

Da reciclagem à descarbonização: uma visão histórica e crítica da **contribuição brasileira para a sustentabilidade das estruturas de concreto**

PAULO HELENE - VICE-PRESIDENTE DO IBRACON — PhD Engenharia
COORDENADOR DO CT 101 COMITÊ TÉCNICO IBRACON/ABCE/ABCE DE SUSTENTABILIDADE DO CONCRETO

INTRODUÇÃO

A sustentabilidade das estruturas de concreto ganhou enorme visibilidade com a emergência climática e o Acordo de Paris de 2015. A meta de Net Zero por volta de 2050 tornou-se referência mundial para compatibilizar o desenvolvimento com a limitação do aquecimento global. Essa mobilização é necessária, mas pode induzir a interpretação historicamente distorcida de que a preocupação ambiental com o concreto teria surgido apenas recentemente, impulsionada pelos roadmaps da indústria do cimento. No Brasil, essa história é consideravelmente mais antiga (UNFCCC, 2015; SNIC; ABCP, 2019).

Há mais de três décadas, Academia, IBRACON, pesquisadores, projetistas e especialistas vêm incorporando à engenharia do concreto conceitos de utilização racional de materiais, reciclagem, durabilidade, vida útil, avaliação do ciclo de vida (ACV), ecoeficiência, desmaterialização, carbono incorporado e, mais recentemente, neutralidade climática. A contribuição industrial e a técnico-científica são complementares, mas distintas: à indústria cabe reduzir emissões reais na produção; à Academia e às Entidades cabe pesquisar, medir, formar profissionais, aperfeiçoar projetos e normas, e assegurar que a descarbonização não comprometa segurança, desempenho e durabilidade.

A indústria brasileira também possui trajetória relevante. Cimentos Portland de

alto-forno e pozolânicos são produzidos em escala industrial desde 1952 e 1969, respectivamente, e a ampliação do uso de escórias, pozolanas, outros constituintes e coprocessamento contribuiu para reduzir fator clínquer e intensidade de CO₂ do cimento nacional. Contudo, o benefício ambiental só se completa quando cimento, concreto, projeto, execução, uso e manutenção convergem para estruturas duráveis, de alto desempenho e com menor impacto ao longo da vida útil.

No ano do Jubileu de Ouro, em setembro de 2022, o IBRACON publicou a “Declaração IBRACON sobre a Sustentabilidade do Concreto”. O documento reconhece a sustentabilidade como valor fundamental, recupera a genealogia CT 206 → CT MAB → CT 101 e propõe uma visão sistêmica que abrange concepção, projeto, materiais, construção, durabilidade, uso, reutilização e normalização. Também ressalta que parte expressiva do conhecimento produzido pelo Instituto resulta do trabalho voluntário de profissionais dedicados à evolução da engenharia do concreto.

1. OS PRIMÓRDIOS E A INSTITUCIONALIZAÇÃO NO IBRACON

O registro institucional do IBRACON situa no final da década de 1980 o início das discussões explícitas sobre sustentabilidade, inclusive pelo conceito de rendimento ou eficiência ambiental, expresso pela resistência obtida por unidade de cimento

consumido. Na Academia, antecedentes importantes incluem Tarcísio de Paula Pinto, em 1986, sobre resíduos de construção em argamassas; Cláudio Sbrighi Neto em 1993, com cimento sem emissões; Sérgio Zordan, em 1997, sobre entulho como agregado para concreto; e, no início do milênio, trabalhos de Vahan Agopyan, Vanderley John e Sérgio Ângulo, que consolidaram uma escola brasileira de gestão, caracterização, reciclagem e desempenho de resíduos de construção e demolição (PINTO, 1986; ZORDAN, 1997; JOHN, 2000; ÂNGULO, 2005).

O marco institucional foi 1997, com a criação do CT 206 — Comitê Técnico para o Meio Ambiente, posteriormente CT MAB — Comitê Técnico de Meio Ambiente, do qual descende o atual CT 101 — Comitê Técnico IBRACON/ABCE/ABCIC de Sustentabilidade do Concreto. Essa continuidade é essencial: não se trata de iniciativas isoladas, mas de uma linha institucional mantida e renovada ao longo de quase três décadas.

Em 29 de abril de 1997, na USP, realizou-se o encontro “Reciclagem na Construção Civil — Alternativa Econômica para Proteção Ambiental”, com participação do CT 206, de Paulo Helene e Salomon Levy na gestão da Comissão Técnica. Os seminários que se seguiram tiveram participação importante de pesquisadores estrangeiros tais como os Profs. Enric Vázquez, da Universidade de Barcelona e Fernando Braco do IST de Lisboa, assim



Prof. Paulo Helene em momento final de sua apresentação no 66º Congresso Brasileiro do Concreto, observado pelo Eng. Cláudio Sbrighi Neto (esq.)

como especialistas e experiências europeias e norte-americanas, consolidando desde cedo a abertura internacional do debate brasileiro (HELENE; LEVY, 1997).

O próprio IBRACON registra que o CT atuou inicialmente na disseminação de conhecimento e tecnologia para reciclagem e uso de resíduos de construção e demolição, em contexto reforçado pela Resolução CONAMA 307. Essa atuação contribuiu para a normalização brasileira dos resíduos da construção, incluindo as ABNT NBR 15113, 15114, 15115 e 15116, publicadas em 2004. É um aspecto histórico importante: o Comitê não se limitou ao debate acadêmico, mas ajudou a transformar conhecimento em referências técnicas nacionais.

A Declaração de 2022 também registra que o tema sustentabilidade entrou nos Congressos Brasileiros do Concreto, nas revistas CONCRETO & Construções e RIEM e em práticas recomendadas e ações de normalização. Ao reconhecer reaproveitamento, reciclagem, desmaterialização, declarações ambientais de produto e análise do ciclo de vida como partes de uma mesma agenda, o documento do Jubileu de Ouro oferece uma síntese institucional rara: mostra que o CT 101 não nasceu com a agenda climática recente, mas é herdeiro de uma construção coletiva iniciada décadas antes (IBRACON, 2022).

2. SALOMON LEVY, RECICLAGEM COM DURABILIDADE E CONTINUIDADE DOS SEMINÁRIOS

Salomon Levy ocupa posição central nessa primeira etapa. Foi protagonista da implantação e consolidação do CT 206, coordenou o Comitê por nove anos, atravessando sua evolução para CT MAB, e organizou sucessivas edições do Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil. Sua contribuição científica acrescentou uma condição

decisiva à reciclagem: reciclar não basta; o material resultante deve ser tecnicamente confiável e durável.

Sua tese de doutorado, defendida na Escola Politécnica da USP em 2001, investigou a durabilidade de concretos produzidos com resíduos de concreto e alvenaria. Em 2004, Levy e Helene publicaram na *Cement and Concrete Research* o artigo “*Durability of recycled aggregates concrete: a safe way to sustainable development*”, que associou economia de recursos, reciclagem, desempenho e durabilidade e se tornou referência internacional no tema (LEVY, 2001; LEVY; HELENE, 2004). Na consulta atual (2026) à plataforma *ScienceDirect*, da *Elsevier*, são registrados 432 trabalhos internacionais citantes desse artigo.

O estudo avaliou substituições de 0%, 20%, 50% e 100% de agregados naturais por agregados reciclados de concreto e alvenaria, incluindo propriedades mecânicas e indicadores de durabilidade como absorção, volume de poros e carbonatação. Sua permanência como referência duas décadas depois demonstra a atualidade da mensagem: a circularidade só é sustentável quando não reduz a confiabilidade nem a vida útil da estrutura. O título “*a safe way to sustainable development*” antecipa, em essência, a necessidade contemporânea de conciliar economia circular, desempenho e segurança.



Salomon Levy (centro) coordenando as discussões numa das edições do Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil

A força do IBRACON, porém, não se limita às publicações individuais. A documentação registra nove edições da série original do Seminário de Desenvolvimento Sustentável e Reciclagem na Construção Civil, três Seminários de Sustentabilidade na Cadeia Produtiva do Concreto nos CBCs de 2009, 2010 e 2011, e quatro Seminários de Sustentabilidade do Concreto de 2022 a 2025. São, portanto, ao menos 16 encontros especializados documentados até 2025, além de centenas de sessões, conferências e trabalhos técnico-científicos.

Na fase contemporânea, Carlos Masucato teve papel importante na reorganização do CT 101 e na coordenação dos Seminários de Sustentabilidade. Em 2022, no Congresso do Jubileu de Ouro, o tema geral foi “Sustentabilidade do Concreto em Defesa do Planeta”; em 2023 e 2024, avançou-se na quantificação das emissões por área de estrutura e na desmaterialização, sintetizada na expressão “Desmaterializar é preciso. Fazer mais com menos!”.

Essa passagem é conceitualmente importante. O CT 206 nasceu com forte ênfase em resíduos e reciclagem; o CT MAB ampliou a abordagem ambiental; e o CT 101 passou a tratar a sustentabilidade do concreto e das estruturas de forma integrada, envolvendo materiais, projeto, durabilidade, ACV, emissões,

industrialização e normalização. A mudança de nomes expressa, portanto, uma ampliação real de escopo, sem ruptura com a origem histórica.

3. DA DURABILIDADE AO PROJETO ESTRUTURAL SUSTENTÁVEL

Outra contribuição brasileira de longa duração foi deslocar a sustentabilidade do domínio exclusivo do material para o projeto estrutural. Em 1993, Paulo Helene já discutia conceitos associados à resistência sob carga mantida e à evolução do desempenho; em 1996, apresentou explicitamente a “Introdução da Durabilidade (Vida Útil) no Projeto das Estruturas de Concreto – Contribuição à Normalização”. A consequência ambiental é direta: maior vida útil significa menos reparos, substituições, materiais e energia, ou seja, maior sustentabilidade (HELENE, 1993; HELENE, 1996).

Essa trajetória alcançou a normalização internacional. Helene foi *Deputy Chairman* da Comissão 5 – *Structural Service Life Aspects*, da *fib*, participando do esforço que resultou no *fib Bulletin 34 – Model Code for Service Life Design* (2006). A sustentabilidade tornou-se explicitamente presente em suas conferências nos anos 2000, com a defesa de que a unidade de análise deve ser a estrutura e o serviço prestado, e não apenas o metro cúbico de concreto.

Em exemplo apresentado em 2010, a comparação de um mesmo pilar com concretos de 20 MPa e 50 MPa indicou redução aproximada de 52% da seção, 32% do potencial de aquecimento global do elemento e 49% da energia incorporada com a solução de maior resistência. O caso dos pilares do edifício e-Tower, analisado posteriormente por Jéssica Pacheco, Lígia Doniak, Mariana Carvalho e Paulo Helene, confirmou o princípio, com reduções estimadas de cerca de 53% no volume de concreto, 20% no cimento, 43% no aço e 31% nas fôrmas. O paradoxo é central: maior CO_2/m^3 não implica maior $\text{CO}_2/\text{estrutura}$ (HELENE, 2010; PACHECO *et al.*, 2016).

Ricardo Couceiro Bento sistematizou essa mudança em sua tese de doutorado de 2016 no IAU-USP, sob orientação de João Adriano Rossignolo. A pesquisa dimensionou soluções com seis classes de resistência, de C25 a C50, variando seções e quantitativos de concreto, aço e fôrmas e aplicando ACV às alternativas estruturalmente equivalentes. A pergunta deixa de ser “qual concreto possui menor impacto por metro cúbico?” e passa a ser “qual solução estrutural, para a mesma função, apresenta melhor desempenho ambiental?”. Na revisão realizada para este histórico, não foi identificada contribuição brasileira anterior que reunisse de forma tão explícita ACV, dimensionamento real e decisão do projetista. É adequado, portanto, reconhecer a tese como uma das contribuições pioneiras brasileiras nessa integração; hoje, essa linha prossegue no CT 101, onde Bento coordena o grupo dedicado ao projeto estrutural (BENTO, 2016).

Ricardo França acrescenta a influência decisiva da concepção estrutural: vãos, posição dos pilares, tipologia de lajes, rigidez, geometria, sistemas resistentes, distribuição de esforços e estratégia construtiva determinam grande parcela do volume de concreto e aço. Assim, boa engenharia estrutural é também uma tecnologia de descarbonização, complementando as linhas de Helene e Bento ao colocar a concepção da solução no centro da sustentabilidade.



Eng. Ricardo Bento em momento de sua palestra no 66º Congresso Brasileiro do Concreto

4. ECOEFICIÊNCIA, MATERIAIS, CARBONO E FERRAMENTAS DE MEDIÇÃO

Vanderley John e colaboradores contribuíram decisivamente para quantificar ecoeficiência de cimento, concreto e materiais de construção, relacionando intensidade de ligantes, resíduos, emissões, ciclo de vida e desempenho. Na mesma vertente, Geraldo Isaia e Antonio Gastaldini demonstraram o potencial de concretos com elevados teores de cinza volante e escória, enquanto Bruno Damineli, Rafael Pileggi e Vanderley John propuseram indicadores de intensidade de ligantes e CO₂ para medir a eficiência do uso do cimento (JOHN, 2000; ISAIA; GASTALDINI, 2009; DAMINELI; JOHN; PILEGGI, 2012). Vanderley John também atua no BIPc (Benchmark Iterativo para Projetos de Baixo Carbono). Essa ferramenta digital recente 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, para viabilizar gerar estimativas instantâneas de impacto ambiental.

Edna Possan aprofundou a análise da carbonatação e recarbonatação e do balanço entre emissões e fixação de CO₂, sem dissociar eventual benefício climático da preservação da durabilidade. Fernanda Belizário Silva teve participação relevante no desenvolvimento de metodologias nacionais de desempenho ambiental e do SIDAC. Em 2024, o CT 101 publicou o Boletim Técnico “Quantificação das emissões de CO₂ incorporadas em materiais cimentícios e estruturas de concreto”, editado por Kátia Punhagui e Carlos Massucato, mostrando passo a passo a passagem do inventário do material para a unidade funcional da estrutura. É a transformação de “ser sustentável” em “medir quanto se é sustentável” (FELIX; POSSAN, 2018; SILVA, 2024).

SIDAC e CECarbon constituem infraestrutura nacional importante. O SIDAC utiliza dados brasileiros e conceitos de ACV para calcular e comparar



Presidenta da fib, Eng.ª Íria Doniak, recebendo título de sócia-honorária do presidente do IBRACON, Eng. Julio Timerman, em 2024

indicadores ambientais de produtos da construção, com foco inicial em energia primária e CO₂ do berço ao portão, e apoiar declarações de desempenho ambiental; sua metodologia contou com Fernanda Belizário, Kátia Punhagui, Sérgio Pacca, Vanderley John e outros pesquisadores (BRASIL, 2022). A CECarbon, do SindusCon-SP, complementa essa abordagem ao calcular carbono e energia incorporados em edificações com dados efetivos das obras. Em 2026, foram divulgados indicadores médios nacionais da ordem de 0,22 a 0,23 tCO₂e/m² para as obras cadastradas, contribuindo para o benchmark que permite comparar soluções e estabelecer metas objetivas.

No concreto dosado em central, a ABESC relaciona sustentabilidade à profissionalização da produção, controle, calibração, treinamento e redução de perdas; na construção industrializada, a ABCIC mantém agenda de baixo carbono, eficiência de recursos e desenvolvimento de Declaração Ambiental de Produto setorial. Essas ações reforçam que sustentabilidade depende simultaneamente de materiais, processo produtivo, controle, projeto e desempenho.

A pré-fabricação brasileira também alcançou projeção internacional nessa agenda. Paulo Helene e Íria Doniak par-

ticiparam dos trabalhos do *Task Group 6.3 — Sustainability of Precast Structures*, e Doniak integra a autoria do *fib Bulletin 88*. Sua presidência atual na fib no biênio 2025-2026, como primeira mulher e primeira representante da América Latina a presidir essa importante e reconhecida entidade, simboliza a inserção internacional alcançada pela engenharia brasileira do concreto (fib, 2018).

5. O CT 101 E A INSERÇÃO INTERNACIONAL CONTEMPORÂNEA

O CT 101 ampliou a internacionalização iniciada pelo CT 206 e pelo CT MAB. Sob coordenação de Carlos Massucato, estabeleceu articulação com o GLOBE e participou do projeto internacional *Benchmarking of Resource Use and Embodied CO₂ in Buildings*, aproximando dados brasileiros de uma base mundial. Vanderley John e Maria Alice Gonzales traduziram para o português o consenso do GLOBE, cuja mensagem converge com a evolução nacional: descarbonizar o ambiente construído exige, simultaneamente, usar menos materiais e materiais de menor carbono incorporado (GLOBE, 2026).

A comparação internacional ajuda a dimensionar a precocidade brasileira. A fib publicou o *Bulletin 47* sobre projeto



O presidente do GLOBE Consensus, Prof. Michael Faber, assinando protocolo de colaboração com o IBRACON, assistido pelo Eng. Carlos Massucato (esq.) e representantes de outras associações

ambiental em 2008, os *Bulletins* 67 e 71 em 2012 e 2013 e incorporou sustentabilidade como requisito fundamental no *fib Model Code for Concrete Structures* 2020. A participação brasileira alcançou também a pré-fabricação: Paulo Helene e Íria Doniak participaram de trabalhos que culminaram no *fib Bulletin 88 – Sustainability of Precast Structures*; Íria Doniak preside a *fib* no biênio 2025-2026 e é motivo de orgulho da engenharia brasileira, pois é a primeira

engenheira a presidir essa reconhecida Entidade Internacional.

No ACI, o movimento institucional contemporâneo ganhou força em 2007, e o *Committee 130 – Sustainability of Concrete* realizou sua primeira reunião em 2008. O CT 206 do IBRACON, criado em 1997, antecede em mais de uma década essa estruturação — o que não prova prioridade científica mundial, mas demonstra institucionalização brasileira precoce. Em 2022, o ACI criou o NEU e,

em 2024, publicou o ACI CODE-323-24 para concreto de baixo carbono, mostrando o passo que o Brasil ainda precisa consolidar: transformar sustentabilidade em requisito tecnicamente verificável e normativo.

A GCCA possui natureza distinta e igualmente necessária: representa a indústria e atua diretamente em redução de clínquer, combustíveis alternativos, eficiência, novos cimentos e CCUS. Academia, IBRACON, ABECE, ABCIC, *fib*, ACI e GLOBE atuam predominantemente pela ciência, método, projeto, normalização e formação. Uma estratégia Net Zero consistente exige as duas vertentes.

6. UMA LEITURA CRÍTICA DA CONTRIBUIÇÃO BRASILEIRA

O balanço histórico é favorável, mas não deve ser ufanista. O Brasil começou cedo: institucionalizou o tema no IBRACON em 1997, desenvolveu reciclagem associada à durabilidade, vida útil como variável de projeto, ecoeficiência, ACV aplicada ao dimensionamento, estrutura como unidade funcional, desmaterialização, estudos de carbonatação e recarbonatação e quantificação do carbono incorporado com dados nacionais. Criou, sobretudo, continuidade institucional e cultura técnica de debate, expressas na sequência CT 206 → CT MAB → CT 101 e em ao menos 16 encontros especializados documentados.

Essa continuidade permitiu que o debate brasileiro evoluísse sem abandonar os fundamentos anteriores. A reciclagem dos anos 1990 não foi substituída pelo carbono: foi incorporada a uma visão mais ampla. A durabilidade e a vida útil não perderam relevância diante da descarbonização: tornaram-se condições para que uma redução de emissões seja efetiva ao longo do tempo. E a avaliação do material por unidade de massa ou volume foi progressivamente complementada pela avaliação da estrutura, da área construída e do serviço prestado.

Essa trajetória é plural. Salomon Levy, Paulo Helene, Vanderley John, Ricardo Bento, Carlos Massucato, Edna Possan,



Prof. Vanderley John (esq.) participa de debates no Seminário de Sustentabilidade, ao lado de outros palestrantes

Ricardo França, Fernanda Belizário, Kátia Punhagui, Geraldo Isaia, Antonio Gastaldini, Tarcísio de Paula Pinto, Sérgio Zordan, Sérgio Angulo, Bruno Damineli, Rafael Pileggi, Vahan Agopyan, Íria Doñak, Lucas Caldas e outros demonstram a formação de uma escola brasileira de pensamento sobre sustentabilidade do concreto e das estruturas.

É importante reconhecer também a complementaridade entre essas contribuições. A primeira geração abriu o caminho pela reciclagem, pelos resíduos e pela durabilidade; outra frente introduziu vida útil, desempenho e concepção estrutural; pesquisadores de materiais quantificaram eficiência de ligantes e uso de adições; e a geração mais recente consolidou ACV, carbono incorporado, bases de dados, *benchmarks* e unidade funcional da estrutura. O mérito histórico do IBRACON foi oferecer continuidade e um espaço comum para que essas linhas, oriundas de universidades, empresas, associações e projetistas, pudessem convergir.

O ponto ainda insuficientemente consolidado é a normalização. A *fib* já incorporou sustentabilidade ao Model Code; o ACI possui código específico de concreto de baixo carbono; o GLOBE trabalha com benchmarking global; e o Brasil avança com SIDAC, CECarbon e CT 101. O próximo passo brasileiro é converter essa herança técnico-científica em normas ABNT e critérios correntes, mensuráveis e verificáveis de projeto.

A futura normalização brasileira deve evitar dois reducionismos. O primeiro é confundir sustentabilidade da estrutura com baixo carbono do aço, do cimento ou do concreto isoladamente. O segundo é perseguir menor impacto ambiental sacrificando desempenho, vida útil, robustez, segurança ou manutenção. Uma solução verdadeiramente sustentável precisa ser tecnicamente equivalente, ter unidade funcional claramente definida e demonstrar desempenho ao longo do ciclo de vida. Essa é justamente a contribuição mais madura da trajetória brasileira: integrar material, estrutura, durabilidade e serviço prestado.

7. 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 país já discutia eficiência no uso do cimento, resíduos, reciclagem, durabilidade e vida útil; o CT 206 institucionalizou esse esforço em 1997, o CT MAB lhe deu continuidade e o CT 101 hoje o amplia para desmaterialização, carbono incorporado, ACV, *benchmarking* e normalização.

Embora as emissões estejam fortemente associadas aos materiais que compõem a estrutura — cimento, concreto, aço e fôrmas — a sociedade não demanda esses materiais como objetivo final. Necessita de habitações, hospitais, escolas, pontes, túneis, saneamento, portos, barragens e infraestrutura que 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 deve descarbonizar seus produtos; a tecnologia do concreto deve maximizar o desempenho de cada metro cúbico; e a engenharia estrutural deve transformar esses materiais em estruturas que utilizem a menor quantidade racional de recursos para cumprir, com segurança e durabilidade, sua função social.

Essa visão também esclarece por que a atuação do CT 101 não pode se restringir à pegada de carbono de materiais. O Comitê reúne IBRACON, ABECE e ABCIC justamente porque sustentabilidade exige a participação coordenada da tecnologia do concreto, do projeto estrutural e da construção industrializada. Ao herdar a experiência do CT 206 e do CT MAB, o CT 101 dispõe de uma base histórica incomum para avançar da reciclagem e da gestão ambiental para uma engenharia de estruturas efetivamente orientada por desempenho, vida útil, desmaterialização e carbono.

O desafio é transformar esse capital técnico em prática corrente. Isso requer

dados nacionais confiáveis, critérios de unidade funcional, metodologias de ACV adequadas ao projeto, especificação de desempenho, acompanhamento ao longo da vida útil e normalização. Também requer formação: a sustentabilidade precisa chegar ao projetista, ao tecnologista, ao produtor de concreto, ao construtor e ao gestor da estrutura com a mesma objetividade com que hoje chegam os critérios de segurança, resistência e durabilidade.

Esse talvez seja o principal legado da contribuição brasileira: sustentabilidade não é simplesmente construir com materiais de menor emissão de carbono. É construir melhor, com menos recursos, maior desempenho e para a posteridade. Nesse sentido, o Brasil, o IBRACON e o CT 101 não estão começando agora: têm história, conhecimento, pesquisadores, instituições e uma cadeia produtiva cada vez mais consciente.

O desafio contemporâneo é transformar essa herança em normas da ABNT e ferramentas correntes de projeto capazes de produzir reduções ambientais viáveis, reais, mensuráveis e compatíveis com segurança, desempenho e durabilidade.

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 BIBLIOGRÁFICAS

- [1] 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.
- [2] 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.
- [3] 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.
- [4] 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.
- [5] FELIX, Emerson Felipe; POSSAN, Edna. Balanço das emissões e da captura de CO₂ 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.
- [6] GLOBE CONSENSUS. The Joint Committee on the GLOBE Consensus. Lausanne, [2026]. Disponível em: <https://globe-consensus.com/>. Acesso em: 4 set. 2026.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] 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.
- [10] 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.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] 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.
- [14] 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.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.