XVII Seminário de Sustentabilidade do Concreto

PALESTRA 67CBC2026 | CT 101

Benchmark Setorial para Descarbonização Prática no Concreto Dosado em Central CDC.

PALESTRANTE

ALVARO BARBOSA - ABESC

Conectando **conhecimento, inovação** e **responsabilidade** para o futuro da construção.

IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto | ABCIC | ABECE

67º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
Natal 2026

O Papel Institucional da ABESC no Novo Cenário Climático

- **Liderança Técnica:** Atuar como o conselheiro estratégico da cadeia do concreto usinado no Brasil.
- **Transparência e Responsabilidade:** Promover a ponte entre o meio acadêmico, o setor normativo (ABNT, IBRACON), o governo e a sociedade.
- **Combate à Desinformação:** Levar clareza e dados reais do mercado sobre a produção do CDC, evitando generalizações perigosas.
- **Compromisso:** Conduzir a indústria nacional em uma transição justa, fundamentada em dados e tecnicamente viável rumo ao Net Zero.

CERTIFICAÇÃO ABNT ABESC

A ABESC instituiu junto à ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) o Programa de Qualidade de Empresas de Concretagem. O objetivo é implementar e manter um sistema de gestão, impulsionando de maneira contínua a qualidade nas empresas associadas.

O programa adota uma abordagem baseada no sistema 5 de Certificações, recomendado pela Norma ABNT NBR ISO/IEC 17067. **Envolve requisitos de sistema de gestão da qualidade, controle e testes do serviço de concretagem.**

(+550)



O Concreto Dosado em Central (CDC) no Brasil — Dados Reais e Impacto.

- **Volume Nacional:** O Brasil movimenta anualmente entre **58 e 63 milhões de m^3 de CDC**.
- **Representatividade:** A indústria do CDC consome atualmente cerca de **30% do cimento produzido no Brasil**.
- **Liderança Regional:** O Brasil é o líder incontestável em volume de CDC na América Latina e figura em destaque no ranking global.

O Dilema da Sustentabilidade Executiva: Medir sem Simplificar.

- **A Pressão do Mercado:** Investidores, selos ambientais (ESG, Casa Azul Caixa, LEED) e reguladores exigem metas claras de baixas emissões.
- **O Perigo do Reducionismo:** Tentar medir a pegada de carbono do concreto com métricas genéricas cria distorções e atalhos artificiais.
- **O Objetivo da Palestra:** Demonstrar que a descarbonização do CDC não é uma questão de "tabela fixa", mas sim de engenharia de dosagem, controle de variabilidade e maturidade operacional.

CONCRETO DOSADO EM CENTRAL

ABESC

PÁTIO DE AGREGADOS



Agregados graúdos
- granulometria
- massa específica e massa unitária
- material pulverulento
- teor de torrões de argila
- abrasão Los Angeles
- coeficiente de forma
- teor de partículas leves





Água
- matéria orgânica
- resíduo sólido
- sulfatos
- cloretos
- açúcar
- pH



Agregados miúdos
- granulometria
- massa específica e massa unitária
- material pulverulento
- teor de argila em torrões
- teor de partículas
- umidade superficial
- impurezas orgânicas



Adições
- fibras
- grafeno
- compensador



Aditivos
- pH
- teor de sólidos
- massa específica
- desempenho do concreto
- compatibilidade entre aditivos

CENTRAL DOSADORA

Dosador, hidrômetro e balanças
- aferições trimestrais, conforme a NBR - 7212





Cimento
- finura
- área específica
- tempo de pega
- expansibilidade
- resistência à compressão
- calor de hidratação

OBRA



Concreto fresco
- consistência
- moldagem dos corpos de prova
- ar incorporado
- temperatura

Concreto endurecido
- resistência à compressão
- massa específica
- extração de testemunhos
- ensaios de esclerometria ultra-som, raio x, etc



O Grande Mito do Mercado — "1 $f_{ck} = 1$ Traço“

A Percepção Incorreta da Sociedade e de Especificadores:

- Acredita-se que uma central de concreto possui uma "receita padrão" única para cada classe de resistência (f_{ck}).
- Suposição errônea: *"O concreto de* 35 MPa *da Central A é idêntico em consumo de cimento ao* 35 MPa *da Central B.“*

Por que essa visão simplista prejudica a sustentabilidade?

- Desconsidera os requisitos de durabilidade, fluidez, método executivo e restrições térmicas das estruturas.

A Complexidade de uma Central de CDC:

- Uma única unidade fabril pode gerenciar **mais de 1.000 traços ativos** para a mesma classe de resistência (ex: $f_{ck} = 35$ MPa).

A Realidade Operacional — Mais de 1.000 Variações para o Mesmo f_{ck}

Por que existem tantas variações para o mesmo f_{ck}?

- **Aplicação Estrutural:** Blocos de fundação massivos, lajes, colunas, pavimentos.
- **Métricas de Lançamento:** Concreto bombeável, auto-adensável (CAA), extrudado, projetado.
- **Logística e Tempo de Pega:** Variações do tempo de transporte urbano (aditivos retardadores/polifuncionais).
- **Exigências Térmicas:** Controle do calor de hidratação e substituição de água por gelo escama e até Nitrogênio.

Variações de Matérias-Primas Locais e Regionais.

Variabilidade dos Insumos:

- Tipos de Cimento disponíveis regionalmente (CP II, CP III, CP IV e CPV) e suas respostas à hidratação.
- Natureza dos Agregados: Britas basálticas, graníticas, calcárias e areias (natural de rio vs. areia de britagem/manufaturada).

Otimização de Empacotamento Granulométrico:

- Misturar frações granulométricas para reduzir o volume de vazios entre agregados e diminuir a demanda de pasta cimentícia.

Conclusão Técnica: O traço é uma equação dinâmica e viva de física de partículas e química aplicadas.

A Equivalência Técnica Normativa (NBR 12655 e NBR 7212)

Equivalência Estrutural:

- Para o calculista e para o consumidor final (concreto endurecido), o f_{ck}, módulo de elasticidade e durabilidade exigidos em projeto são rigorosamente garantidos.

Diferença Produtiva:

- A Central Dosadora vs. Central Misturadora atingem o mesmo f_{ck}característico com diferentes estratégias de controle.

Foco no Desvio-Padrão (S_d):

- O rigor no controle de umidade e calibração de balanças permite reduzir o desvio-padrão da central, reduzindo o consumo de cimento por m^3sem perda de segurança.



...terá mais sucesso econômico aquele que domine mais a dosagem e o controle de produção do concreto...

O Impacto da Logística e das Janelas Executivas na Pegada de Carbono.

A Variável Tempo no Traço:

- O concreto dosado em central possui raio de entrega e controle estrito de tempo de transporte (ABNT NBR 7212).

Química Adaptativa:

- A inclusão de aditivos superplastificantes e retardadores ajusta a reologia ao longo do tempo de trajeto sem demandar acréscimo de água ou cimento.

Uso de Insumos Térmicos:

- Requisitos de temperatura máxima de lançamento em concretos massa exigem o uso de gelo, impactando a energia do processo.

Análise do SIDAC — O Problema do Agrupamento por f_{ck}

O que é o SIDAC: Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (base pública de ACV do governo).

A Fragilidade da Metodologia Atual:

- O relatório do SIDAC agrupa os dados de emissão de $CO_2 (kg\ CO_2/m^3)$ associando os valores essencialmente à classe de resistência f_{ck}(ex: faixas de 20 a 40 MPa).

A Consequência Prática:

- Atribui-se uma "faixa única de emissão" para o f_{ck}, nivelando sistemas e traços completamente distintos e mascarando soluções otimizadas de baixo carbono.

Integração SIDAC Brasil: Ciência de Dados

Base de Dados Nacional: O SIDAC fornece os fatores de emissão reais do mercado brasileiro.

Validação Técnica: Sustenta a baseline regionalizada perante a GCCA.

Automação: Traços padronizados ABESC + Motor SIDAC = EPD/ADAP Automática.(nosso objetivo)

O Peso do Cimento na Pegada Ambiental

O Insumo Crítico para Descarbonização

~85%

Das Emissões Totais do Concreto

Apesar de o cimento representar apenas **7% a 15% do volume** total da mistura de concreto usinado, ele é responsável por aproximadamente 85% do seu impacto de carbono incorporado (GWP/CO_2eq).

Portanto, qualquer estratégia eficaz de descarbonização prática deve focar na **eficiência de uso do clínker** e na escolha assertiva do tipo de cimento.

ABESC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM

Consumo Médio de Cimento por fck do Sidac



Indicador Chave: Classes de resistência de 16 a 40 MPa concentram mais de 80% do volume do concreto usinado. O consumo médio varia de 280 a 430 kg de cimento/m³, definindo a meta de benchmark setorial.

ABESC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM

Os Riscos da Avaliação Genérica nos Bancos de Dados Ambientais.

Distorção no Mercado:

- Um traço com $f_{ck} = 35$ Mpa e 50% de substituição de clíquer é contabilizado na mesma classe de um traço convencional com cimento puro de alta resistência inicial.

Indução ao Erro em Plataformas de Projeto (BIPc, Caixa, CECarbon):

- Projetistas e calculistas tomam decisões de escolha de materiais com base em médias genéricas que não refletem a real inovação da central fornecedora.

Penalização da Inovação:

- Centrais que investem em aditivos de última geração e controle avançado de empacotamento não conseguem demonstrar seu diferencial competitivo sob métricas engessadas.

Comparando Metodologias: Agrupamento Genérico vs. Avaliação Real por Aplicação

Parâmetro de Avaliação	Visão Simplificada / SIDAC Atual	Visão Técnica Real da Central (CDC)
Variável Principal	Apenas a classe f_{ck}	f_{ck}+ Durabilidade + Desempenho Reológico
Agrupamento de Dados	Média por faixa de resistência	Traço específico por elemento estrutural
Sensibilidade à Adição	Ocultada na média da amostra	Identificação do teor de clíquer e sílica/fíler
Ação do Projetista	Escolha passiva por tabela	Escolha ativa baseada em dDAP específica

Tabela Comparativa de Impacto Metodológico

CERTIFICAÇÃO DE CONCRETO DE BAIXO CARBONO
&
Classificação GCCA de concreto de baixo carbono

LATAM PILOT

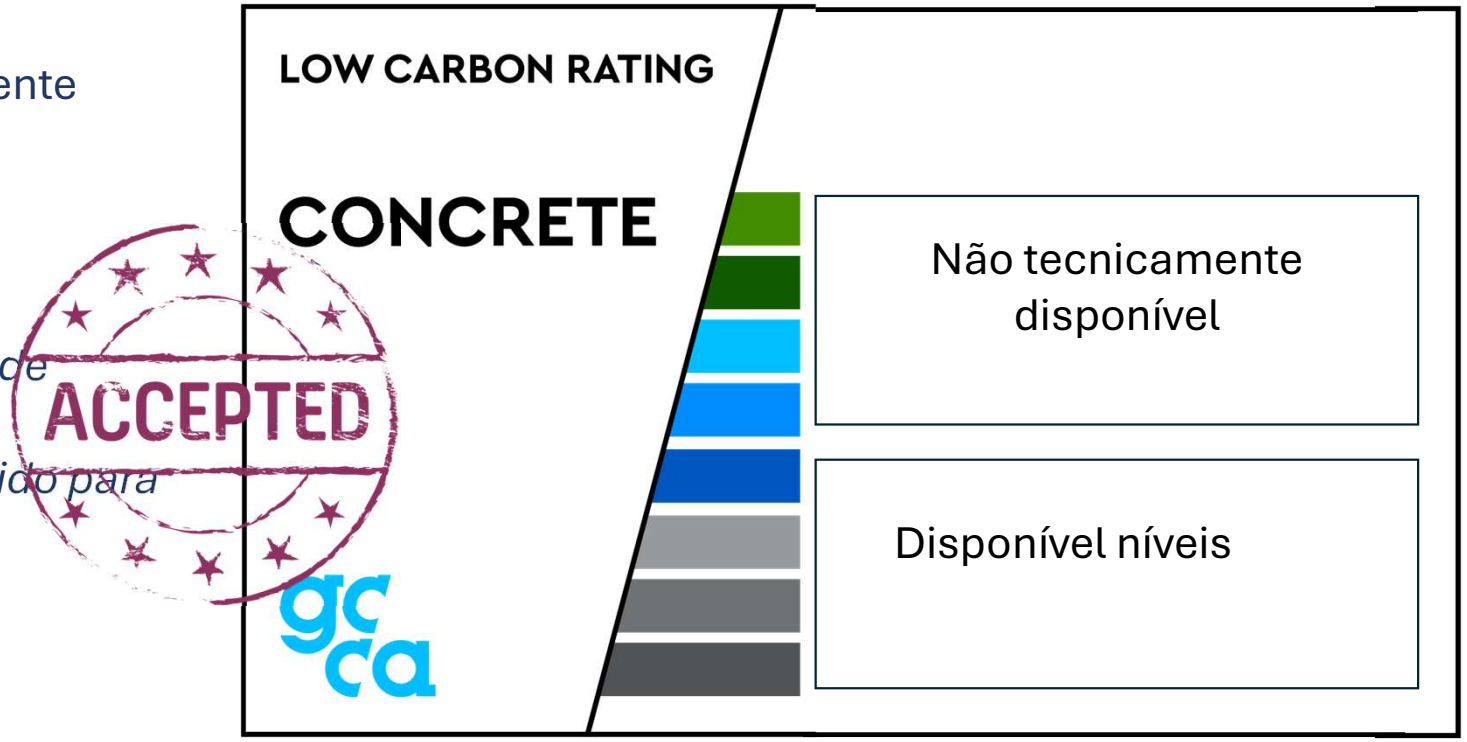




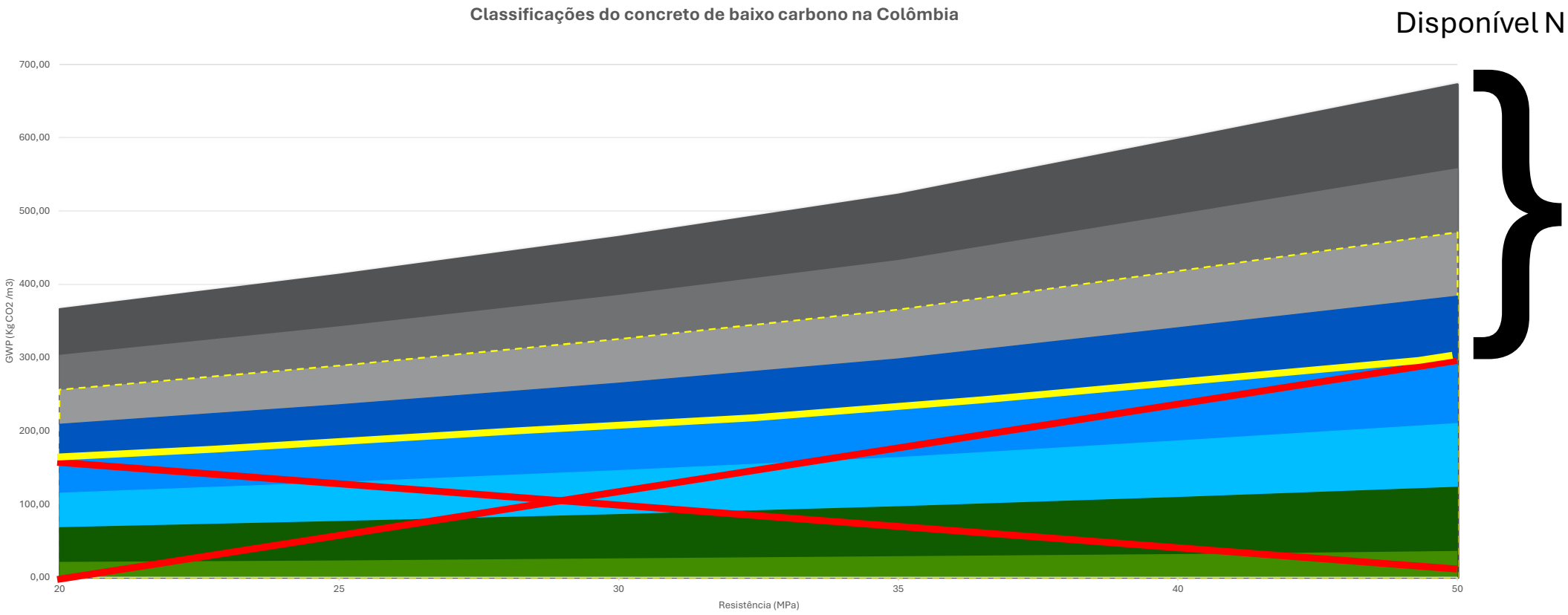


Entendimento a verdadeira possibilidade de realização

- ✓ Melhor técnica possível localmente
- ✓ Restrições
  - ✓ *Falta ou regulamentação*
  - ✓ *Disponibilidade de SCMs*
  - ✓ *Agregados de baixa qualidade*
  - ✓ *Código Construção*
  - ✓ *Taxa coprocessamento devido para regulamento*
  - ✓ *Transporte modelos*

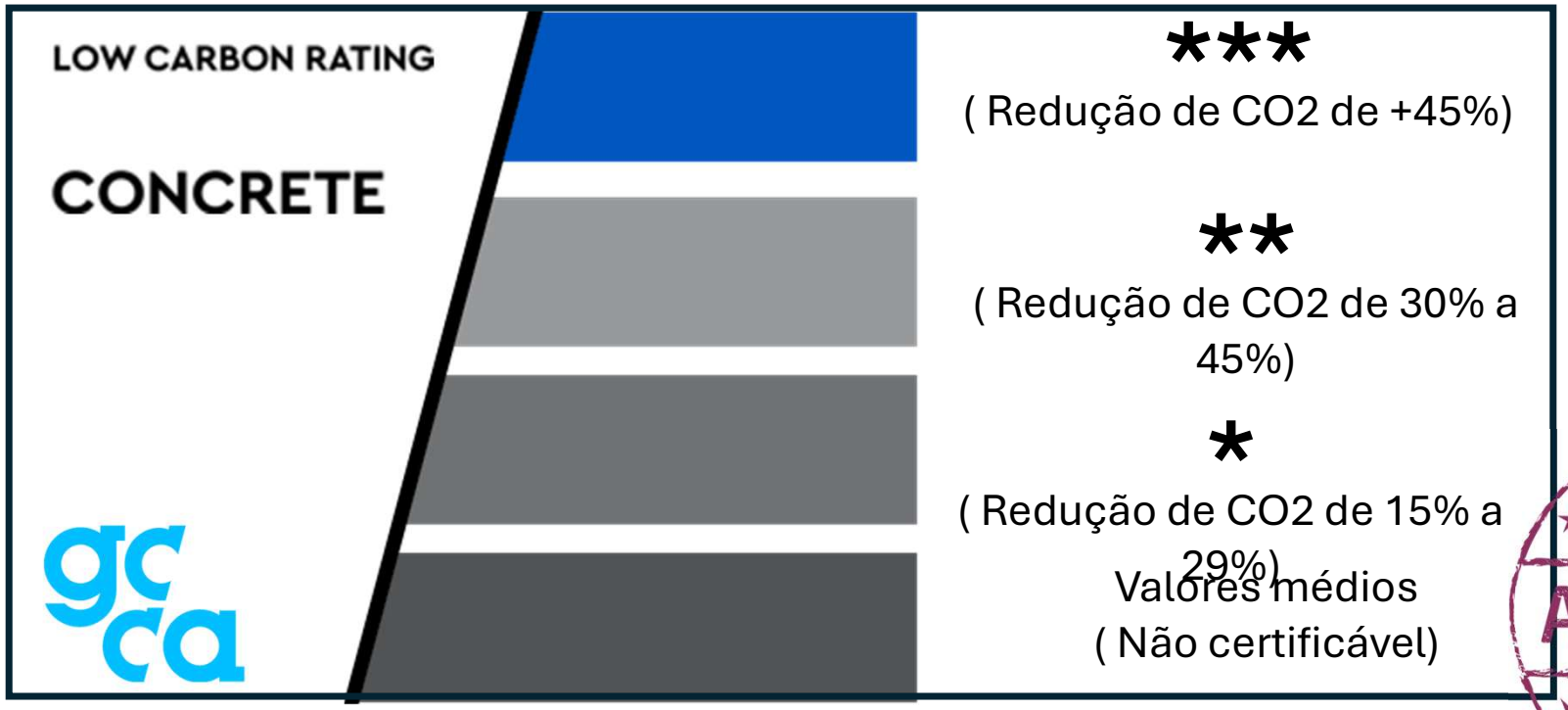


Bandas da Colômbia



EXEMPLO LOCAL

COLÔMBIA





Devido ao modelo de COR disponível, nenhuma letra será anexada.

(Cores e estrelas)

Linhas de base

Comparação da composição do cimento GCCA alemão e colombiano

PARÂMETRO	JUSTIFICAÇÃO
Resistência do cimento	- Os valores colombianos podem ser menores devido à qualidade das matérias-primas e à baixa reatividade dos SCMs - A Alemanha utiliza mais transporte ferroviário/marítimo, percorre distâncias menores e utiliza veículos mais modernos. - Na Colômbia, há necessidade de transportar uma quantidade maior de cimento/m^3, utilizando principalmente caminhões (Diesel EUR 4) e percorrendo distâncias médias mais longas. - As condições logísticas/topográficas (baixa acessibilidade, má qualidade das estradas, distâncias maiores, declives acentuados) não estão incluídas na ferramenta GCCA EPD.
Taxa coprocessamento	A Colômbia possui um quadro regulatório frágil e os aterros sanitários ainda estão em uso.



O Papel Fundamental da ABESC em Trazer Clareza ao Setor

Ação Institucional:

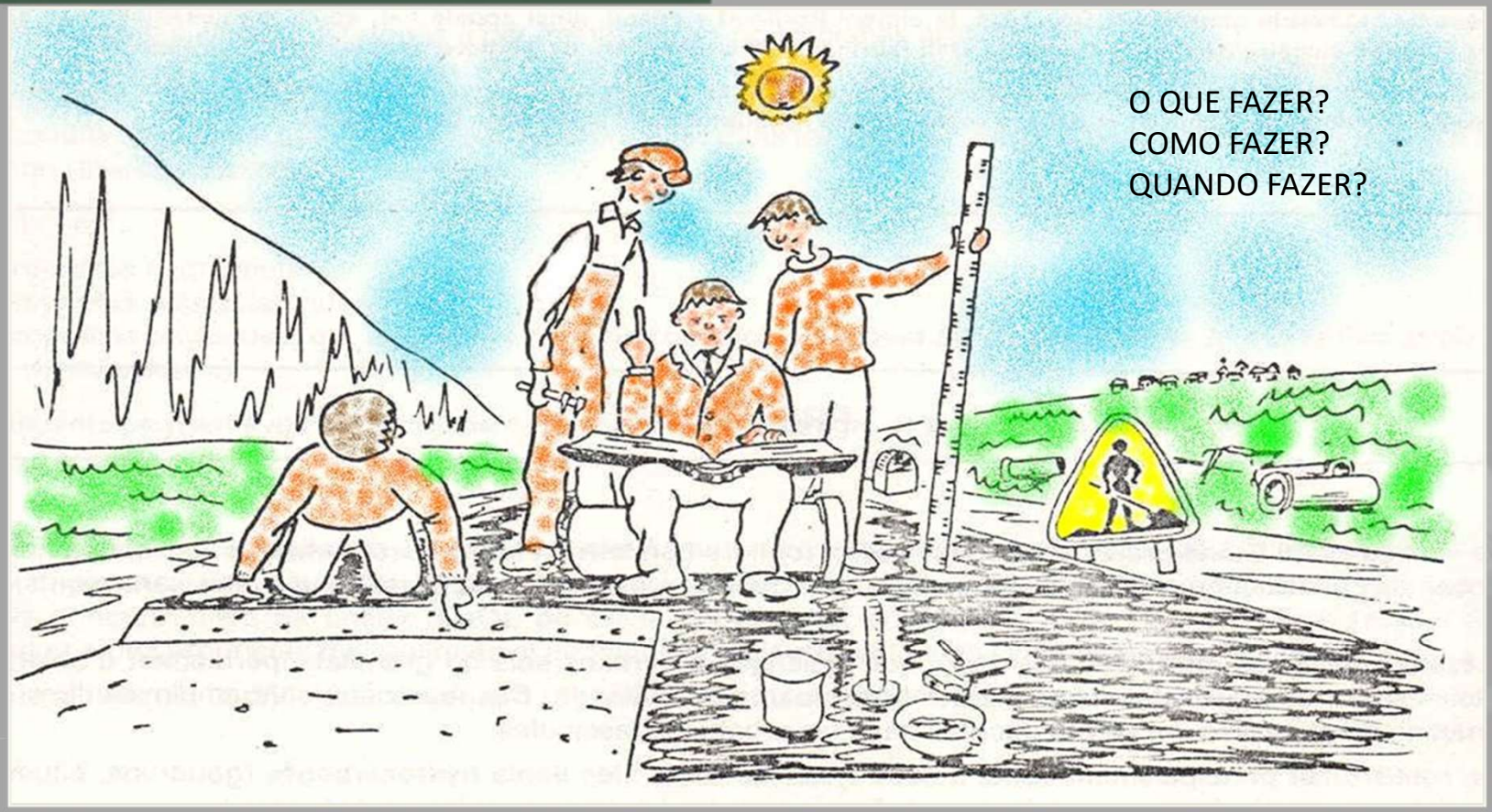
- Diálogo ativo com os órgãos desenvolvedores (CBCS, Governo, ABNT) para refinar a estrutura de coleta e apresentação de dados no SIDAC.

Apresentação da Diversidade Real:

- Demonstrar à sociedade que a variabilidade de traços é uma **virtude da engenharia**, e não uma falha de padronização.

Instrução Técnica aos Projetistas:

- Ensinar o mercado a especificar concreto considerando o impacto por unidade funcional real (kg CO_2/m^3/MPa/vida útil).


O QUE FAZER?
COMO FAZER?
QUANDO FAZER?

A Rota Tecnológica da Descarbonização do Concreto — Ponto 1: Redução do Fator Clíquer

A Origem do CO_2: O clínquer é o responsável por mais de 80% das emissões do concreto.

Substituição Eficiente por Adições Minerais:

- Escória granulada de alto-forno (EAF), Cinzas volantes, Pozolanas naturais e Argilas calcinadas (LC³).

O Papel do Fíler Calcário:

- Aumento da taxa de substituição via modelos de empacotamento granulométrico e dispersão com aditivos orgânicos, reduzindo dramaticamente o consumo de água e cimento.

A Rota Tecnológica — Ponto 2: Otimização Granulométrica e Nano/Microaditivos

Empacotamento de Partículas:

- Uso de agregados miúdos e graúdos contínuos para preencher os microvacuos na matriz.

Aditivos Micronizados e Efeito Fíler Ativo:

- Aditivos micronizados (partículas $< 10\,\mu$m) que aumentam a densidade da pasta, melhoram a fluidez e reduzem a porosidade.

Redução do Consumo de Água:

- Redução da relação água/cimento (a/c) mantendo a trabalhabilidade através de dispersantes policarboxilatos.

A Rota Tecnológica — Ponto 3: Tecnologias Emergentes e Concretos Especiais

Sistemas Cimentícios Quaternários e LC³:

- Combinação de cimento, argila calcinada, calcário e adições agroindustriais (ex: cinza do bagaço da cana - SCBA).

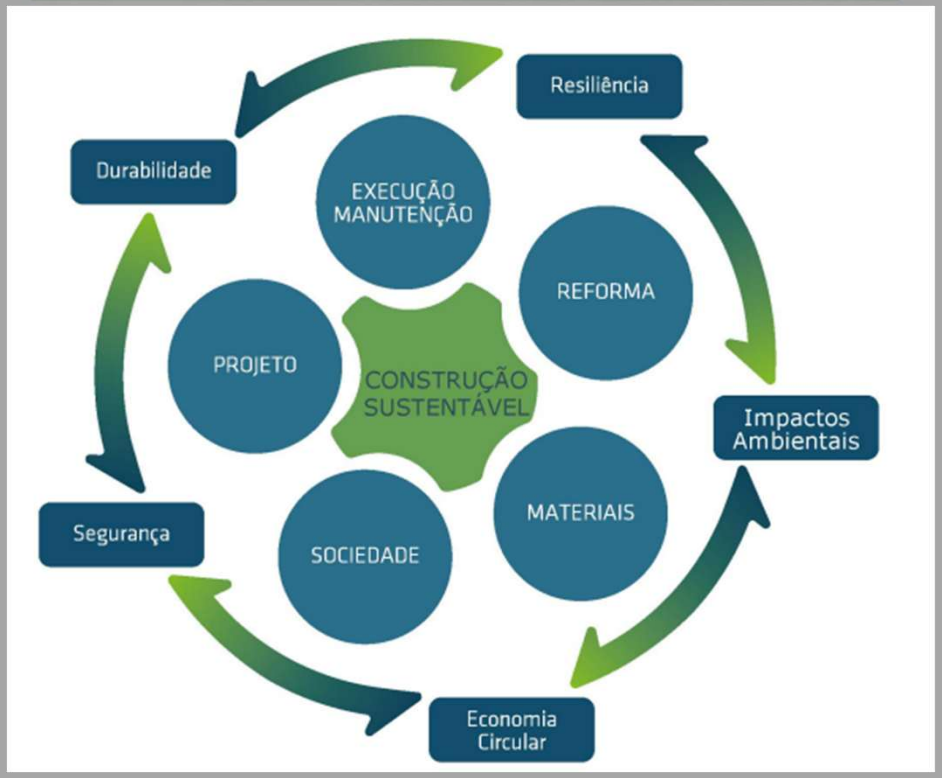
Concretos Autorregenerativos e Bio-Híbridos:

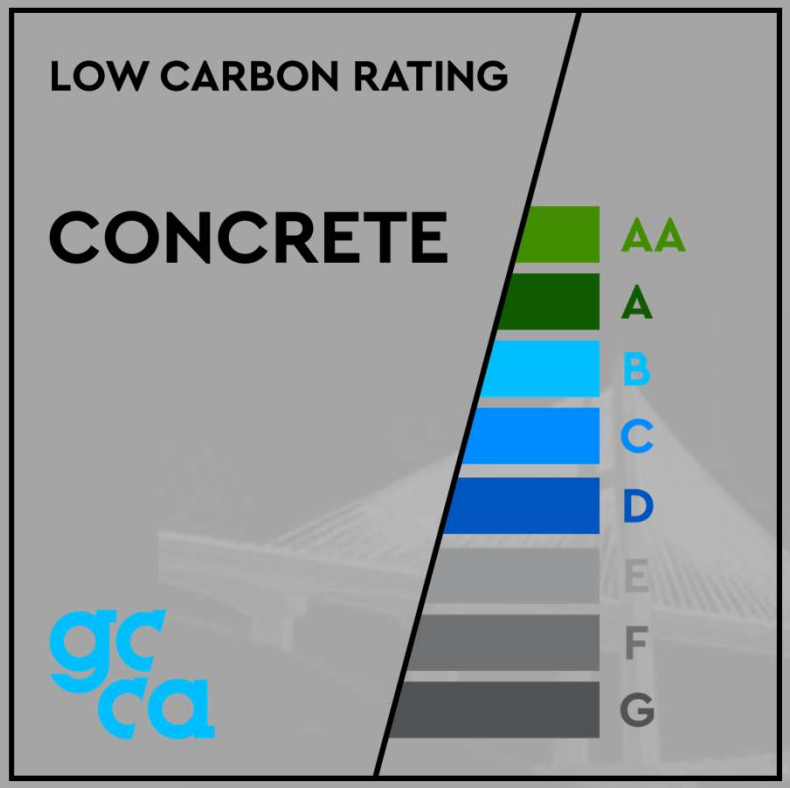
- Incorporação de aditivos microbiológicos e pozolânicos estendendo a durabilidade estrutural e reduzindo intervenções de manutenção.

Concretos de Alta Resistência Inicial com Baixo Calor:

- Mitigação de retração e trincas térmicas em peças massivas.

XVII Seminário de Sustentabilidade do Concreto





CT 101 SUSTENTABILIDADE DO CONCRETO
IBRACON
ABCIC / ABECE / IBRACON

ABESC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM

67º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
Natal 2026

Indicadores-Chave de Desempenho (KPIs) de Descarbonização para a Central.

KPI 1 — Intensidade de Carbono por Resistência:

- Índice Binders $= \frac{kg\ CO_2/m^3}{f_{ck}\ (\text{MPa})}$
- *Mede a eficiência com que o concreto transforma emissão de carbono em capacidade estrutural.*

KPI 2 — Fator Clíquer Efetivo no Concreto (kg/m^3):

- *Massa total de clínquer consumida por metro cúbico produzido.*

KPI 3 — % de Substituição de Água potável e Reúso de Agregados:

- *Métricas de economia circular na central de concretagem.*

CDC CARBON

Programa Setorial de Baixo Carbono ABESC/CBCS:

Nosso foco é claro:

✅ Capacitar as empresas de Concreto Dosado em Central (CDC) para o novo cenário econômico.
✅ Desenvolver ferramentas customizadas para inventários e coleta de dados precisos nas Centrais Dosadoras de Concreto.
✅ Estabelecer benchmarks setoriais para orientar estratégias reais de descarbonização.

A jornada já começou!

Federación Iberoamericana del Hormigón Premezclado Fihp

IBRACON

sidac sistema de informação do desempenho ambiental da construção

BIPC benchmark iterativo para projetos de baixo carbono

CECarbon

ABNT

ABESC

As Etapas da Jornada Setorial do Concreto

Fases Executivas do Projeto:

- **Etapa 1:** Alinhamento do escopo técnico e especificidades do setor.
- **Etapa 2:** Conscientização, mobilização e engajamento das empresas associadas.
- **Etapa 3:** Desenvolvimento da Ferramenta de Apoio e Rodadas de Inventário (Teste e Oficial).
- **Etapa 4:** Compilação dos dados, construção do Benchmark e fundamentação do Roadmap.
- **Etapa 5:** Emissão massiva de dDAPs e atualização dos bancos de dados públicos (SIDAC).

Automatização e Emissão de dDAPs — Integrando os ERPs das Centrais.

A Descentralização e a Escala:

- Integração opcional via API/ERP diretamente nos softwares de gestão das centrais para inventário automatizado.

Emissão de dDAPs (Declaração de Desempenho Ambiental de Produto):

- Emissão de documentos rastreáveis e auditados vinculados ao SIDAC.

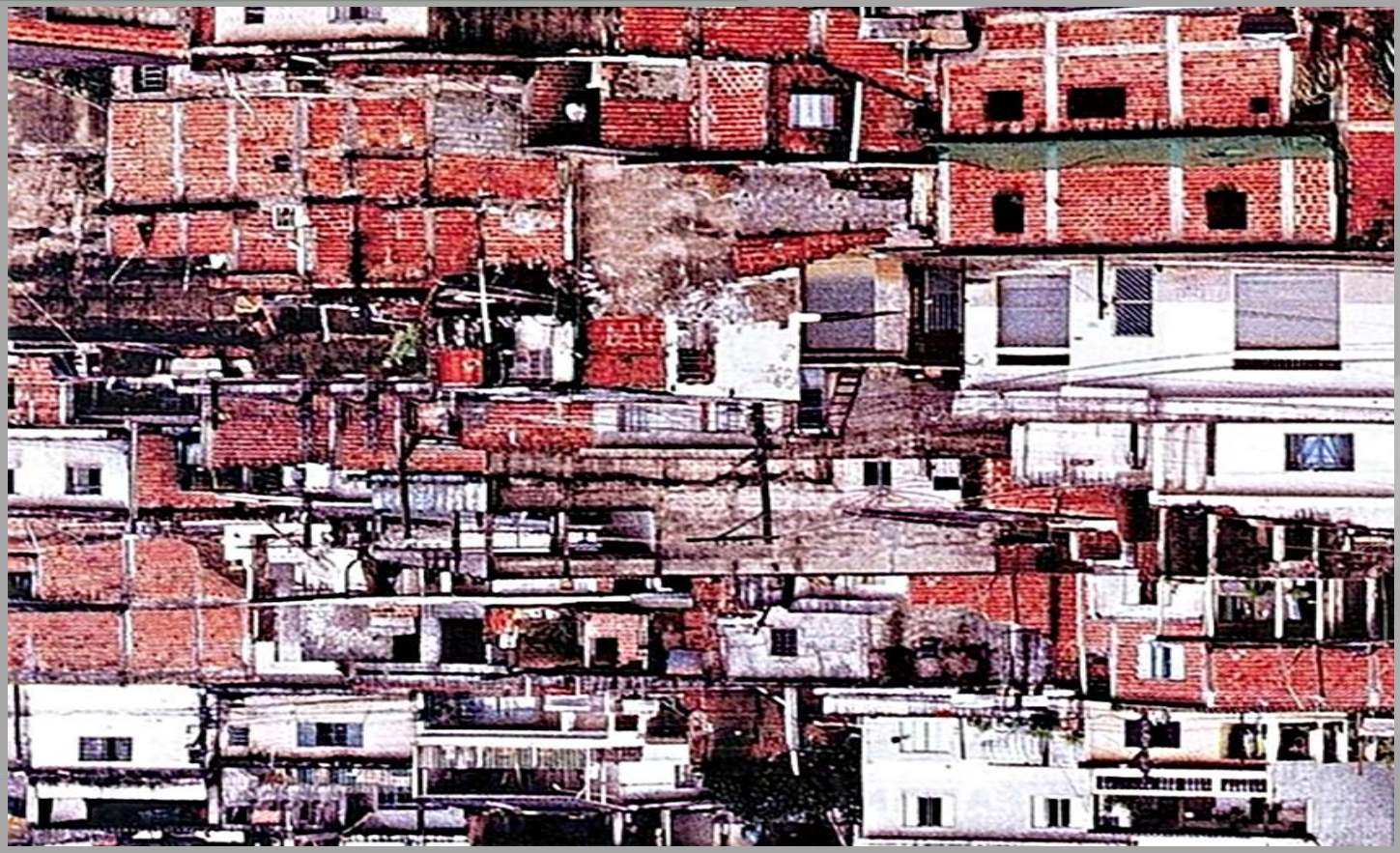
Vantagem Competitiva para a Concreteira:

- A central apresenta ao cliente a pegada de carbono exata do concreto fornecido para a obra dele, eliminando acusações de *greenwashing*.

Conclusões Executivas para a Engenharia e a Sociedade.

1. **O CDC é Diverso e Tecnológico:** É preciso abandonar a premissa retrógrada de que o f_{ck} define o traço.
2. **Qualidade dos Dados é Pré-Requisito para Sustentabilidade:** O setor precisa de benchmarks construídos sobre a realidade das centrais, e não sobre médias estatísticas genéricas.
3. **Liderança Ativa da ABESC:** A associação está entregando a ferramenta, a metodologia e o caminho de certificação para a indústria do CDC.
4. **Especificação Consciente:** O projeto estrutural do futuro deve especificar resistência, durabilidade e limite de intensidade de carbono em parceria com a central fornecedora.

XVII Seminário de
Sustentabilidade do Concreto



ABESC
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS DE SERVIÇOS DE CONCRETAGEM

67º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO
Natal 2026

XVII Seminário de Sustentabilidade do Concreto

"A descarbonização da construção civil passa, obrigatoriamente, pela engenharia de dosagem do concreto usinado. Medir com precisão é o único caminho para transformar com responsabilidade."

XVII Seminário de Sustentabilidade do Concreto

OBRIGADO!

ALVARO BARBOSA

alvaro@abesc.org.br

IBRACON Instituto Brasileiro do Concreto | ABCIC | ABECE

67º CONGRESSO BRASILEIRO DO CONCRETO

Natal 2026

30 de setembro a 3 de outubro