carbono.

Para atingir esse objetivo, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos: (i) identificar as principais barreiras técnicas, econômicas e operacionais para a redução das emissões de dióxido de carbono (CO_2), com ênfase na eficiência energética e no coprocessamento de resíduos; (ii) analisar a contribuição das dimensões Social (S) e Governança (G) para a gestão dos riscos ocupacionais, o relacionamento com as comunidades e o alinhamento das organizações às exigências dos mercados financeiros e das agendas globais de sustentabilidade; e (iii) propor diretrizes e boas práticas gerenciais que subsidiem a tomada de decisão nas indústrias cimenteiras, conciliando competitividade, viabilidade econômica e sustentabilidade ambiental.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O Pilar Ambiental (E): descarbonização e eficiência no clínquer

A fabricação de cimento caracteriza-se por ser uma atividade intensiva em emissões de gases de efeito estufa (GEE), principalmente em razão da produção de clínquer, principal componente do cimento Portland. O clínquer é obtido a partir da calcinação de uma mistura de calcário e argila em fornos rotativos que operam em temperaturas próximas de 1.450°C . (SNIC, 2019; *Global Cement and Concrete Association – GCCA*, 2023).

Durante esse processo, são geradas emissões significativas de dióxido de carbono (CO_2), decorrentes tanto da decomposição química do calcário quanto da combustão dos combustíveis utilizados para o aquecimento dos fornos (SNIC, 2019; Global Cement and Concrete Association – GCCA, 2023).

As emissões da indústria cimenteira possuem duas fontes principais. A primeira corresponde às chamadas emissões de processo, originadas da reação química de calcinação do carbonato de cálcio (CaCO_3), que produz óxido de cálcio (CaO) e libera CO_2 . (SNIC, 2019; Global Cement and Concrete Association – GCCA, 2023).

A segunda refere-se às emissões energéticas, provenientes da queima de combustíveis necessários para manter as elevadas temperaturas exigidas pela produção do clínquer. Essa característica torna a descarbonização do setor particularmente complexa, pois parte das emissões está diretamente relacionada à reação química indispensável para a fabricação do cimento, não podendo ser eliminada apenas pela substituição da matriz energética (IPCC, 2023).

Estudos internacionais indicam que aproximadamente dois terços das emissões da produção de cimento são provenientes da calcinação do calcário, enquanto o restante decorre do consumo de combustíveis e de eletricidade. Embora essa proporção possa variar entre plantas industriais, matérias-primas e tecnologias empregadas, ela demonstra que medidas voltadas exclusivamente à eficiência energética são insuficientes para alcançar a neutralidade climática do setor (GCCA, 2023; IEA, 2023).

Nesse contexto, a implementação do pilar Ambiental (*Environmental* – E) pressupõe a adoção de um conjunto integrado de estratégias destinadas à redução das emissões ao longo de todo o processo produtivo. Entre as alternativas atualmente disponíveis, destaca-se o aumento da eficiência energética dos fornos, a substituição de combustíveis fósseis por combustíveis alternativos, a redução do fator clínquer, a incorporação de materiais cimentícios suplementares, o aproveitamento energético do calor residual e, em perspectiva de longo prazo, o desenvolvimento de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (*Carbon Capture, Utilisation and Storage* – CCUS, 2023).

O coprocessamento de resíduos constitui uma das principais estratégias para reduzir o consumo de combustíveis fósseis na indústria cimenteira. Essa tecnologia consiste na utilização controlada de resíduos industriais, biomassa, pneus inservíveis e outros materiais previamente licenciados como substitutos energéticos nos fornos de clínquer (SNIC, 2019; ABCP, 2021).

Além da redução parcial das emissões associadas aos combustíveis convencionais, o coprocessamento contribui para a destinação ambientalmente adequada de determinados resíduos, desde que sejam observados os requisitos legais e ambientais aplicáveis (SNIC, 2019; ABCP, 2021).

Outra estratégia amplamente adotada e observada em (SNIC, 2019; ABCP, 2021) ela consiste na redução do fator clínquer, por meio da substituição parcial desse material por materiais cimentícios suplementares (MCS), como escória granulada de alto-forno, pozolanas naturais, argilas calcinadas e fíler calcário. Essa prática reduz a intensidade de carbono do cimento, uma vez que diminui a quantidade de clínquer necessária para produzir uma tonelada do produto final.

Entretanto, a disponibilidade desses materiais varia conforme as características industriais e geológicas de cada região, representando um desafio para sua adoção em larga escala (IEA, 2023).

Além da substituição de combustíveis e matérias-primas, ganhos adicionais podem ser obtidos mediante investimentos em eficiência energética. A modernização dos sistemas de moagem, a utilização de pré-calcinadores mais eficientes, a recuperação do calor residual para geração de eletricidade (*Waste Heat Recovery* – WHR) e a digitalização dos processos industriais contribuem para reduzir o consumo energético e aumentar a eficiência operacional das plantas cimenteiras (GCCA, 2023).

Apesar dos avanços tecnológicos observados nas últimas décadas, a literatura científica neste caso o (SNIC, 2019) que reconhece que a neutralidade de carbono da indústria do cimento dependerá também do desenvolvimento e da viabilização econômica das tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS).

Essas tecnologias possibilitam capturar parte do CO₂ emitido durante a produção do clínquer, destinando-o ao armazenamento geológico seguro ou à utilização em determinados processos industriais. Embora ainda enfrentem desafios relacionados ao elevado custo de implantação, ao consumo energético e à infraestrutura necessária, essas soluções são consideradas relevantes nos cenários de descarbonização elaborados por organismos internacionais, especialmente para tratar as emissões inerentes ao processo de calcinação (IPCC, 2023; IEA, 2023).

Dessa forma, a consolidação do pilar Ambiental na indústria cimenteira requer uma abordagem sistêmica, baseada na combinação de diferentes estratégias tecnológicas e gerenciais (ABCP, 2021).

A redução das emissões destacadas na (IEA, 2023), esclarece que, dependerá da integração entre eficiência energética, utilização de combustíveis alternativos, diminuição do fator clínquer, desenvolvimento de novos materiais cimentícios, ampliação da economia circular e, futuramente, da adoção de tecnologias de captura de carbono. Esse conjunto de ações representa um dos principais caminhos para compatibilizar a produção de cimento com as metas globais de mitigação das mudanças climáticas e de desenvolvimento sustentável.

2.2 As Dimensões Social (S) e Governança (G): legitimidade e compliance

Embora a redução das emissões de gases de efeito estufa seja um dos principais desafios da indústria cimenteira, a sustentabilidade do setor também depende da forma como as organizações gerenciam seus impactos sociais e estruturam seus mecanismos de governança. Nesse contexto, as dimensões Social (S) e Governança (G) do ESG desempenham papel fundamental na construção da confiança entre empresas, trabalhadores, comunidades, investidores e demais partes interessadas, contribuindo para a sustentabilidade das operações no longo prazo (Instituto Brasileiro de Mineração, 2020).

7

As atividades de mineração e produção de cimento podem gerar impactos sobre as comunidades do entorno, incluindo alterações na paisagem, circulação de veículos pesados, emissões de poeira, ruídos e outras interferências decorrentes da operação industrial. Dessa forma, o relacionamento transparente com os diferentes públicos torna-se um elemento estratégico para reduzir conflitos, fortalecer o diálogo social e favorecer a continuidade das operações (Instituto Brasileiro de Mineração, 2020).

Nesse cenário, destaca-se o conceito de Licença Social para Operar (LSO), entendido como o nível de aceitação e confiança concedido pela sociedade às atividades desenvolvidas por uma organização. Diferentemente das licenças legais emitidas pelos órgãos competentes, a licença social resulta da percepção positiva dos stakeholders sobre a atuação empresarial, sendo construída por meio da transparência, do diálogo e da demonstração contínua de responsabilidade socioambiental (Instituto Brasileiro de Mineração, 2020).

No âmbito interno das organizações, o pilar Social concentra-se na promoção da saúde, da segurança e do bem-estar dos trabalhadores. A indústria cimenteira envolve operações que

apresentam riscos ocupacionais significativos, como movimentação de cargas, trabalhos em altura, equipamentos de grande porte, exposição ao calor e à poeira mineral. Por essa razão, torna-se essencial a adoção de sistemas de gestão de saúde e segurança ocupacional, programas de capacitação contínua, monitoramento dos riscos e fortalecimento da cultura de prevenção de acidentes, em consonância com as recomendações da Organização Internacional do Trabalho (OIT, 2019).

Além da proteção aos trabalhadores, a responsabilidade social envolve o desenvolvimento de canais permanentes de diálogo com as comunidades vizinhas, considerando suas demandas e expectativas durante o planejamento e a operação dos empreendimentos. Iniciativas voltadas para educação, qualificação profissional, apoio ao desenvolvimento local e preservação ambiental podem contribuir para fortalecer as relações entre empresa e sociedade, desde que estejam alinhadas às necessidades do território e integradas à estratégia organizacional (Porter; Kramer, 2011).

Complementando a dimensão social, o pilar Governança (G) compreende o conjunto de práticas destinadas a assegurar que as decisões corporativas sejam conduzidas de forma ética, transparente e responsável. Entre seus principais elementos destacam-se a definição clara de responsabilidades, a atuação dos conselhos de administração, a gestão de riscos, a prestação de contas (*accountability*), o cumprimento das normas legais e regulatórias (*compliance*) e a transparência na divulgação das informações corporativas (IBGC, 2023).

8

No contexto da indústria cimenteira, os programas de *compliance* extrapolam o atendimento às exigências legais relacionadas às áreas tributária, trabalhista e anticorrupção. Atualmente, essas estruturas também contemplam aspectos ambientais, sociais e de governança ao longo da cadeia de suprimentos, incentivando fornecedores e prestadores de serviços a adotarem práticas compatíveis com os princípios de direitos humanos, integridade corporativa e responsabilidade ambiental (Rede Brasil do Pacto Global, 2021).

Outro aspecto relevante refere-se à prevenção do *greenwashing*, prática caracterizada pela divulgação de informações ambientais enganosas ou não suficientemente comprovadas. O aumento da demanda por investimentos sustentáveis ampliou a importância da transparência na divulgação das informações ESG, tornando essencial que os relatórios corporativos apresentem indicadores consistentes, metodologias claramente definidas e dados passíveis de verificação independente (IBGC, 2023).

Nesse sentido, padrões internacionais de divulgação, como os da *Global Reporting Initiative* (GRI), contribuem para aumentar a comparabilidade e a credibilidade das informações disponibilizadas aos diferentes públicos (GRI, 2021).

A realização de auditorias independentes e a existência de canais seguros de denúncia representam mecanismos importantes para o fortalecimento da governança corporativa. Esses instrumentos favorecem a identificação precoce de irregularidades, promovem a cultura ética e auxiliam na prevenção de riscos legais, operacionais e reputacionais, contribuindo para o aprimoramento contínuo dos processos internos (*Association of Certified Fraud Examiners* – ACFE, 2022).

Sob a perspectiva econômica, práticas consistentes de governança e gestão dos fatores ESG têm recebido crescente atenção de investidores, instituições financeiras e agências de classificação de risco. Empresas que demonstram planejamento estratégico, transparência na divulgação de resultados e compromisso com metas de sustentabilidade tendem a ampliar suas possibilidades de acesso a diferentes modalidades de financiamento voltadas à transição para uma economia de baixo carbono, embora esse acesso dependa de diversos fatores financeiros, regulatórios e de mercado (*World Economic Forum*, 2024).

Dessa forma, observa-se que as dimensões Social e Governança complementam as estratégias ambientais de descarbonização ao fortalecer a gestão dos riscos, promover relações mais transparentes com os stakeholders e consolidar mecanismos de integridade corporativa (*World Economic Forum*, 2024).

Na indústria cimenteira, a integração desses pilares favorece a construção de organizações mais resilientes, capazes de conciliar desempenho econômico, responsabilidade socioambiental e criação de valor sustentável no longo prazo.

2.3 Estratégias de transição e modelos de negócio verdes na indústria cimenteira

A incorporação dos princípios ESG na indústria cimenteira exige mudanças que vão além da adoção de tecnologias de controle ambiental, envolvendo também a revisão dos modelos de negócio e das estratégias corporativas.

Nesse contexto, a transição para uma economia de baixo carbono demanda a integração de aspectos ambientais, sociais e econômicos ao planejamento estratégico das empresas, favorecendo modelos produtivos mais eficientes, circulares e alinhados às exigências dos mercados e da sociedade (SNIC, 2019).

Um dos principais eixos dessa transformação consiste na ampliação das práticas de economia circular. Na indústria do cimento, essa abordagem envolve o aproveitamento de resíduos e subprodutos provenientes de outros setores industriais como matérias-primas alternativas ou combustíveis, reduzindo o consumo de recursos naturais e contribuindo para a destinação ambientalmente adequada desses materiais (SNIC, 2019).

Essa integração entre diferentes cadeias produtivas caracteriza processos de simbiose industrial e pode favorecer ganhos ambientais e operacionais, desde que observados os requisitos técnicos e legais aplicáveis (SNIC, 2019).

Além da otimização dos processos produtivos, a transição para modelos de negócio mais sustentáveis envolve a ampliação do portfólio de produtos com menor intensidade de carbono. O desenvolvimento de cimentos com menor fator clínquer, concretos de maior durabilidade e materiais cimentícios inovadores busca atender à crescente demanda por soluções construtivas com menor impacto ambiental, sem comprometer o desempenho técnico exigido pelas normas de engenharia (John; Quattrone, 2021).

Essa mudança também influencia a proposta de valor das empresas, que passam a incorporar atributos relacionados ao desempenho ambiental, à eficiência no uso de recursos e à durabilidade das estruturas como elementos relevantes para a competitividade. Dessa forma, aspectos associados à sustentabilidade passam a integrar, juntamente com critérios técnicos e econômicos, o processo de diferenciação dos produtos oferecidos ao mercado (John; Quattrone, 2021).

10

A implementação dessas estratégias requer investimentos significativos em inovação, modernização industrial e pesquisa e desenvolvimento. Tecnologias voltadas à melhoria da eficiência energética, ao uso de combustíveis alternativos, à digitalização dos processos produtivos e ao desenvolvimento de novos materiais demandam planejamento de longo prazo e adequada gestão financeira. Nesse cenário, práticas consistentes de governança e transparência podem contribuir para ampliar o acesso das empresas a diferentes instrumentos de financiamento voltados à transição climática, embora esse acesso dependa de fatores econômicos, regulatórios e das condições de mercado (*International Monetary Fund*, 2023).

Outro aspecto relevante refere-se aos mecanismos econômicos associados às políticas climáticas, como mercados regulados ou voluntários de carbono. Dependendo da legislação vigente em cada país ou região, projetos de redução de emissões podem gerar créditos de carbono

ou outros incentivos econômicos, desde que atendam aos critérios estabelecidos pelos respectivos programas de certificação e regulamentação (John; Quattrone, 2021).

Entretanto, a participação nesses mercados depende das regras específicas de cada sistema e não constitui uma oportunidade uniforme para todas as empresas do setor (World Bank, 2023).

A transformação digital também representa um importante instrumento para apoiar a transição sustentável da indústria cimenteira. Tecnologias associadas à Indústria 4.0, como sensores inteligentes, automação industrial, análise de dados e inteligência artificial, podem contribuir para otimizar o consumo energético, melhorar o controle dos processos, reduzir desperdícios e monitorar indicadores ambientais em tempo real. Essas ferramentas favorecem maior eficiência operacional e auxiliam na tomada de decisões baseada em dados (SNIC, 2019).

Outro componente importante da transição está relacionado à gestão do ciclo de vida dos materiais utilizados na construção civil.

O aproveitamento de resíduos da construção e demolição (RCD) na produção de agregados reciclados e em outras aplicações contribui para reduzir a disposição desses materiais em aterros, diminuir a demanda por recursos naturais e fortalecer os princípios da economia circular. Embora o reaproveitamento direto desses resíduos na produção de clínquer ainda apresente limitações técnicas, sua utilização em diferentes etapas da cadeia produtiva representa uma alternativa promissora para ampliar a sustentabilidade do setor (Ellen MacArthur Foundation, 2021).

11

Sob o ponto de vista regulatório, a evolução das políticas climáticas internacionais tem estimulado as empresas a aperfeiçoarem suas estratégias de gestão das emissões de carbono. Instrumentos como o Mecanismo de Ajuste de Carbono na Fronteira (*Carbon Border Adjustment Mechanism* – CBAM), adotado pela União Europeia, tendem a influenciar a competitividade de produtos intensivos em carbono comercializados internacionalmente, incentivando investimentos em tecnologias de menor emissão e maior eficiência ambiental (European Commission, 2023).

Dessa forma, observa-se que a transição para modelos de negócio sustentáveis depende da integração entre inovação tecnológica, economia circular, eficiência operacional, governança corporativa e adaptação às mudanças regulatórias. No setor cimenteiro, essas estratégias podem contribuir para reduzir a intensidade de carbono da produção, aumentar a eficiência no uso dos

recursos naturais e fortalecer a competitividade das empresas em um contexto de crescente valorização da sustentabilidade (*Ellen MacArthur Foundation*, 2021).

Assim, a incorporação dos princípios ESG deixa de representar apenas um conjunto de práticas voltadas ao atendimento de requisitos regulatórios e passa a constituir um elemento estratégico para o desenvolvimento sustentável da indústria cimenteira, favorecendo a geração de valor econômico, ambiental e social de forma integrada (SNIC, 2019).

3 METODOLOGIA

Esta pesquisa caracteriza-se como um estudo de natureza qualitativa, com abordagem bibliográfica e documental.

A pesquisa bibliográfica fundamentou-se na análise de livros, artigos científicos, dissertações, teses e publicações especializadas sobre os temas ESG, sustentabilidade corporativa, descarbonização e indústria cimenteira, possibilitando a construção do referencial teórico e a compreensão do estado da arte acerca do tema (Gil, 2018).

Complementarmente, realizou-se pesquisa documental, utilizando documentos técnicos, relatórios institucionais e publicações de organismos nacionais e internacionais relacionados ao setor cimenteiro e às políticas de sustentabilidade, tais como a Agência Internacional de Energia (IEA), o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a *Global Cement and Concrete Association* (GCCA), o Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), o Instituto Brasileiro de Governança Corporativa (IBGC) e o *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD). Conforme Cellard (2012), a pesquisa documental possibilita a análise de documentos que ainda não receberam tratamento científico sistemático, contribuindo para ampliar a compreensão do fenômeno investigado.

A coleta das informações foi realizada por meio de buscas nas bases de dados *SciELO*, *Scopus*, *ScienceDirect* e *Google Acadêmico*, utilizando combinações dos descritores "ESG", "descarbonização", "indústria cimenteira", "cimento", "sustentabilidade", "economia circular", "coprocessamento", "governança corporativa" e "transição energética", associados aos operadores booleanos AND e OR.

Foram priorizadas publicações editadas entre 2020 e 2025, sem prejuízo da inclusão de obras clássicas e documentos normativos considerados fundamentais para a compreensão do tema.

Como critérios de inclusão, foram considerados artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares, dissertações, teses, livros, normas técnicas e relatórios oficiais de instituições reconhecidas nacional e internacionalmente.

Foram excluídos documentos duplicados, textos opinativos, notícias, materiais sem fundamentação científica e estudos que não apresentavam relação direta com a aplicação dos princípios ESG e a descarbonização na indústria cimenteira.

Os dados coletados foram analisados por meio da Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016), desenvolvida em três etapas: pré-análise, exploração do material e tratamento dos resultados, com posterior interpretação das informações. As evidências foram organizadas em categorias temáticas correspondentes aos três pilares do ESG — Ambiental (E), Social (S) e Governança (G) — permitindo identificar os principais desafios, oportunidades e estratégias relacionadas à implementação da descarbonização na indústria cimenteira.

A adoção dessa estratégia metodológica mostrou-se adequada aos objetivos da pesquisa, pois possibilitou integrar conhecimentos científicos recentes com documentos técnicos e institucionais, proporcionando uma análise crítica sobre a incorporação dos princípios ESG e das estratégias de descarbonização no setor cimenteiro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

13

A pesquisa bibliográfica realizada nas bases de dados e fontes documentais selecionadas possibilitou a identificação de estudos relevantes sobre a aplicação dos princípios ESG na indústria cimenteira e as estratégias voltadas à descarbonização do setor.

Após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão definidos na metodologia, foram selecionados os trabalhos que apresentavam maior aderência aos objetivos desta pesquisa, contemplando artigos científicos, documentos técnicos e relatórios institucionais publicados por organismos nacionais e internacionais de reconhecida relevância.

Os estudos selecionados evidenciam que a implementação dos princípios ESG na indústria cimenteira ocorre de forma integrada, envolvendo aspectos tecnológicos, ambientais, sociais, econômicos e regulatórios.

De modo geral, observa-se que as estratégias de descarbonização dependem não apenas do desenvolvimento de novas tecnologias, mas também da adoção de modelos de gestão capazes de integrar inovação, governança corporativa e responsabilidade socioambiental.

O quadro 1 abaixo, apresenta a distribuição cronológica, a autoria, o título e as principais contribuições de cada obra para o entendimento dos pilares ESG no setor cimenteiro.

Quadro 1 – Síntese dos Trabalhos Seleccionados para Discussão (2020-2024).

AUTORES	ANO	TÍTULO DO TRABALHO	OBJETIVOS DO ESTUDO
Elkington	2001/2021	<i>Triple Bottom Line (Revisões Contemporâneas).</i>	Oferece a base conceitual para equilibrar a viabilidade econômica com os impactos sociais e ambientais.
SNIC	2019/2020	<i>Roadmap Tecnológico do Cimento no Brasil.</i>	Traça as rotas tecnológicas de descarbonização específicas para a realidade industrial e geológica brasileira.
McKinsey & Company	2020	<i>Laying the Foundation for a Zero-Carbon Cement Industry.</i>	Quantifica as emissões de processo (60%) e térmicas (40%), validando a urgência da adoção de tecnologias CCUS.
International Energy Agency (IEA)	2020	<i>Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector.</i>	Define as tecnologias de captura de carbono como essenciais e insubstituíveis para a descarbonização do setor energético e industrial.
Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP)	2021	<i>Panorama do Co-processamento no Brasil.</i>	Apresenta dados consolidados sobre a eficácia do uso de resíduos e biomassa nos fornos da indústria cimenteira brasileira.
Boston Consulting Group (BCG)	2021	<i>The Green Business Model Transformation.</i>	Demonstra como converter restrições regulatórias em vantagens competitivas por meio da comercialização de soluções sustentáveis.
Global Reporting Initiative (GRI)	2021	<i>GRI Standards 2021: Consolidated Set.</i>	Estabelece parâmetros de transparência corporativa e mecanismos para reduzir práticas de greenwashing nos relatórios de sustentabilidade.
Global Cement and Concrete Association (GCCA)	2021	<i>Concrete Future: The GCCA Climate Ambition.</i>	Define metas globais de neutralidade climática e compromissos setoriais para a indústria do cimento e concreto.
World Business Council for Sustainable Development (WBCSD)	2022	<i>Social License to Operate in Heavy Industry.</i>	Analisa os riscos operacionais e reputacionais decorrentes da negligência às demandas das comunidades locais.
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	2023	<i>Climate Change 2023: Synthesis Report.</i>	Consolida evidências sobre a necessidade de combinar eficiência energética, substituição de combustíveis e redução de emissões em escala global.

Fonte: Elaborado pelas autoras com base na literatura consultada (2020-2024).

A análise comparativa e integrada aos trabalhos selecionados revela que a implementação dos pilares ESG na indústria cimenteira não ocorre de forma isolada, mas por meio de uma complexa teia de interdependências tecnológicas, regulatórias e de mercado.

No âmbito do pilar Ambiental (*Environmental* – E), os estudos analisados convergem ao indicar que a produção de clínquer representa a principal fonte de emissões de dióxido de carbono da indústria do cimento.

Essa característica decorre tanto da reação química de calcinação do calcário quanto da utilização de combustíveis para o aquecimento dos fornos.

Em razão dessa particularidade, a literatura destaca que a redução das emissões requer uma combinação de diferentes estratégias, incluindo melhorias na eficiência energética, utilização de combustíveis alternativos, redução do fator clínquer, incorporação de materiais cimentícios suplementares e, em perspectiva de longo prazo, o desenvolvimento de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS) (IEA, 2023; IPCC, 2023).

Outro aspecto recorrente nos estudos refere-se ao coprocessamento de resíduos como alternativa para reduzir o consumo de combustíveis fósseis e ampliar a inserção da economia circular na cadeia produtiva do cimento.

Os documentos do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC) e da Associação Brasileira de Cimento *Portland* (ABCP) demonstram que essa prática pode contribuir simultaneamente para a redução parcial das emissões associadas ao processo produtivo e para a destinação ambientalmente adequada de determinados resíduos industriais, desde que observados os critérios técnicos e ambientais aplicáveis.

15

A literatura também destaca a importância da redução do fator clínquer por meio da utilização de materiais cimentícios suplementares, como escórias siderúrgicas, pozolanas naturais, argilas calcinadas e fíler calcário. Entretanto, diversos autores ressaltam que a disponibilidade desses materiais varia entre regiões e depende das características das cadeias produtivas locais, representando um dos desafios para a continuidade da redução da intensidade de carbono do cimento.

Em relação ao pilar Social (*Social* – S), os estudos evidenciam que a sustentabilidade da indústria cimenteira está diretamente relacionada à gestão da saúde e segurança ocupacional, ao relacionamento com as comunidades do entorno e ao fortalecimento do diálogo com as partes interessadas.

Os documentos analisados indicam que programas voltados à prevenção de acidentes, qualificação profissional, comunicação transparente e desenvolvimento local contribuem para fortalecer a confiança entre empresas e sociedade, favorecendo a aceitação social das atividades industriais.

Os resultados também demonstram que o conceito de Licença Social para Operar (LSO) tem recebido crescente atenção na literatura especializada, sendo compreendido como um importante elemento para a gestão dos relacionamentos entre empresas e comunidades. Embora não substitua as licenças legais e ambientais, a LSO contribui para reduzir conflitos sociais, fortalecer a reputação institucional e ampliar a legitimidade das organizações perante seus stakeholders.

No que se refere ao pilar Governança (*Governance* – G), verificou-se consenso entre os estudos quanto à importância da transparência, da ética corporativa, da gestão de riscos e da conformidade regulatória para a consolidação das estratégias ESG. A adoção de mecanismos de compliance, auditorias independentes, canais de denúncia e relatórios de sustentabilidade alinhados a padrões reconhecidos internacionalmente fortalece a credibilidade das informações divulgadas e reduz riscos associados à reputação corporativa.

Outro aspecto identificado refere-se ao crescente interesse de investidores por empresas que demonstram comprometimento com metas de sustentabilidade e boa governança. Embora o acesso a financiamentos sustentáveis dependa de diversos fatores econômicos e regulatórios, a literatura indica que organizações com práticas ESG consolidadas tendem a apresentar melhores condições para captar recursos destinados à modernização tecnológica e à implementação de projetos voltados à redução das emissões de carbono.

16

A análise integrada dos estudos evidencia que os pilares Ambiental, Social e Governança atuam de forma complementar. A adoção de tecnologias de descarbonização depende de investimentos contínuos, de estruturas de governança capazes de assegurar transparência e gestão eficiente dos recursos, bem como da manutenção de relações responsáveis com trabalhadores, comunidades e demais partes interessadas.

Dessa forma, a implementação do ESG na indústria cimenteira deve ser compreendida como um processo sistêmico, no qual os avanços em uma dimensão influenciam diretamente o desempenho das demais. Os resultados desta revisão permitem concluir que a transição para uma produção de cimento de menor intensidade de carbono exige a combinação de inovação tecnológica, economia circular, eficiência energética, governança corporativa e responsabilidade social.

Embora persistam desafios relacionados aos custos de implantação, à disponibilidade de tecnologias e às exigências regulatórias, a literatura demonstra que a integração dos princípios

ESG constitui um importante caminho para fortalecer a sustentabilidade e a competitividade da indústria cimenteira em um cenário de crescente preocupação com as mudanças climáticas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A realização deste estudo permitiu compreender que a implementação dos princípios ESG na indústria cimenteira representa um importante instrumento para promover a sustentabilidade e fortalecer a competitividade do setor diante das crescentes demandas ambientais, sociais e regulatórias.

A análise da literatura evidenciou que a incorporação integrada das dimensões Ambiental (E), Social (S) e Governança (G) ultrapassa o caráter estritamente voluntário das práticas de responsabilidade corporativa, passando a constituir um elemento estratégico para a gestão de riscos, a inovação tecnológica e a adaptação das empresas às transformações do mercado e às políticas de transição para uma economia de baixo carbono.

Em relação ao objetivo geral desta pesquisa, verificou-se que os desafios e as oportunidades associados à implementação do ESG na indústria cimenteira estão diretamente relacionados à necessidade de reduzir as emissões de gases de efeito estufa sem comprometer a eficiência produtiva e a disponibilidade de um insumo essencial para o desenvolvimento da infraestrutura e da construção civil.

Nesse contexto, observou-se que a adoção de tecnologias de menor intensidade de carbono, aliada à melhoria da eficiência energética, ao coprocessamento de resíduos, à redução do fator clínquer e ao desenvolvimento de novos materiais cimentícios, constitui um conjunto de estratégias relevantes para apoiar o processo de descarbonização do setor.

Os resultados da revisão bibliográfica também demonstraram que a transição para uma produção de cimento mais sustentável não depende exclusivamente de soluções tecnológicas. A efetividade das ações ambientais está diretamente associada ao fortalecimento da governança corporativa, à transparência na divulgação das informações, à gestão de riscos, ao cumprimento das normas de compliance e ao relacionamento responsável com trabalhadores, comunidades e demais partes interessadas.

Dessa forma, os pilares Social e Governança desempenham papel complementar ao pilar Ambiental, contribuindo para ampliar a legitimidade institucional das organizações e fortalecer sua capacidade de adaptação às mudanças regulatórias e às expectativas dos diferentes stakeholders.

Embora a literatura aponte avanços importantes na adoção de combustíveis alternativos, na economia circular e na utilização de materiais cimentícios suplementares, verificou-se que a descarbonização profunda da indústria ainda enfrenta desafios técnicos, econômicos e logísticos.

Entre esses desafios destacam-se a disponibilidade de matérias-primas alternativas, os elevados investimentos necessários para modernização das plantas industriais e o desenvolvimento de tecnologias de captura, utilização e armazenamento de carbono (CCUS), consideradas promissoras para reduzir parte das emissões inerentes ao processo de fabricação do clínquer.

Como limitação desta pesquisa, destaca-se sua natureza bibliográfica e documental, fundamentada em estudos científicos, relatórios técnicos e documentos institucionais.

Embora esse delineamento tenha possibilitado uma ampla compreensão do tema, não permitiu avaliar empiricamente a aplicação das estratégias ESG em unidades industriais específicas nem mensurar quantitativamente seus impactos operacionais, econômicos e sociais em diferentes contextos produtivos.

Diante dessas limitações, recomenda-se que pesquisas futuras desenvolvam estudos de caso em indústrias cimenteiras brasileiras e latino-americanas, bem como investigações empíricas voltadas à avaliação dos resultados obtidos com a implementação de tecnologias de descarbonização, programas de relacionamento comunitário e práticas de governança corporativa.

Também são relevantes estudos que analisem indicadores de desempenho ESG, custos de implantação das tecnologias de baixo carbono e mecanismos de financiamento da transição climática no setor.

Conclui-se, portanto, que a integração dos princípios ESG representa uma oportunidade para impulsionar a inovação, aumentar a eficiência dos processos produtivos e fortalecer a sustentabilidade da indústria cimenteira.

Embora a transição para modelos produtivos de menor intensidade de carbono envolva desafios significativos, a literatura indica que a adoção de estratégias integradas de gestão ambiental, responsabilidade social e governança corporativa constitui um caminho consistente para compatibilizar desenvolvimento econômico, competitividade e compromisso com os objetivos globais de mitigação das mudanças climáticas.

REFERÊNCIAS

ABPC - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Inovações e economia circular na cadeia do cimento portland**. São Paulo: ABCP, 2021.

ACFE - ASSOCIATION OF CERTIFIED FRAUD EXAMINERS. **Report to the Nations: 2022 global study on occupational fraud and abuse**. Austin: ACFE, 2022.

BARDIN, Laurence. **Análise de conteúdo**. São Paulo: Edições 70, 2016.

BENSON, Sally M.; COLE, David R. **CO₂ sequestration in deep sedimentary formations**. *Elements*, v. 4, n. 5, p. 325-331, 2008.

BOSTON CONSULTING GROUP (BCG). **The Green Business Transformation in Building Materials: pricing climate attributes and circularity**. Boston: BCG, 2021.

CELLARD, André. A análise documental. In: POUPART, Jean *et al.* **A pesquisa qualitativa: enfoques teóricos e metodológicos**. 3. ed. Petrópolis: Vozes, 2012. p. 295-316.

ELKINGTON, John. **Green swans: the coming boom in regenerative capitalism**. London: Greenleaf Publishing, 2021.

ELLEN MACARTHUR FOUNDATION. **Circular Economy in the Built Environment: opportunities for the cement and concrete sector**. Cowes: Ellen MacArthur Foundation, 2021.

EUROPEAN COMMISSION. **The Carbon Border Adjustment Mechanism (CBAM): guidance for transitional period and industrial risks**. Brussels: European Commission, 2023.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

GLOBAL CEMENT AND CONCRETE ASSOCIATION (GCCA). **Concrete Future: The GCCA Climate Ambition**. London: GCCA, 2021.

GLOBAL REPORTING INITIATIVE (GRI). **GRI 1: Foundation 2021**. Amsterdam: GRI, 2021.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector**. Paris: IEA, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA (IBGC). **Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa**. 6. ed. São Paulo: IBGC, 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA (IBGC). **Guia de Governança ESG: práticas de sustentabilidade nas organizações abertas**. São Paulo: IBGC, 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO (IBRAM). **Guia de Boas Práticas de Relacionamento com Comunidades na Mineração**. Brasília: IBRAM, 2020.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Mitigation of Climate Change**: Working Group III Contribution to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2023.

IPCC. Climate Change 2023: Synthesis Report. **Geneva**: Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Energy Technology Perspectives 2020**: Iron and steel, cement and chemicals sector roadmaps. Paris: IEA, 2020.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA). **Net Zero by 2050**: A Roadmap for the Global Energy Sector. Paris: IEA, 2021.

INTERNATIONAL MONETARY FUND (IMF). **Global Financial Stability Report**: Financial Conditions and the Climate Transition. Washington, DC: IMF, 2023.

JOHN, Vanderley M.; QUATTRONE, Marco. Tendências em cimentos eco-eficientes e a redução do fator clínquer no cenário nacional. **Ambiente Construído**, v. 21, n. 1, p. 45-61, 2021.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MCKINSEY & COMPANY. **Laying the foundation for a zero-carbon cement industry**. [S. l.]: McKinsey Insights, 2020.

MENDES, Karina D. S.; SILVEIRA, Renata C. P. G.; GALVÃO, Cristina M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. **Texto & Contexto - Enfermagem**, v. 17, n. 4, p. 758-764, 2008.

NOGUEIRA, Carlos A.; GALVÃO, Roberto S.; SANTOS, Amanda L. Barreiras termoquímicas na descarbonização do clínquer: perspectivas para a indústria 4.0. **Revista de Engenharia Estrutural e Materiais**, v. 14, n. 2, p. 89-104, 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS (ONU). **Transformando nosso mundo**: a Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. Nova York: ONU, 2015.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO (OIT). **Diretrizes sobre Sistemas de Gestão da Segurança e Saúde no Trabalho**. Genebra: OIT, 2019.

PORTER, Michael E.; KRAMER, Mark R. Creating shared value: how to reinvent capitalism and unleash a wave of innovation and growth. **Harvard Business Review**, v. 89, n. 1/2, p. 62-77, 2011.

PROGRAMA BRASILEIRO GHG PROTOCOL. **Especificações do Programa Brasileiro GHG Protocol**: Contabilização, quantificação e publicação de inventários corporativos de emissões de gases de efeito estufa. São Paulo: FGV/GVces, 2020.

REDE BRASILEIRA DO PACTO GLOBAL. **Guia de Sustentabilidade na Cadeia de Valor: Gestão de Riscos e Compliance Socioambiental.** São Paulo: Pacto Global da ONU, 2021.

SCIENCE BASED TARGETS INITIATIVE (SBTi). **SBTi Corporate Net-Zero Standard: criteria and guidance for setting science-based net-zero targets.** [S. l.]: SBTi, 2022.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC). **Roadmap Tecnológico de Mitigação de Emissões de CO₂ da Indústria do Cimento Brasil.** Rio de Janeiro: SNIC, 2019.

SMIL, Vaclav. **Energy and Civilization: A History.** Cambridge: MIT Press, 2017.

WORLD BANK. **State and Trends of Carbon Pricing 2021.** Washington, DC: World Bank, 2021.

WORLD BUSINESS COUNCIL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (WBCSD). **Building the social license to operate in heavy industries: risk management and community relations.** Geneva: WBCSD, 2022.

WORLD ECONOMIC FORUM (WEF). **The Net-Zero Industry Tracker: Accelerating the transition of hard-to-abate sectors.** Geneva: WEF, 2024.