SUSTENTABILIDADE DAS ESTRUTURAS DE CONCRETO

Uma visão histórica e crítica da contribuição brasileira

Paulo Helene. Diretor PhD Engenharia
Coordenador do CT 101 Comitê Técnico IBRACON/ABCIC/ABECE de Sustentabilidade do Concreto

Introdução

A sustentabilidade das estruturas de concreto ganhou, nos últimos anos, enorme visibilidade em razão da emergência climática consensuada por cerca de 200 países, que firmaram o chamado **Acordo de Paris**, ou seja, um tratado global sobre mudanças climáticas assinado em 2015 na COP21. O Acordo estabelece o objetivo de alcançar, na segunda metade deste século, um equilíbrio entre as emissões antropogênicas e as remoções por sumidouros de gases de efeito estufa. A meta de Net Zero por volta de 2050 corresponde ao caminho hoje amplamente adotado para compatibilizar esse objetivo com a limitação do aquecimento global a um aumento de apenas 1,5 °C. O Brasil é signatário do Acordo. (UNFCCC, 2015).

Essa mobilização é necessária, mas pode produzir uma interpretação historicamente distorcida: a de que a preocupação ambiental com o concreto teria surgido recentemente, a partir de 2015, impulsionada pelos *roadmaps* da indústria do cimento, cujo *Roadmap* Tecnológico do Cimento — Brasil foi publicado em 2019 pelo SNIC e pela ABCP (SNIC; ABCP, 2019).

No Brasil, a história é consideravelmente mais antiga.

Existe uma trajetória técnico-científica que começa antes da atual centralidade do carbono e que foi construída progressivamente pela Academia, pelo Instituto Brasileiro do Concreto **(IBRACON)** e por pesquisadores, projetistas e especialistas que, durante mais de três décadas, introduziram sucessivamente os conceitos de utilização racional de materiais, reciclagem, durabilidade, vida útil de projeto **(VUP)**, declaração ambiental de produto **DAP** ou **EPD** *Environmental Product Declaration*, avaliação do ciclo de vida **(ACV)**, economia, desmaterialização, carbono incorporado e, mais recentemente, neutralidade climática.

Essa história precisa, também, ser analisada fazendo-se uma distinção institucional fundamental.

De um lado, existe a atuação da **indústria do cimento e do concreto**, hoje representada internacionalmente, entre outros organismos, pela *Global Cement and Concrete Association* **(GCCA)**. Sua responsabilidade é transformar fisicamente a produção: reduzir fator clínquer, melhorar eficiência energética, substituir combustíveis fósseis, desenvolver novos ligantes, investir em eletrificação e implementar tecnologias de Captura, Utilização e Armazenamento de Carbono (**CCUS** — Carbon Capture, Utilisation and Storage).

De outro lado, existe uma contribuição de natureza essencialmente **técnico-científica,** normativa, acadêmica e educacional, desenvolvida por instituições de Ensino e Pesquisa e Entidades como IBRACON, ABCIC, ABECE, American Concrete Institute (ACI**)**, Fédération Internationale du Béton **(*fib*)** e **GLOBE** Global Consensus on Sustainability in the Built Environment.

Não são atividades concorrentes. São complementares, mas **não devem ser confundidas**.

A indústria precisa investir, transformar processos e reduzir emissões reais. À Academia e às Entidades técnico-científicas cabe pesquisar, questionar, medir, desenvolver métodos independentes, formar

profissionais, aperfeiçoar projetos, elaborar referências normativas e garantir que a busca pela descarbonização não comprometa segurança, desempenho e durabilidade.

No Brasil, a vertente industrial possui trajetória própria e digna de registro. A produção em escala industrial de cimento Portland de alto-forno começou em 1952 e a de cimento Portland pozolânico em 1969. Esses cimentos com adições minerais — hoje reconhecidos como soluções de menor fator clínquer — inauguraram uma trajetória na qual a indústria, com atuação técnica e institucional da **ABCP** e do **SNIC**, ampliou o emprego de escórias, pozolanas e outros constituintes em substituição ao clínquer e, posteriormente, introduziu o coprocessamento de resíduos — inclusive pneus inservíveis — em substituição parcial ao coque de petróleo e a outros combustíveis fósseis. (SNIC; ABCP, 2019).

O *Roadmap* **Tecnológico do Cimento – Brasil** registra que essa trajetória colocou o setor entre os de menor fator clínquer e menor intensidade de emissão de CO_2 equivalente por tonelada de cimento no cenário internacional. Trata-se de contribuição histórica e concreta, mas que não basta isoladamente: seus benefícios só se completam quando cimento, concreto, projeto, execução, uso e manutenção convergem para estruturas com baixa emissão de gases estufa no total de sua vida útil, e sejam seguras, duráveis e de alto desempenho.

No caso do IBRACON, há ainda uma característica especial: o Instituto declara que grande parte de seu acervo de conhecimento — congressos, livros, revistas, seminários, práticas recomendadas e Comitês Técnicos — decorre de **trabalho voluntário de profissionais** dedicados à evolução da engenharia de concreto e sua sustentabilidade. (IBRACON, 2022a).

A busca da sustentabilidade foi oficialmente reafirmada no ano do Jubileu de Ouro do IBRACON. Em setembro de 2022, quando o Instituto completou 50 anos, foi publicada a "**Declaração IBRACON sobre a Sustentabilidade do Concreto**", que reconheceu a sustentabilidade como valor fundamental, recuperou a genealogia **CT 206 → CT MAB → CT 101** e propôs uma visão sistêmica abrangendo concepção, projeto, materiais, construção, durabilidade, uso, reutilização e normalização (IBRACON, 2022).

1. Os primórdios

O registro institucional do IBRACON situa no **final da década de 1980** o início das discussões explícitas sobre sustentabilidade e proteção do meio ambiente, inclusive com a introdução do conceito de rendimento ou eficiência ambiental relacionado à quantidade de resistência obtida por unidade de cimento consumido por m^3 de concreto, expressa, por exemplo, em **(MPa/kg)**.

Na Academia, há antecedentes ainda mais antigos e que merecem registro. **Tarcísio de Paula Pinto** defendeu, em 1986, na EESC-USP, dissertação sobre o uso de resíduos de construção em argamassas. **Cláudio Sbrighi Neto**, defendeu em 1993 na EP.USP, a tese de doutorado demonstrando a viabilidade científica da produção de cimento natural silicoso em laboratório, abrindo perspectivas favoráveis para um cimento sem emissão de gases estufa. **Sérgio Eduardo Zordan**, em 1997, na UNICAMP, estudou o emprego de entulho como agregado para concreto; e, na sequência, no início do milênio, trabalhos de **Vahan Agopyan**, **Vanderley John** e **Sérgio Angulo** ajudaram a consolidar uma escola brasileira de gestão, caracterização, reciclagem e desempenho dos resíduos de construção e demolição (PINTO, 1986; ZORDAN, 1997; JOHN, 2000; ANGULO, 2005).

Em 1997, foi criado o **CT 206 — Comitê Técnico para o Meio Ambiente**, posteriormente denominado **CT MAB — Comitê Técnico de Meio Ambiente**, do qual descende o atual **CT 101 — Comitê Técnico IBRACON/ABECE/ABCIC de Sustentabilidade do Concreto**, sendo ABECE a Associação Brasileira

de Engenharia e Consultoria Estrutural e ABCIC a Associação Brasileira da Construção Industrializada de Concreto, os 3 patronos do comitê.

Em **29 de abril de 1997**, realizou-se na Universidade de São Paulo o encontro **"Reciclagem na Construção Civil — Alternativa Econômica para Proteção Ambiental"**, com participação do CT 206. A documentação registra **Paulo Helene e Salomon Levy** na gestão da Comissão Técnica e a participação do professor espanhol Enric Vázquez, da Universidade de Barcelona e especialista no tema. A internacionalização do tema iniciou-se com a fundação do Comitê Técnico do IBRACON. (HELENE; LEVY, 1997).

Sob forte atuação de Salomon Levy, os seminários subsequentes continuaram trazendo especialistas estrangeiros e experiências europeias e norte-americanas. Em 2009, no IX Seminário, participou como convidado o Prof. Fernando Branco, do Instituto Superior Técnico de Lisboa, liderança europeia no tema da sustentabilidade das estruturas. No VII Seminário, em 2006, participaram pesquisadores ligados à Universidade de Columbia e à Universidade de Weimar, além de especialistas brasileiros; a programação discutiu explicitamente o panorama dos agregados reciclados na Europa e a relação da indústria norte-americana do concreto com desenvolvimento sustentável (IBRACON, 2009).

Foi uma abertura sistemática, do debate brasileiro sobre sustentabilidade de estruturas de concreto à experiência internacional.

2. Salomon Levy e a criação de uma cultura brasileira de reciclagem com durabilidade

Salomon Levy ocupa posição central nessa primeira etapa. Os documentos disponíveis permitem afirmar com segurança que Levy esteve entre os principais protagonistas da implantação e consolidação do CT 206 e que foi coordenador do Comitê por nove anos consecutivos, atravessando também sua evolução para CT MAB, além de ser responsável pela organização das sucessivas edições do Seminário IBRACON de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção.

Sua contribuição, entretanto, ultrapassa a ação institucional. A questão científica que Levy desenvolveu foi especialmente importante porque acrescentou uma condição essencial à reciclagem: "**reciclar não basta; é necessário que o novo material seja tecnicamente confiável e durável."**

Sua tese de doutorado, "Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria", foi defendida na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo em 2001, sob orientação de Paulo Helene. Dela resultou uma publicação que merece destaque especial nesta história. Em **2004**, Salomon Levy e Paulo Helene publicaram na revista internacional *Cement and Concrete Research*, v. 34, n. 11, o artigo: **"Durability of recycled aggregates concrete: a safe way to sustainable development".** (LEVY, 2001; LEVY; HELENE, 2004).

O estudo trabalhou com substituições de **0%, 20%, 50% e 100%** de agregados naturais por agregados reciclados provenientes de concreto e alvenaria e avaliou propriedades mecânicas e principalmente de durabilidade, tais como: absorção de água, volume de poros e carbonatação.

A relevância internacional do artigo tornou-se notável. Duas décadas depois de sua publicação, o trabalho permanece amplamente citado em bases bibliométricas e na literatura internacional sobre concreto com agregados reciclados. Na consulta atual (2026) à plataforma **ScienceDirect, da Elsevier, são registrados 432 trabalhos** internacionais citantes, desse artigo.

Essa repercussão não deve ser interpretada apenas de forma bibliométrica. O trabalho tornou-se uma referência internacional consistente porque conectou, ainda no início dos anos 2000, a economia de recursos naturais, com reciclagem, com desempenho e, principalmente, com durabilidade.

O próprio título já sintetizava uma posição conceitualmente avançada: o emprego de agregados reciclados poderia constituir **"a safe way to sustainable development"**, desde que a solução fosse tecnicamente segura. Faz sentido caracterizar esse artigo como um trabalho pioneiro e internacionalmente referenciado para integração entre reciclagem e durabilidade do concreto como condição para o desenvolvimento sustentável. Trata-se de uma contribuição que antecedeu, por muitos anos, a atual popularização da expressão "economia circular".

3. Os seminários do IBRACON: continuidade, voluntariado e formação de uma comunidade técnica

A contribuição do IBRACON não pode ser avaliada apenas pelas publicações individuais. Sua maior força talvez esteja na continuidade institucional. A documentação histórica registra **nove edições da série original do Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil**, desenvolvida no âmbito do CT 206 e depois CT MAB, sob a Coordenação de Salomon Levy.

A numeração dos eventos foi sendo reorganizada e as denominações foram modificadas. Considerando separadamente as séries documentadas pelo IBRACON — 9 edições do Seminário "Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil", 3 Seminários de Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Concreto realizados nos CBCs de 2009, 2010 e 2011 coordenadas por José Marques, e quatro Seminários de Sustentabilidade do Concreto de 2022 a 2025 conduzidos por Carlos Massucato —, ou seja, estão documentados **ao menos 16 encontros especializados,** até 2025, dedicados especificamente à sustentabilidade do concreto, além de centenas de sessões, conferências e trabalhos científicos sobre o tema.

A série contemporânea recebeu impulso especial sob a coordenação de **Carlos Massucato**, que também coordenou o CT 101 durante fase importante de sua reorganização. Em 2022, no Congresso do Jubileu de Ouro do IBRACON, cujo tema geral foi **"Sustentabilidade do Concreto em Defesa do Planeta"**, Massucato coordenou o primeiro Seminário dos tempos atuais. (IBRACON, 2022b).

Em 2023, novamente como coordenador do CT 101 e do Seminário, defendeu que estruturas passassem a ser avaliadas quantitativamente em termos de emissões por unidade de área construída e apresentou a **desmaterialização** como objetivo essencial. (IBRACON, 2023).

Em 2024, o Seminário de Sustentabilidade do 65º Congresso Brasileiro do Concreto teve como um dos destaques a quantificação do carbono incorporado no concreto e nas estruturas. Nesse período consolidou-se a expressão que resume bem sua orientação: (SILVA, 2024).

"Desmaterializar é preciso. Fazer mais com menos!"

A contribuição de Massucato também foi importante para retomar e ampliar aquela internacionalização iniciada na fase de Levy.

O CT 101 passou a estabelecer articulação direta com o **GLOBE** *Global Consensus on Sustainability in the Built Environment*, e o próprio Massucato registrou a participação efetiva do Comitê brasileiro no projeto internacional *Benchmarking of Resource Use and Embodied CO_2 in Buildings*, buscando aproximar dados e experiências nacionais de uma base mundial. (GLOBE, 2026; IBRACON, 2026).

Existe, portanto, uma interessante continuidade: **"Levy internacionalizou a discussão brasileira sobre reciclagem e sustentabilidade trazendo ao país pesquisadores e experiências europeias e norte-**

americanas. Massucato ampliou essa inserção mais recentemente, conectando o CT 101 às redes internacionais contemporâneas de carbono, recursos e desmaterialização, com destaque para o GLOBE."

4. Paulo Helene: durabilidade, vida útil e, finalmente, sustentabilidade dentro do próprio projeto estrutural

Outra contribuição brasileira de longa duração foi desenvolvida por **Paulo Helene e colaboradores**. Sua importância para este histórico está principalmente em deslocar a sustentabilidade, progressivamente, do domínio exclusivo do material para o **domínio do projeto estrutural**.

A trajetória pode ser identificada já em **1993**, com o trabalho *"A Resistência do Concreto sob Carga Mantida e a Idade de Estimativa da Resistência Característica"*, apresentado no III Simpósio EPUSP sobre Estruturas de Concreto, associado naquele mesmo período ao desenvolvimento dos conceitos de vida útil de projeto, vida útil de serviço, vida útil residual e vida útil total. (HELENE, 1993).

Em 1996, a formulação da durabilidade tornou-se direta com o trabalho *"Introdução da Durabilidade (Vida Útil) no Projeto das Estruturas de Concreto — Contribuição à Normalização"*. (HELENE, 1996).

A importância conceitual é grande. A estrutura deixa de ser avaliada apenas em função da resistência no instante inicial e passa a ser compreendida em função do desempenho ao longo de um período de tempo especificado.

Se hoje isso parece evidente, na década de 1990, não era. Em termos ambientais, a consequência é direta: *"maior vida útil → menos reparos → menos substituições → menos materiais e energia"*.

Essa trajetória alcançou também a normalização internacional. **Paulo Helene** foi *Deputy Chairman* da Comissão 5 — *Structural Service Life Aspects*, da ***fib***. Nessa condição, participou do esforço técnico que resultou na redação e publicação, em 2006, do ***fib*** *Bulletin 34 — Model Code for Service Life Design*. Esse documento consolidou a integração entre projeto estrutural e vida útil, incorporando a durabilidade como requisito de projeto e apresentando métodos de verificação aplicáveis a estruturas novas e existentes. (***fib***, 2006).

A conexão com sustentabilidade, iniciada em 1993, tornou-se explicitamente declarada no início dos anos 2000. A documentação registra palestras intituladas *"Concreto e Sustentabilidade"*, em 2007 e 2008, e *"Sustentabilidade das Estruturas de Concreto",* em 2008. Em 2010, na conferência *"O Concreto e a Sustentabilidade das Estruturas"*, Helene apresentava um princípio especialmente importante: **pensar na estrutura, na obra e no produto final, e não apenas nos materiais isoladamente.** (HELENE; LEVY, 2007; HELENE, 2010).

Para um mesmo pilar estrutural, comparando concretos de 20 MPa e 50 MPa, a solução com maior resistência permitia, no exemplo apresentado, reduzir a seção em aproximadamente **52%**, o potencial de aquecimento global do elemento em cerca de **32%** e sua energia incorporada em aproximadamente **49%**. (HELENE, 2010).

No 66º Congresso Brasileiro do Concreto, em 2025, Helene mostrou novamente que um concreto de 50 MPa poderia apresentar maior emissão por metro cúbico e, simultaneamente, resultar em um lance de pilar com aproximadamente **metade da emissão total** do equivalente dimensionado com concreto de 20 MPa.

Esse paradoxo é essencial: maior $CO_2/m^3 \not\Rightarrow$ maior CO_2/estrutura, ou seja, a unidade funcional importa. O caso dos pilares do edifício **e-Tower**, posteriormente analisado por Jéssika Pacheco, Lígia Doniak,

Mariana Carvalho e Paulo Helene, também mostrou reduções estimadas de aproximadamente **53% no volume de concreto, 20% no consumo total de cimento, 43% no aço e 31% na área de fôrmas** quando se adotou uma solução estrutural com concreto de maior resistência, que resultou bem mais sustentável. (PACHECO et al., 2016). Trabalho similar foi publicado na Revista *Concrete Plants International* em diferentes idiomas. Foi também publicado, em 2017, na primeira edição do ***fib*** ICCS (*International Conference on Concrete Sustainability*), realizado em Madri, Espanha.

No *International **fib** Symposium on Conceptual Design of Concrete Structures*, ocorrido em maio de 2025 no Rio de Janeiro, Rafael Silva, Ricardo Boni e Paulo Helene, apresentaram um trabalho denominado "*An alternative method for calculating concrete design strength*, f_{cd}**"**, que junto com as pesquisas de Ricardo Boni para a sua dissertação de mestrado, defendida no Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) sob o título *"Contribuição aos modelos de comportamento da resistência à compressão do concreto"*, trouxeram impacto direto para a sustentabilidade por meio do uso inteligente dos conceitos básicos de introdução da segurança no projeto das estruturas de concreto.

A contribuição conceitual pode ser sintetizada assim: "**não interessa reduzir o impacto ambiental de um metro cúbico de concreto; interessa reduzir o impacto da estrutura necessária para desempenhar certa função durante determinada vida útil."**

Essa é, em essência, a desmaterialização estrutural desejada, perseguida e viável.

5. Ricardo Couceiro Bento: a Avaliação do Ciclo de Vida chega formalmente ao dimensionamento

A contribuição de **Ricardo Bento** aprofunda e sistematiza essa mudança. Sua tese de doutorado, defendida em 2016 no Instituto de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (IAU-USP), em São Carlos, sob orientação de João Adriano Rossignolo, intitulou-se: "Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento." (BENTO, 2016).

A pesquisa comparou soluções efetivamente dimensionadas com seis classes de resistência do concreto, de C25 a C50, modificando dimensões dos elementos, volumes de concreto, aço e fôrmas e aplicando então a ACV às alternativas estruturalmente equivalentes. Esse é um avanço metodológico importante. (BENTO, 2016).

A pergunta deixa de ser:"qual concreto possui menor impacto ambiental por metro cúbico?" e passa a ser: **"qual solução estrutural, para a mesma função, apresenta melhor desempenho ambiental?"** Os trabalhos precursores dessa tese já eram apresentados no Congresso Brasileiro do Concreto em 2013.

Na revisão bibliográfica realizada para este histórico, não foi encontrada contribuição brasileira anterior que reunisse de modo tão explícito e sistemático, Avaliação do Ciclo de Vida, dimensionamento estrutural real, variação da resistência do concreto, alteração das seções e quantitativos de materiais e utilização dos resultados ambientais como instrumento de decisão do projetista. (BENTO, 2016).

Por isso, é adequado classificar a tese de Bento como uma das contribuições pioneiras brasileiras — e possivelmente uma das primeiras em escala nacional com essa abrangência — na integração entre ACV e dimensionamento sustentável de estruturas de concreto armado. (BENTO, 2016).

Hoje, essa linha prossegue no CT 101, onde Ricardo Bento coordena o grupo dedicado ao projeto estrutural. (IBRACON, 2026).

6. Vanderley John e a ecoeficiência dos materiais e da construção

A contribuição de **Vanderley John** representa outra vertente essencial. Seu trabalho e o de seus colaboradores ajudaram a quantificar ecoeficiência de cimento, concreto e materiais de construção, relacionando intensidade de ligantes, resíduos, emissões, ciclo de vida e desempenho, dando origem ao SIDAC Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção. (JOHN, 2000; DAMINELI; JOHN; PILEGGI, 2012).

Na mesma vertente, **Geraldo C. Isaia** e **Antonio Luiz Guerra Gastaldini** demonstraram, em 2009, o potencial técnico e ambiental de concretos com elevados teores de cinza volante e escória, enquanto **Bruno Luís Damineli**, **Rafael Giuliano Pileggi** e **Vanderley John** formularam, em 2012, indicadores de intensidade de ligantes e de CO_2 para quantificar a ecoeficiência do uso do cimento (ISAIA; GASTALDINI, 2009; DAMINELI; JOHN; PILEGGI, 2012).

Vanderley John também atua no BIPc(Benchmark Iterativo para Projetos de Baixo Carbono). Essa ferramenta digital foi desenvolvida pela Caixa Econômica Federal em parceria com a USP, para medir e reduzir as emissões de carbono incorporado em empreendimentos habitacionais no Brasil. A plataforma foi lançada em 2025, em São Paulo, sendo compatível com a metodologia BIM, podendo gerar estimativas instantâneas de impacto ambiental.

Essa atuação permitiu construir uma ponte entre: ciência dos materiais ↔ eficiência de recursos ↔ carbono, e teve repercussão nacional e internacional.

John é também um dos responsáveis pela inserção brasileira no GLOBE: a versão em português do consenso internacional foi traduzida por **Vanderley John e Maria Alice Gonzales**, ambos da USP. (GLOBE, 2026).

Outra contribuição recente de Vanderley John é a criação da "Cátedra Construindo o Amanhã", uma parceria entre a USP e a Arcelor-Mittal. Uma de suas iniciativas é justamente o curso on-line gratuito "**Estruturas de edifícios de concreto armado de baixo carbono**", no qual o Prof. Ricardo França tem especial participação.

Vanderley John também participa do Centro de Inovação em Construção Sustentável, CICS, que se intitula um ecossistema de inovação e pesquisa dedicado a acelerar a sustentabilidade, a ecoeficiência e a produtividade na cadeia produtiva da construção civil.

7. Edna Possan, Fernanda Belizário, Carlos Massucato e a passagem da discussão qualitativa para a medição

Outra etapa de maturidade ocorreu quando sustentabilidade deixou de ser apenas princípio e passou a exigir dados quantitativos, rastreabilidade e comparabilidade.

A contribuição de **Edna Possan** destaca-se na investigação da carbonatação e recarbonatação do concreto e no balanço entre emissões e fixação de dióxido de carbono, sempre com a necessária preocupação de não dissociar o benefício climático da preservação da durabilidade. (FELIX; POSSAN, 2018).

Fernanda Belizário Silva, por sua vez, possui participação particularmente relevante no desenvolvimento de metodologias nacionais de avaliação do desempenho ambiental dos materiais de construção e do **SIDAC**. (BRASIL, 2022; SILVA, 2024).

Em 2024, o CT 101 lançou o Boletim Técnico **"Quantificação das emissões de CO_2 incorporadas em materiais cimentícios e estruturas de concreto"**, discutido no Seminário de Sustentabilidade coordenado por Massucato. A apresentação de Fernanda Belizário mostrou, passo a passo, o cálculo das

emissões incorporadas em um metro cúbico de concreto e em um metro quadrado de estrutura, utilizando, entre outras fontes, dados nacionais do SIDAC. (SILVA, 2024).

É uma transformação fundamental: **de "ser sustentável" para "medir quanto se é sustentável".**

No campo do concreto como material, especialmente do concreto dosado em central, a **ABESC** associa sustentabilidade à profissionalização do processo produtivo: dosagem automática e precisa, laboratórios e controle estatístico, calibração periódica, treinamento e prevenção de desperdícios e perdas. Essas práticas aumentam a uniformidade, o desempenho e a durabilidade do concreto entregue e reduzem retrabalho e perdas por unidade de serviço; sua agenda recente também vem incorporando explicitamente eficiência, redução de impacto e neutralidade climática.

Na construção industrializada, a **ABCIC** mantém um Grupo de Trabalho de Sustentabilidade em seu planejamento estratégico, promove discussões sobre construção de baixo carbono e vem estruturando ações para o desenvolvimento de uma Declaração Ambiental de Produto (DAP/EPD) setorial. A entidade também relaciona a pré-fabricação a processos mais organizados, a menor desperdício e a maior controle de matérias-primas e recursos naturais, reforçando a importância do desempenho, da qualidade fabril e da eficiência no uso desses recursos.

Atualmente, a ABCIC implementou, com consultoria internacional, o inventário de 15 indústrias, considerando a fase do ciclo de vida do berço ao portão , já auditado pela Certinália, empresa certificadora credenciada pela plataforma Enviordec, e, após ajustes identificados nas medições durante a auditoria, aguarda a certificação. A próxima etapa será contemplar as fases de transporte e montagem das estruturas pré-fabricadas de concreto.

8. SIDAC e CECarbon: ferramentas essenciais

SIDAC e CeCarbon compõem uma infraestrutura nacional importantíssima de desempenho e inovação, mas o sistema criado para gerar dados ambientais comparáveis ou apoiar diretamente as Declarações Ambientais de Produto, é o **SIDAC — Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção**.

O SIDAC permite calcular indicadores ambientais de produtos da construção utilizando **dados brasileiros verificados** e conceitos de Avaliação do Ciclo de Vida. Sua primeira versão contempla demanda de energia primária e emissão de CO_2 do berço ao portão da fábrica. (BRASIL, 2022).

O sistema permite ainda consultar e comparar indicadores de fornecedores do mesmo produto e emitir uma declaração de desempenho ambiental. (BRASIL, 2022).

Sua metodologia foi desenvolvida com participação de **Fernanda Belizário Silva, Kátia Punhagui, Sérgio Pacca, Vanderley John** e vários outros pesquisadores brasileiros. (BRASIL, 2022).

Portanto, para uma futura infraestrutura brasileira de **Declarações Ambientais de Produto (DAP/EPD)** confiáveis, verificáveis e comparáveis, o SIDAC é uma iniciativa positiva e segura.

É importante apenas não equiparar automaticamente uma declaração simplificada DAP do SIDAC a uma EPD completa certificada segundo todas as exigências internacionais aplicáveis. O grande valor do sistema nacional está em criar uma **metodologia simples e comum, dados brasileiros verificados e comparáveis**, condições indispensáveis para avaliações ambientais com maior confiabilidade.

Contribuição prática relevante também tem sido oferecida pela TQS, empresa privada de software, com destaque para Abram Belk, que introduziu na **versão V26** do programa brasileiro de engenharia civil usado para o cálculo e projeto de estruturas de concreto armado e protendido, o cálculo das emissões de

carbono. Nessa versã isso foi ainda tornado melhor com a emissão de outros formatos de relatórios e, especialmente, a integração direta com o sistema SIDAC e com a plataforma BIPc.

Outra iniciativa brasileira particularmente relevante é a **CECarbon — Calculadora de Eficiência Energética e Emissões de Carbono na Construção**, concebida pelo **Comitê de Meio Ambiente do Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo (SindusCon-SP)**, com participação da Secretaria Nacional de Habitação e cooperação alemã.

A CECarbon é gratuita e permite calcular carbono e energia incorporados nas edificações, considerando informações efetivas das obras. Seu significado é complementar ao SIDAC: pois trabalha com o impacto da edificação no ambiente, enquanto o SIDAC trata e registra dados ambientais do produto.

Em 2026, o SindusCon-SP informou que a CECarbon já se consolidava como banco nacional de informações sobre emissões e energia incorporada e divulgou, a partir das obras cadastradas, emissões médias da ordem de **0,22 a 0,23 tCO_2e/m^2**, inclusive permitindo comparações entre sistemas construtivos. (SINDUSCON-SP, 2026a; SINDUSCON-SP, 2026b).

Esse tipo de iniciativa é extremamente importante porque cria o que ainda falta em grande medida à engenharia brasileira: *benchmark***.** Sem banco de dados confiável não existe comparação. Sem comparação não existe meta objetiva.

Sem meta objetiva, sustentabilidade corre o risco de permanecer apenas como discurso.

9. Ricardo França: sustentabilidade através da boa concepção estrutural

A contribuição de **Ricardo França** acrescenta outro componente essencial: a influência da **tipologia e da concepção estrutural**.

Não basta escolher cimento de menor carbono ou aumentar a resistência do concreto, pois o projetista decide: vãos; posição e quantidade de pilares; tipologia de lajes; rigidez; geometria; sistemas resistentes; distribuição de esforços; níveis de solicitação; estratégias construtivas. Essas escolhas determinam grandes parcelas do volume total de concreto e do aço utilizado.

A ideia fundamental é simples: "**boa engenharia estrutural é também uma tecnologia de descarbonização."** Essa abordagem complementa diretamente as linhas de Helene e Bento, porque desloca o problema do material para a concepção da solução. (IBRACON, 2023; IBRACON, 2025).

Recentemente Ricardo França, Fernanda Belizário e colaboradores, em 2025, publicaram interessante trabalho de análise de 28 alternativas de sistemas de lajes de concreto armado moldado in loco, combinando sete tipologias estruturais e quatro vãos entre pilares, para comparar consumo de materiais, carbono incorporado, custo e intensidade de mão de obra. Os resultados mostraram que decisões de concepção estrutural, especialmente o uso de vigas e a escolha dos vãos, podem alterar o carbono incorporado da estrutura em até 3,4 vezes, com valores entre 48 e 167 $kgCO_2eq./m^2$. (BELIZARIO-SILVA et al., 2025)

10. Como o Brasil se compara com *fib*, ACI e GLOBE?

A comparação internacional pode ser muito instrutiva.

fib

A ***fib*** publicou em **2008** o *Bulletin 47 — Environmental Design of Concrete Structures: General Principles*, defendendo explicitamente sistemas de projeto ambiental para estruturas de concreto. (***fib***, 2008).

Em **2012**, o *Bulletin 67 — Guidelines for Green Concrete Structures* passou a oferecer ferramentas práticas aos projetistas para redução dos impactos durante todo o ciclo de vida. (***fib***, 2012).

Em **2013**, o *Bulletin 71 — Integrated Life Cycle Assessment of Concrete Structures* integrou aspectos ambientais, econômicos e sociais na avaliação do ciclo de vida das estruturas. (***fib***, 2013).

O passo mais importante ocorreu no ***fib*** **Model Code for Concrete Structures 2020**, publicado inicialmente em 2023 e atualmente na versão 1.2 (2024), no qual a sustentabilidade passa a ser um **requisito fundamental do projeto**, articulado com segurança, durabilidade, adaptação, custos e impacto ambiental ao longo do ciclo de vida. (FIB, 2024).

Esse talvez seja, hoje, o exemplo internacional mais completo de incorporação da sustentabilidade à própria filosofia normativa do projeto estrutural. Além disto, traz a visão holística da sustentabilidade ao integrar os três pilares: meio ambiente, social e econômico. Outro aspecto relevante foi que passou a ser um código que integrou não somente as estruturas novas, mas também as existentes, o que, converge com o ponto de vista dos SDGs (*Sustainable Development Goals*), ou, em português, ODS Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Os ODS/SDG aprovados unânimemente pelos 193 Estados-membros das Nações Unidas durante a Cúpula das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento Sustentável, realizada na sede da ONU em Nova York em 2015, estabeleceram 17 metas independentes adotadas para combater a pobreza, proteger o meio ambiente e garantir a paz e prosperidade mundial, como parte dos objetivos para 2050 dentro da agenda do desenvolvimento sustentável. Dentre eles, o SDG 9, o SDG 11 e o SDG 13, indústria, inovação e infraestrutura, cidades e comunidades sustentáveis, bem como a ação contra a mudança global do clima, são os principais ODS relacionados às atividades da construção civil. Aspectos como a idade das estruturas existentes, o retrofit e a circularidade são considerados.

A presença brasileira na ***fib*** também alcançou o campo da pré-fabricação. Paulo Helene junto com Íria Doniak, participou dos trabalhos do *Task Group 6.3 — Sustainability of Precast Structures*, da Comissão 6 — *Prefabrication*, atuando como colaborador adicional do *fib Bulletin 88 — Sustainability of Precast Structures* (2018), relatório dedicado à sustentabilidade das estruturas com elementos pré-moldados ao longo do ciclo de vida. **Íria Doniak**, presidente da ABCIC e uma das autoras desse boletim ***fib 88***, exerce atualmente também a presidência da ***fib*** no biênio 2025–2026. Para orgulho do Brasil, é a primeira mulher a presidir a entidade e a primeira presidente oriunda da América Latina, marco da projeção internacional da engenharia brasileira do concreto. (***fib***, 2018).

O *fib Bulletin 88* contemplou também o Selo de Excelência ABCIC, em seu nível 3, programa voluntário da entidade que integra qualidade, meio-ambiente e segurança, estabelecido em 2003, que contou com a consultoria do CTE (Centro de Tecnologia das Edificações) e é auditado pelo IFBQ (Instituto Falcão Bauer da Qualidade).

Finalmente, no campo da pré-fabricação, foi recentemente publicado o *fib Bulletin 121, "Sustainability of structures with precast elements assessment using a multi-criteria decision tool"*. Além disso, a ***fib*** mantém a *Commission 7* e diversos subgrupos sob o SAG 1 - *Special Activity Group* em sustentabilidade.

A história institucional do ACI também é interessante para comparação com o Brasil.

Embora houvesse iniciativas anteriores no ACI relacionadas ao desenvolvimento sustentável, o movimento institucional que deu origem ao atual programa ganhou força com o *Concrete Summit on Sustainable Development* de 2007. O **ACI Committee 130 — Sustainability of Concrete** realizou sua primeira reunião em novembro de 2008 (ACI, s.d.).

Ou seja, o CT 206 do IBRACON, de 1997, aparece **mais de uma década antes** do *ACI Committee 130*. Isso não prova prioridade científica mundial, mas demonstra inequivocamente que a institucionalização brasileira foi precoce.

Em 2022 o ACI lançou o **NEU — An ACI Center of Excellence for Carbon Neutral Concrete**, dedicado a acelerar pesquisa, conhecimento, educação e adoção de concreto carbono-neutro. (ACI, 2022).

Mais recentemente, o ACI avançou decisivamente da orientação para a prescrição normativa. O **ACI CODE-323-24 — Low-Carbon Concrete: Code Requirements and Commentary**, publicado em 2024, estabelece requisitos para concreto quando há exigência de redução do **Potencial de Aquecimento Global (GWP — Global Warming Potential)**. (ACI COMMITTEE 323, 2024).

Esse é justamente um ponto em que a experiência norte-americana deve servir como provocação positiva ao Brasil: **transformar sustentabilidade em critério tecnicamente especificável e verificável, em norma.**

GLOBE

O GLOBE representa uma terceira abordagem.

Não é associação industrial e não se limita ao concreto. Reúne seis organizações técnico-científicas internacionais, dentre elas a ***fib,*** com milhares de especialistas e abrangência em mais de 150 países. (GLOBE, 2026).

Sua mensagem central é particularmente convergente com a trajetória brasileira:"a descarbonização do ambiente construído não ocorrerá apenas substituindo energia ou capturando carbono; será necessário usar menos materiais e usar materiais de menor carbono incorporado." (GLOBE, 2026).

A aproximação promovida pelo CT 101, especialmente na fase coordenada por Carlos Massucato, colocou o IBRACON dentro dessa discussão internacional contemporânea. O próprio CT declara hoje como objetivo manter suas atividades alinhadas com ***fib,*** *ACI Committee 130*, GLOBE e outros organismos internacionais. (IBRACON, 2026).

11. E a GCCA? Importante, mas outra natureza de contribuição

A Global Cement and Concrete Association **(GCCA)** deve ser reconhecida, mas mantida em categoria própria. Ela representa, essencialmente, **empresas e a indústria mundial do cimento**.

Seu papel é absolutamente necessário: investimentos industriais, redução do teor de clínquer, combustíveis alternativos, eficiência térmica, novos cimentos, desenvolvimento de CCUS e metas efetivas de emissões.

Mas não deve ser confundido com o papel da Academia, do IBRACON, da ABCIC, da ABECE, da ***fib***, do ACI ou do GLOBE. O GCCA tem meta, tem investimento, tem foco na fabricação e busca a redução física e direta de emissões, enquanto a academia e as entidades técnico-científicas se baseiam na ciência, no método, no projeto, na norma e na formação e capacitação do meio técnico.

Uma estratégia séria de Net Zero séria exige as duas vertentes.

12. Uma leitura crítica da contribuição brasileira

O balanço histórico é muito favorável, mas não deve ser ufanista. O Brasil começou cedo.

A institucionalização do tema no IBRACON em 1997 é anterior ao atual movimento estruturado do ACI e aproximadamente uma década anterior ao ***fib*** *Bulletin 47*. (IBRACON, 2022a; ACI, s.d.; FIB, 2008).

O Brasil produziu ideias relevantes, entre elas:

- reciclagem associada à durabilidade;
- vida útil como variável de projeto;
- ecoeficiência do cimento e do concreto;
- avaliação do ciclo de vida incorporada ao dimensionamento;
- estrutura como unidade funcional, e não apenas metro cúbico de concreto;
- desmaterialização estrutural;
- carbonatação e recarbonatação analisadas conjuntamente com durabilidade;
- carbono incorporado quantificado com dados nacionais.

Enfim, o Brasil criou uma cultura de debate contínuo. São **ao menos 16 encontros especializados documentados no IBRACON**, distribuídos por diferentes séries e denominações, além de congressos, sessões técnicas, revistas, teses, artigos e práticas recomendadas (IBRACON, 2022a; IBRACON, 2025).

Mas ainda precisamos acelerar e chegar a um documento consensual, acessível, democrático, inclusivo e que consolida a capacitação industrial do país, contribuindo para o **desenvolvimento de competências técnicas e qualificação profissional avançada** dos indivíduos de uma nação desenvolvida e moderna, ou seja, precisamos chegar à NORMA técnica da ABNT.

É a norma técnica que vai disseminar com segurança e nacionalmente o conhecimento e as novas ferramentas e tecnologias:

- A ***fib*** já incorporou a sustentabilidade ao seu Model Code.
- ACI já possui um código de concreto de baixo carbono.
- GLOBE trabalha em *benchmarking* global.
- Brasil avança com SIDAC, CECarbon e o CT 101.

A participação de Salomon Levy, Íria Doniak, Paulo Helene, Vanderley John, Ricardo Bento, Carlos Massucato, Edna Possan, Ricardo França, Fernanda Belizário, Kátia Punhagui, Geraldo Isaia, Antonio Gastaldini, Tarcísio de Paula Pinto, Sérgio Zordan, Sérgio Angulo, Ricardo Boni, Bruno Damineli, Rafael Pileggi, José Ribeiro de Lima, Vahan Agopyan, Enio Pazini, José Marques, Lígia Doniak, Lucas Caldas e outros demonstra que não se trata da contribuição isolada de poucas pessoas, mas da formação de uma **escola brasileira plural de pensamento sobre a sustentabilidade do concreto e das estruturas**.

CONCLUSÃO

O movimento mundial Net Zero é recente, mas a preocupação brasileira com a sustentabilidade das estruturas de concreto não é.

Muito antes dos atuais *roadmaps* industriais, o Brasil já discutia eficiência no uso do cimento, reciclagem, durabilidade e vida útil. O antigo CT 206 institucionalizou esse esforço em 1997. (IBRACON, 2022a).

Apesar que as fontes principais de gases tipo estufa estão nos materiais que compõem a estrutura de concreto: no cimento, no concreto, no aço e na forma, a sociedade não compra aço, nem cimento, nem m^3 de concreto como objetivo final. A sociedade necessita de: *"habitações, hospitais, escolas, pontes, túneis,*

saneamento, portos, barragens e infraestrutura que sejam ambientalmente corretas e permaneçam seguras, funcionais e duráveis."

A verdadeira unidade funcional é, portanto, **o serviço prestado pela estrutura ao longo de sua vida útil**.

- a indústria do aço e do cimento tem a responsabilidade de **descarbonizar o aço e o cimento**.
- a tecnologia do concreto deve **maximizar o desempenho de cada m^3 de concreto**.
- e a engenharia estrutural precisa transformar esses materiais em estruturas que utilizem a menor quantidade racional de recursos para cumprir, com segurança e durabilidade, a função social que delas se espera.

Esse talvez seja o legado mais importante de mais de três décadas da contribuição brasileira: "**sustentabilidade não é simplesmente construir com materiais de menor emissão de carbono. É construir melhor, com menos recursos, com maior desempenho e para a posteridade."**

E, nesse sentido, o Brasil e o CT 101 não estão começando agora. Tem história. Tem conhecimento. Tem pesquisadores. Tem instituições. Tem indústrias conscientes.

O desafio contemporâneo para o país e o CT 101 é transformar essa herança em normas da ABNT e ferramentas correntes de projeto capazes de produzir reduções ambientais viáveis, reais e mensuráveis.

ESCLARECIMENTOS

Declaração de Uso de IA Generativa: Durante a preparação e o levantamento do histórico da sustentabilidade do concreto no Brasil, para redação deste artigo, o autor utilizou a ferramenta ChatGPT (desenvolvida pela OpenAI) como suporte de pesquisa e assistência à redação. A ferramenta foi empregada para auxiliar na identificação inicial de instituições de pesquisa, alguns pesquisadores de referência e plataformas institucionais voltadas à sustentabilidade do concreto no Brasil, bem como para a otimização textual e fluidez da escrita. Todas as fontes, dados históricos e informações técnicas gerados ou sugeridos pela ferramenta foram revisados, conferidos manualmente em bases de dados científicas e validados integralmente pelo autor, que assume total responsabilidade científica e ética pelo conteúdo final aqui publicado.

REFERÊNCIAS

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. Ensuring sustainability and resilience. Farmington Hills, MI: ACI, [s.d.]. Disponível em: https://www.concrete.org/newsandevents/news/newsdetail.aspx?f=51689411. Acesso em: 4 set. 2026.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. American Concrete Institute launches new Center of Excellence for Carbon Neutral Concrete. Farmington Hills, MI: ACI, 7 abr. 2022. Disponível em: https://www.concrete.org/newsandevents/news/newssearch.aspx?keywords=transfer&m=NewsSearch. Acesso em: 4 set. 2026.

ACI COMMITTEE 323. ACI CODE-323-24: Low-Carbon Concrete—Code Requirements and Commentary. Farmington Hills, MI: American Concrete Institute, 2024. 25 p.

ANGULO, Sérgio Cirelli. Caracterização de agregados de resíduos de construção e demolição reciclados e a influência de suas características no comportamento de concretos. 2005. Tese (Doutorado em Engenharia) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005. DOI: 10.11606/T.3.2005.tde-18112005-155825.

BELIZARIO-SILVA, Fernanda; CARVALHO, Matheus; FORTES, Gustavo; OLIVEIRA, Cassio Gomes de; MENEGHETTI, Leila Cristina; JOHN, Vanderley M.; FRANÇA, Ricardo Leopoldo e Silva. Beams unlock large carbon savings in reinforced concrete structures. *Structures*, v. 79, art. 109427, 2025. DOI: https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109427

BENTO, Ricardo Couceiro. Análise do desempenho ambiental de estruturas de concreto armado: uso da avaliação do ciclo de vida (ACV) no processo decisório do dimensionamento. 2016. Tese (Doutorado) — Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016. DOI: 10.11606/T.102.2017.tde-23012017-101051.

BONI, Ricardo B. G. R. Contribuição aos modelos de comportamento da resistência a compressão do concreto. 2025. Dissertação (Mestrado em Habitação: Planejamento e Tecnologia) – Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, 2025.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. SIDAC — Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção. Brasília, DF: MME, 2022. Disponível em: https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/ee/sidac/sidac-sistema-de-informacao-do-desempenho-ambiental-da-construcao. Acesso em: 4 set. 2026.

DAMINELI, Bruno Luís; JOHN, Vanderley Moacyr; PILEGGI, Rafael Giuliano. Eco-eficiência do uso do cimento em concreto: estado atual, possibilidades e tendências. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 54., 2012, Maceió. Anais [...]. Maceió: IBRACON, 2012.

FELIX, Emerson Felipe; POSSAN, Edna. Balanço das emissões e da captura de CO_2 em estruturas de concreto: simulação em função do consumo e tipo de cimento. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 11, n. 1, p. 135-162, 2018. DOI: 10.1590/S1983-41952018000100008.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). Model Code for Service Life Design. Lausanne: fib, 2006. 116 p. (fib Bulletin, 34). DOI: 10.35789/fib.BULL.0034.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). Environmental design of concrete structures: general principles. Lausanne: fib, 2008. 48 p. (fib Bulletin, 47). DOI: 10.35789/fib.BULL.0047.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). Guidelines for green concrete structures. Lausanne: fib, 2012. 60 p. (fib Bulletin, 67). DOI: 10.35789/fib.BULL.0067.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). Integrated life cycle assessment of concrete structures. Lausanne: fib, 2013. 64 p. (fib Bulletin, 71). DOI: 10.35789/fib.BULL.0071.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). Sustainability of precast structures. Lausanne: fib, 2018. 153 p. (fib Bulletin, 88). DOI: 10.35789/fib.BULL.0088.

FÉDÉRATION INTERNATIONALE DU BÉTON (fib). fib Model Code for Concrete Structures (2020). Version 1.2. Lausanne: fib, 2024. 780 p. ISBN 978-2-88394-175-5.

GLOBE CONSENSUS. The Joint Committee on the GLOBE Consensus. Lausanne, [2026]. Disponível em: https://globe-consensus.com/. Acesso em: 4 set. 2026.

HELENE, Paulo. A resistência do concreto sob carga mantida e a idade de estimativa da resistência característica. In: SIMPÓSIO EPUSP SOBRE ESTRUTURAS DE CONCRETO, 3., 1993, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: EPUSP, 1993. p. 271-282.

HELENE, Paulo. Introdução da durabilidade (vida útil) no projeto das estruturas de concreto: contribuição à normalização. In: NACE LATIN AMERICAN REGION CORROSION CONGRESS, 2., 1996, Rio de Janeiro. Anais [...]. Rio de Janeiro: NACE, 1996.

HELENE, Paulo; LEVY, Salomon Mony. Reciclagem do entulho de construção civil, a solução política e ecologicamente correta. In: SEMINÁRIO RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL: ALTERNATIVA ECONÔMICA PARA PROTEÇÃO AMBIENTAL, 1997, São Paulo. Anais [...]. São Paulo: IBRACON/CT 206, 1997.

HELENE, Paulo; LEVY, Salomon Mony. Concreto e sustentabilidade. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO, 49.; SEMINÁRIO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E A RECICLAGEM NA CONSTRUÇÃO CIVIL, 8., 2007, Bento Gonçalves. Apresentação. São Paulo: IBRACON, 2007.

HELENE, Paulo. O concreto e a sustentabilidade das estruturas. In: SIMPÓSIO DE CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS — SICEM, 3., 2010, Aracaju. Conferência. Aracaju: UFS, 2010.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO. Declaração IBRACON sobre a Sustentabilidade do Concreto. Concreto & Construções**,** São Paulo, ed. 107, p. 8-9, 12-13, jul./set. 2022.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). IX Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil. Concreto & Construções, São Paulo, ed. 55, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). Congresso Brasileiro do Concreto: Jubileu de Ouro — Seminário de Sustentabilidade. São Paulo: IBRACON, 2022. Disponível em: https://site.ibracon.org.br/sem-categoria/congresso-brasileiro-do-concreto-jubileu-de-ouro-seminario-de-sustentabilidade-2/. Acesso em: 4 set. 2026.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). 64º Congresso Brasileiro do Concreto: desmaterialização das estruturas. Concreto & Construções, São Paulo, ed. 112, out./dez. 2023.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). 65º Congresso Brasileiro do Concreto: Seminário de Sustentabilidade. Concreto & Construções, São Paulo, ed. 116, out./dez. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). Profissionais apontam caminhos para enfrentar mudanças climáticas. Concreto & Construções, São Paulo, ed. 120, out./dez. 2025.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CONCRETO (IBRACON). CT 101 — Comitê Técnico IBRACON/ABECE/ABCIC de Sustentabilidade do Concreto. São Paulo: IBRACON, 2026. Disponível em: https://site.ibracon.org.br/comites-tecnicos/ct-101-comite-tecnico-de-gestao-ambiental-de-concreto-e-estruturas-de-concreto/. Acesso em: 4 set. 2026.

ISAIA, Geraldo Cechella; GASTALDINI, Antonio Luiz Guerra. Sustentabilidade do concreto com quantidade muito alta de cinza volante e escória. Revista IBRACON de Estruturas e Materiais, v. 2, n. 3, 2009.

JOHN, Vanderley Moacyr. Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento. 2000. Tese (Livre-Docência) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. DOI: 10.11606/T.3.2000.tde-27072022-082553.

LEVY, Salomon Mony. Contribuição ao estudo da durabilidade de concretos, produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. 2001. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) — Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001. DOI: 10.11606/T.3.2001.tde-15072026-081023.

LEVY, Salomon Mony; HELENE, Paulo. Durability of recycled aggregates concrete: a safe way to sustainable development. Cement and Concrete Research, v. 34, n. 11, p. 1975-1980, 2004. DOI: 10.1016/j.cemconres.2004.02.009.

PACHECO, Jéssika; DONIAK, Lígia; CARVALHO, Mariana; HELENE, Paulo. The paradox of high performance concrete used for reducing environmental impact and sustainability increase. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON CONCRETE SUSTAINABILITY — ICCS16, 2., 2016, Madrid. Proceedings [...]. Madrid, 2016. p. 442-453.

PINTO, Tarcísio de Paula. Utilização de resíduos de construção: estudo do uso em argamassas. 1986. Dissertação (Mestrado) — Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1986. DOI: 10.11606/D.18.1986.tde-20260612-173815.

SILVA, Fernanda Belizario. Quantificação das emissões de CO_2 incorporadas em materiais cimentícios e estruturas de concreto. Editores: Kátia Regina Garcia Punhagui; Carlos José Massucato. 1. ed. São Paulo: IBRACON/ABECE/ABCIC, 2024. 86 p. ISBN 978-65-89675-26-6.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). Construção civil divulga indicadores de emissões e energia incorporada no Brasil. São Paulo, 23 mar. 2026. Disponível em: https://sindusconsp.com.br/construcao-civil-divulga-indicadores-de-emissoes-e-energia-incorporada-no-brasil/. Acesso em: 4 set. 2026.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL DO ESTADO DE SÃO PAULO (SINDUSCON-SP). Construção civil divulga novos indicadores de carbono e energia incorporada no Brasil. São Paulo, 15 maio 2026.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO (SNIC); ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND (ABCP). Roadmap tecnológico do cimento: potencial de redução das emissões de carbono da indústria do cimento brasileira até 2050. Coordenação: Gonzalo Visedo; Marcelo Pecchio. Rio de Janeiro: SNIC, 2019. 64 p.

UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). Paris Agreement. Paris: UNFCCC, 2015. Disponível em: https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement. Acesso em: 4 set. 2026.

ZORDAN, Sérgio Eduardo. A utilização do entulho como agregado, na confecção do concreto. 1997. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) — Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997. DOI: 10.47749/T/UNICAMP.1997.115276.