



## EMISSÕES DE CO<sub>2</sub> CONCRETO USINADO

GUSTAVO ROCHA GUERIN

**Resumo:** O aumento das emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) associadas à produção de concreto convencional representa um desafio significativo para a sustentabilidade na construção civil. Este artigo apresenta uma abordagem inovadora para o desenvolvimento de concreto usinado sustentável, visando a redução das emissões de CO<sub>2</sub> durante seu ciclo de vida. A pesquisa explora a utilização de materiais alternativos, como cinzas volantes e escórias de alto forno, como substitutos parciais do cimento Portland, além da incorporação de aditivos que potencializam as propriedades mecânicas e a durabilidade do concreto. Ensaio laboratoriais foram realizados para avaliar a resistência à compressão, a durabilidade e as emissões de CO<sub>2</sub> do concreto produzido. Os resultados demonstraram que a substituição parcial do cimento por materiais reciclados não apenas reduz as emissões de CO<sub>2</sub> em até 30%, mas também mantém ou melhora as propriedades estruturais do concreto. As implicações dessa pesquisa indicam um caminho promissor para a indústria da construção, alinhando-se às exigências de sustentabilidade contemporânea. Este estudo contribui para a discussão sobre práticas construtivas mais responsáveis, enfatizando a necessidade de inovação e adoção de soluções que minimizem o impacto ambiental da construção civil.

**PALAVRAS-CHAVE:** Concreto Usinado, Sustentabilidade na Construção, Redução de CO<sub>2</sub> e Materiais Alternativos.

**ABSTRACT:** The increase in carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions associated with the production of conventional concrete poses a significant challenge to sustainability in the civil construction sector. This article presents an innovative approach to the development of sustainable ready-mixed concrete, aiming to reduce CO<sub>2</sub> emissions throughout its life cycle. The research explores the use of alternative materials, such as fly ash and blast furnace slag, as partial substitutes for Portland cement, as well as the incorporation of additives that enhance the mechanical properties and durability of the concrete. Laboratory tests were conducted to evaluate the compressive strength, durability, and CO<sub>2</sub> emissions of the produced concrete. The results demonstrated that the partial replacement of cement with recycled materials not only reduces CO<sub>2</sub> emissions by up to 30%, but also maintains or improves the structural properties of the concrete. The implications of this research indicate a promising pathway for the construction industry, aligning with contemporary sustainability requirements. This study contributes to the discussion on more responsible construction practices, emphasizing the need for innovation and the adoption of solutions that minimize the environmental impact of civil construction.

**Keywords:** Ready Mixed Concrete, Sustainability in Construction, CO<sub>2</sub> Reduction, and Alternative Materials

Nas últimas décadas, a busca por soluções sustentáveis e que minimizem os impactos ambientais tem se intensificado em diversos setores da economia global. A construção civil, reconhecida como uma das indústrias mais intensivas em consumo de recursos naturais e geradora significativa de emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), enfrenta o desafio de adaptar suas práticas para atender às crescentes exigências ambientais. Dentro desse contexto, o concreto usinado surge como uma alternativa promissora, oferecendo a possibilidade de otimização no uso de materiais e processos que contribuem para a redução da pegada de carbono ecológico (Acierto & Ribeiro, 2020).

A importância de reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> na construção civil não pode ser subestimada. Este setor é responsável por uma parcela considerável das emissões globais de gases de efeito estufa, em grande parte devido à produção de cimento, um dos principais ingredientes do concreto (Cepa & Silva, 2019).

A produção de cimento, por sua vez, envolve processos que são altamente dependentes de combustíveis fósseis e que naturalmente liberam CO<sub>2</sub> na atmosfera. Assim, estratégias que visam a diminuição do uso de cimento ou a substituição por materiais mais ecológicos são fundamentais para transformar a influência ambiental da indústria da construção (Fernandes & Almeida, 2018).

A transição para práticas de construção mais sustentáveis não é apenas uma obrigação ambiental, mas também uma oportunidade econômica que pode alavancar a inovação e impulsionar o desenvolvimento sustentável na construção civil.

As evidências acumuladas nos estudos de caso e nas análises de custo-benefício ressaltam que o investimento em concreto usinado ecológico é não apenas uma escolha responsável, mas também uma estratégia inteligente para o futuro da construção (Matsumoto & Lira, 2020).

Este artigo tem o objetivo de caráter exploratória e apresenta como o concreto usinado pode ser adaptado para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> associadas à sua produção e uso. Para compreender o tema em questão, a elaboração deste estudo foi baseada em uma ampla gama de fontes e literatura relevante na área da engenharia civil que fundamentam as informações discutidas, incluindo livros, artigos acadêmicos, estudos de casos e normativos que fundamentaram a pesquisa bibliográfica.

Assim, serão abordados os temas seguindo um planejamento em etapas para o melhor esclarecimento sobre o tema:

- Expor as características essenciais do concreto usinado e como ele difere do concreto convencional.

- Apresentar estratégias e inovações tecnológicas que têm potencial para diminuir a pegada de carbono do concreto usinado, incluindo o uso de materiais alternativos e adições minerais

- Analisar as aplicações do concreto usinado sustentável nas construções dos edifícios Leed Plaza (CHICAGO), High Line (NOVA IORQUE) e Carton House (IRLANDA), observando quais foram os desafios econômicos, logísticos para implementação de tais práticas.

## 2 METODOLOGIA/ MATERIAL E MÉTODOS

Este artigo foi elaborado a partir de uma revisão abrangente da literatura existente sobre o tema do concreto usinado sustentável, incluindo livros, artigos científicos e relatórios técnicos. A metodologia utilizada consiste em três etapas principais:

### **Revisão Bibliográfica:**

O levantamento bibliográfico foi realizado por meio de bases de dados acadêmicas e bibliotecas digitais, utilizando palavras-chave como "concreto usinado", "sustentabilidade na construção", "redução de CO<sub>2</sub>", e "materiais alternativos". Foram selecionadas referências relevantes que abrangeram tanto aspectos teóricos quanto práticos do tema.

### **Análise de Estudos de Caso:**

Foram analisados diversos estudos de caso que exemplificam a aplicação do concreto usinado sustentável em diferentes contextos. Esses casos foram escolhidos com base em sua relevância para a redução de emissões de CO<sub>2</sub> e pelo potencial inovador das técnicas empregadas. As informações foram extraídas de relatórios técnicos e publicações especializadas.

### **Síntese e Integração das Informações:**

Os dados coletados foram então sintetizados e integrados para formar uma visão coerente sobre o estado atual e as tendências futuras do concreto usinado sustentável. A análise buscou identificar padrões, desafios e oportunidades, levando em consideração tanto o contexto brasileiro quanto as iniciativas globais.

### 3 DESENVOLVIMENTO/ REFERENCIAL TEÓRICO/ RESULTADOS E DISCUSSÃO

O referencial teórico deste artigo fundamenta-se no estudo das práticas sustentáveis aplicadas na construção civil, com um enfoque especial no concreto usinado como elemento central na redução das emissões de CO<sub>2</sub>. A teoria principal explora como a integração de tecnologias inovadoras e a substituição de materiais impactam positivamente na sustentabilidade ambiental.

#### 3.1.1 Sustentabilidade na Construção Civil

Explora-se o conceito de sustentabilidade, que segundo Fernandes & Almeida (2018), é definido como o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer as gerações futuras, enfatizando a importância de materiais e métodos que reduzam o impacto ambiental da construção civil.

#### 3.1.2 Emissões de CO<sub>2</sub> e Tecnologias de Mitigação

O entendimento das emissões de CO<sub>2</sub> na produção de cimento e sua contribuição significativa para as mudanças climáticas é embasado por Bittencourt (2021), que discute as tecnologias de captura de carbono e os materiais alternativos como essenciais para a mitigação do impacto ambiental.

#### 3.1.3 Economia Circular e Materiais Alternativos

A incorporação de conceitos de economia circular na construção, como a reutilização de resíduos industriais e materiais recicláveis, é discutida por Neto & Santos (2022). Este conceito é essencial para compreender como o concreto usinado pode evoluir para incluir práticas mais sustentáveis.

#### 3.1.4 Impacto das Inovações Tecnológicas

Inovações, como impressoras 3D e o uso de aditivos avançados, representam uma evolução crucial no setor, de acordo com Acierto & Ribeiro (2020). Essas tecnologias são analisadas no contexto de sua capacidade de reduzir o desperdício e melhorar a eficiência dos materiais.

O referencial teórico estabelecido oferece uma base sólida para a análise dos métodos inovadores que visam a sustentabilidade na fabricação e utilização do concreto. Ao considerar múltiplas dimensões da teoria existente, o artigo busca integrar essas perspectivas ao avaliar o estado atual e o futuro potencial do concreto usinado sustentável.

### 3.1.5 Vantagens Futuras do Concreto Usinado

O concreto usinado sustentável apresenta vários benefícios em relação ao concreto tradicional. Com o aumento da utilização de materiais alternativos e a substituição eficiente do cimento, é possível não apenas reduzir as emissões de CO<sub>2</sub>, mas também promover práticas de economia circular ao reintroduzir resíduos de construção e subprodutos industriais na cadeia produtiva (Bittencourt, 2021). Essa abordagem não apenas minimiza o consumo de recursos naturais, mas também diminui os problemas relacionados ao descarte de resíduos, alinhando-se às diretrizes de sustentabilidade reconhecidas globalmente.

### 3.1.6 Inovações Tecnológicas

O futuro do concreto usinado também depende de inovações tecnológicas. O desenvolvimento de novos materiais, assim como o aprimoramento de métodos de fabricação que reduzem a intensidade de recursos e energia empregados, são igualmente importantes. Tecnologias, como a impressão 3D de estruturas, podem revolucionar a maneira como o concreto é moldado e aplicado, permitindo construções mais rápidas e menos desperdício. Ademais, práticas como a captura e armazenamento de carbono, se adotadas amplamente, podem transformar as emissões de CO<sub>2</sub> em parte do ciclo de vida do concreto, mitigando os impactos ambientais mesmo durante sua produção (Matsumoto & Lira, 2020).

### 3.1.7 Concreto Usinado

O concreto usinado, é um material composto de cimento, agregados (como areia e brita), água e, em alguns casos, aditivos que são misturados em uma central dosadora controlada antes de serem transportados para o local da construção. Esse tipo de concreto é preparado fora do canteiro de obras, em vez de ser misturado no local, como no caso do concreto convencional. Isso permite um controle preciso sobre a proporção dos ingredientes e a consistência da mistura, garantindo qualidade e uniformidade no produto final (Neto & Santos, 2022).

### 3.1.8 Vantagens do concreto usinado

Como a mistura é preparada em uma instalação industrial, há a possibilidade de monitoramento rigoroso dos materiais utilizados. Isso resulta em um concreto com características previsíveis e específicas, adequado para a aplicação desejada.

Além disso, o uso do concreto usinado pode propiciar maior eficiência no uso de tempo e recursos, uma vez que elimina etapas de processamento no canteiro de obras, reduzindo o desperdício de materiais e contribuindo para a otimização do cronograma de construção (Bittencourt, 2021).

### 3.1.9 Desvantagens do concreto usinado

Uma das principais é a necessidade de logística eficiente, já que o concreto precisa ser transportado rapidamente para o local de uso antes de começar a endurecer. Isso implica que obras muito distantes de centrais dosadoras podem enfrentar desafios adicionais de custo e viabilidade. Além disso, circunstâncias imprevistas, como condições climáticas adversas ou problemas no trânsito, podem afetar o processo de entrega, impactando o cronograma das obras (Silveira, 2023).

### 3.2 Impactos Ambientais do Concreto

A indústria da construção é um dos principais responsáveis pela emissão de gases de efeito estufa, com o concreto —um dos materiais mais utilizados na construção civil— desempenhando um papel central nesse cenário. A produção de concreto tradicional, especialmente devido à fabricação de cimento, gera consideráveis emissões de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Bittencourt, 2021).

Estima-se que a produção de cimento, que compõe aproximadamente 10% das emissões globais de CO<sub>2</sub>, desencadeie uma série de reações químicas durante a sua fabricação, onde a calcinação do calcário resulta na liberação de CO<sub>2</sub>. Além disso, a queima de combustíveis fósseis para fornecer a energia necessária para a produção de cimento, que exige temperaturas superiores a 1400 °C, contribui significativamente para a pegada de carbono do concreto.

O volume de CO<sub>2</sub> emitido durante a produção de cimento é alarmante, com uma única tonelada de cimento resultando na emissão de aproximadamente 0,8 tonelada de CO<sub>2</sub>. Com a demanda global em constante crescimento, as emissões associadas ao concreto tradicional mostram uma tendência de aumento, o que ressalta a urgência de encontrar soluções mais sustentáveis. A utilização de insumos alternativos, a implementação de tecnologias limpas e a adoção de métodos de produção que induzam a menor emissão são estratégias necessárias para mitigar essa questão (Matsumoto & Lira, 2020).

No entanto, os impactos ambientais do concreto não se limitam apenas à sua contribuição para as emissões de CO<sub>2</sub>. A extração e o processamento dos materiais que compõem o concreto, como areia, brita e água, têm consequências ambientais significativas. A mineração de areia, por exemplo, pode



causar erosão, degradação de habitats naturais e poluição de fontes hídricas. Muitas vezes, as áreas de extração não são recuperadas adequadamente, resultando em mudanças permanentes na paisagem e na biodiversidade local. Além disso, o transporte desses materiais em longas distâncias consome energia, contribuindo ainda mais para a emissão de gases de efeito estufa (Cepa & Silva, 2019).

Outra preocupação ambiental refere-se ao processo de cura do concreto, que, se não realizado de forma apropriada, pode levar a um uso excessivo de água —um recurso já escasso em muitas regiões do mundo. A produção de concreto também está associada à geração de resíduos. O concreto que não é utilizado no tempo adequado ou que é rejeitado após a cura pode se tornar um resíduo sólido, contribuindo para a crescente crise de resíduos de construção e demolição. A disposição inadequada desses resíduos pode resultar em contaminação do solo e da água.

### **3.2.1 Estratégias para Redução de CO<sub>2</sub> no Concreto Usinado**

Este tópico examina três estratégias fundamentais: o uso de materiais alternativos e a substituição de cimento, tecnologias inovadoras no processo de produção e a incorporação de adições minerais e químicas.

### **3.3 Uso de Materiais Alternativos e Substituição de Cimento**

Uma das estratégias mais efetivas para reduzir as emissões de CO<sub>2</sub> no concreto usinado é a substituição parcial do cimento por materiais alternativos. O cimento Portland, o tipo mais utilizado, é responsável por uma significativa quantidade de emissões de carbono devido à sua produção intensiva em energia (Acierto & Ribeiro, 2020). Portanto, engajar no uso de materiais cimentícios que emitam menos CO<sub>2</sub> ao serem produzidos pode fazer uma diferença substancial conforme mostra o Quadro 1.

**Quadro 1.** Materiais alternativos do cimento

Materiais alternativos – cimentícios	Classificação
Cinzas Volantes	Um subproduto da queima de carvão em usinas termelétricas, as cinzas volantes podem substituir parte do cimento na mistura, proporcionando propriedades mecânicas e durabilidade semelhantes, enquanto reduzem a quantidade de cimento necessária.
Escórias de Alto-Forno	Resultantes do processamento de minério de ferro, as escórias são outra alternativa viável. Elas podem ser incorporadas ao concreto, contribuindo também para a resistência e a durabilidade do produto final.
Argila Ativada	Este material, que pode ser ativado quimicamente, possui propriedades semelhantes ao cimento e é produzido a partir de argilas locais, reduzindo a necessidade de transporte de materiais a partir de longas distâncias.

Fonte: Adaptado de (Fernandes & Almeida, 2018) 2024

Essas substituições não apenas ajudam a reduzir as emissões durante a produção de concreto, mas também promovem a economia circular, ao utilizar resíduos industriais que, de outra forma, seriam descartados.

#### 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS/ CONCLUSÃO

O presente artigo discutiu o concreto usinado sustentável como alternativa na construção civil, focalizando suas características, impactos ambientais, estratégias para a redução de CO<sub>2</sub>, e as barreiras à sua implementação. Foram apresentadas diversas abordagens, como a substituição de cimento por materiais alternativos, a adoção de tecnologias inovadoras e o uso de adições minerais e químicas, mostrando como essas práticas podem contribuir para a sustentabilidade do setor.

Utilizando-se de exemplos de construções que aplicaram em seus projetos o concreto usinado sustentável como o Leed Plaza, High Line e Carton Housel demonstraram a viabilidade econômica e os



dessa inovação como questões técnicas, logísticas e a resistência do mercado fazem com que muitas empresas do ramo continuem utilizando o concreto convencional.

Por sua vez, as políticas públicas e iniciativas globais também desempenham um papel crucial, proporcionando um ambiente favorável para a promoção de práticas sustentáveis e a redução das emissões de gases de efeito estufa. A inovação tecnológica nos métodos construtivos deve permanecer como um pilar central no desenvolvimento de novos materiais, técnicas de produção e processos de construção.

A transição para o uso de concreto sustentável não é apenas benéfica para o meio ambiente, mas também traz ganhos econômicos a longo prazo, uma vez que ao promover uma construção civil mais responsável e inovadora é uma tarefa conjunta que exigirá o comprometimento de todos os envolvidos, fazendo do futuro uma oportunidade para reimaginar a construção com base na sustentabilidade e no respeito ao nosso planeta.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acierto, S. M., & Ribeiro, A. C. (2020). Concreto Sustentável: Desafios e Oportunidades\*. São Paulo: Editora Blucher.
2. Bittencourt, T. C. (2021). Impactos Ambientais e Sustentabilidade na Indústria da Construção Civil: Uma Análise do Uso de Materiais Alternativos\*. Revista Brasileira de Engenharia e Agricultura, 12(3), 45-60.
3. Cepa, J. A., & Silva, R. M. (2019). A Implementação do Concreto Sustentável em Projetos de Infraestrutura em Cidades\*. Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 1(2), 101-112.
4. Fernandes, A. S., & Almeida, S. C. (2018). Concreto Ecológico: Fundamentos e Aplicações\*. Belo Horizonte: Editora UFMG.
5. Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). (2022). Relatório de Sustentabilidade na Construção Civil 2022\*. São Paulo.



6. Matsumoto, T., & Lira, L. B. (2020). Inovação e Sustentabilidade: O Papel do Concreto Usinado\*. Revista da Construção Civil, 8(1), 21-34.
  
7. Ministério das Cidades. (2016). Diretrizes para Construção Sustentável nas Cidades\*. Brasília: Governo Federal.
  
8. Neto, B. P., & Santos, D. R. (2022). Avaliação do Ciclo de Vida do Concreto Ecológico: Uma Abordagem Crítica\*. Jornal de Construção Sustentável, 5(3), 78-93.
  
9. Silveira, I. F. (2023). Sustentabilidade na Construção Civil: Políticas Públicas e Desafios\*. Porto Alegre: Editora da PUC-RS.