

Avaliação da ecoeficiência do aço CA-70 em blocos de fundação de edifícios altos

PAULO MARTINS - ENG. - (paulo.martins@pedreiratopazio.eng.br);
GUSTAVO LOPES DA ROCHA - ENG. DOUTORANDO - <https://orcid.org/0000-0002-2413-0892> ;
OTÁVIO PEDREIRA DE FREITAS - ENG. — Pedreira Topázio

RESUMO

A INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL É UMA DAS MAIORES CONSUMIDORAS DE RECURSOS NATURAIS E GERADORA DE IMPACTOS AMBIENTAIS. NESSE CONTEXTO, A DESMATERIALIZAÇÃO, DEFINIDA COMO A REDUÇÃO DE MATERIAL MANTENDO A FUNCIONALIDADE, EMERGE COMO UMA ESTRATÉGIA CENTRAL PARA A SUSTENTABILIDADE. ESTE TRABALHO APRESENTA UM ESTUDO DE CASO COMPARATIVO DA APLICAÇÃO DESSE CONCEITO E ESTRATÉGIA EM PROJETOS DE FUNDAÇÕES DE EDIFÍCIOS ALTOS DE CONCRETO ARMADO, COM BASE NAS NORMAS ABNT NBR 6118:2023 E EC2. DUAS ALTERNATIVAS FORAM ANALISADAS, A PRIMEIRA UTILIZANDO AÇO CA-50 E A SEGUNDA COM SUBSTITUIÇÃO DO AÇO CA-50 PELO AÇO CA-70 NOS TIRANTES PRINCIPAIS. A ADOÇÃO DO AÇO CA-70 REDUZIU SIGNIFICATIVAMENTE A ÁREA E PESO TOTAL DE AÇO, COM REDUÇÃO DE CUSTOS NOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO. AINDA, O REFINAMENTO DO CÁLCULO DO COMPRIMENTO DE ANCORAGEM POSSIBILITOU A MANUTENÇÃO DAS FORMAS E DO VOLUME DE CONCRETO UTILIZADO. OS RESULTADOS DEMONSTRAM A VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA DO USO DO CA-70 EM FUNDAÇÕES PROFUNDAS, CONTRIBUINDO PARA PRÁTICAS MAIS SUSTENTÁVEIS NO SETOR DA CONSTRUÇÃO CIVIL.

PALAVRAS-CHAVE: BLOCOS DE FUNDAÇÃO, AÇO CA-70, SUSTENTABILIDADE, DESMATERIALIZAÇÃO, ANCORAGEM.

1. INTRODUÇÃO

A construção civil é essencial para o desenvolvimento econômico, mas também uma das maiores responsáveis por impactos ambientais, como a extração intensiva de recursos, emissões de gases de efeito estufa e geração de resíduos. Tornar o

setor mais sustentável é uma necessidade urgente. Uma estratégia promissora é a desmaterialização, que busca reduzir o uso de materiais sem comprometer o desempenho estrutural. Em estruturas de concreto armado, isso pode ser alcançado por meio da otimização do projeto, uso de materiais mais eficientes e redução de desperdícios:

► **Otimização do Projeto:** consiste em aprimorar o dimensionamento estrutural para reduzir o uso de materiais.

No caso de fundações, isso inclui o uso de métodos de cálculo mais precisos, como o refinamento do comprimento de ancoragem e o modelo de bielas e tirantes, além da adoção de geometrias estruturais mais eficientes;

► **Eficiência dos Materiais:** refere-se ao uso de insumos com melhor desempenho mecânico, permitindo reduzir quantidades totais. Em blocos de fundação, isso inclui a substituição do aço



FIGURA 1

MODELO DIGITAL 3D DO OBJETO DE ESTUDO

FONTE: OS AUTORES (2025)

CA-50 por CA-70 em tirantes principais, o que possibilita menor área de armadura para as mesmas cargas. Estratégias complementares incluem o uso de concretos com maior resistência ou menor teor de clínquer para contribuir na redução de dimensões e emissões associadas aos materiais;

► **Redução de desperdícios:** consiste em minimizar perdas no canteiro, como cortes excessivos, sobras de material e retrabalhos. No caso de fundações, o uso de detalhamentos mais precisos e de ferramentas com base em BIM permite visualizar interferências antecipadamente e otimizar o corte e posicionamento das armaduras. Assim, ocorre a redução de erros de execução e desperdícios.

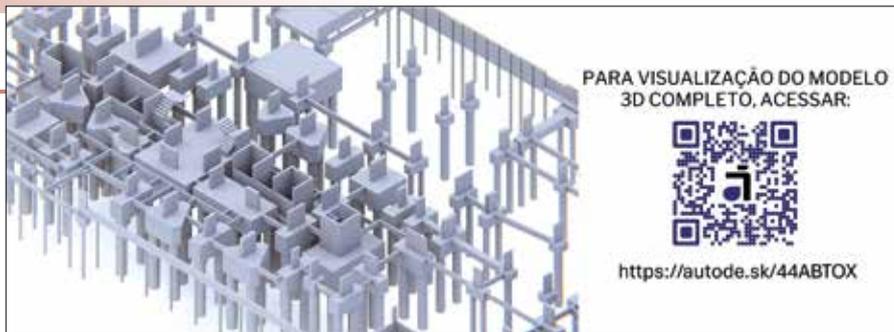
Essas três frentes, combinadas, oferecem uma estrutura para reduzir o uso de materiais na construção civil. Sendo complementares, quando aplicadas juntas geram sinergias significativas, traduzindo em benefícios técnicos, econômicos e ambientais.

Apesar do crescente interesse por eficiência no uso de recursos, a desmaterialização ainda é pouco explorada de forma direta tanto no ensino da engenharia quanto na prática profissional. A otimização estrutural, muitas vezes, é realizada com base na experiência e/ou em custos, sem um embasamento teórico que avalie os ganhos sob a ótica da sustentabilidade. Este trabalho busca contribuir para a superação dessa lacuna, apresentando um estudo de caso nacional que aplica estratégias de desmaterialização no sistema de fundações de dois edifícios altos em concreto armado. A substituição parcial de aço CA-50 por CA-70, o uso do modelo de bielas e tirantes, e o refinamento do cálculo de ancoragem resultam em expressiva redução de massa de aço e custos, mantendo o volume de concreto utilizado. O estudo reforça o potencial de abordagens estruturadas para integrar eficiência técnica e sustentabilidade em projetos reais.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Caracterização da obra e solução de fundação

As estruturas em estudo são compostas por duas torres situadas em São Paulo. O projeto estrutural foi desenvolvido pelo escritório Pedreira Topázio, enquanto a



PARA VISUALIZAÇÃO DO MODELO 3D COMPLETO, ACESSAR:



<https://autode.sk/44ABTOX>

FIGURA 2

VISTA PARCIAL DAS FUNDAÇÕES EM BLOCOS SOBRE ESTACAS

FONTE: OS AUTORES (2025)

execução da obra é de responsabilidade da construtora Econ.

A Torre A possui 110 metros de altura, com 35 pavimentos habitáveis, além dos pavimentos técnicos e de embasamento. A Torre B possui 85 metros de altura, com 27 pavimentos habitáveis e conta com pavimentos técnicos e de embasamento. Ambas as estruturas são executadas em concreto armado, conforme exemplificado na Figura 1.

Dadas as características do solo, optou-se por fundações profundas compostas por blocos de coroamento. Conforme definido na ABNT NBR 6118:2023, “*blocos são estruturas de volume usadas para transmitir às estacas e às tubulações as cargas de fundação, podendo ser considerados rígidos ou flexíveis por critérios análogos ao definido para sapatas*” (ABNT, 2023). Neste caso, foram adotados blocos rígidos, o que implica a inexistência de flexão significativa ou deformações diferenciais na base dos blocos. A vista parcial dos blocos é apresentada na Figura 2.

2.2 Metodologia de cálculo adotada

Para estruturas de muitos pavimentos, como a Torre A com 110 metros de altura, as cargas transmitidas aos blocos de fundação são elevadas, resultando em grandes quantidades de aço. Com o objetivo de reduzir o peso de aço utilizado nos blocos de fundação, foi proposta pela fornecedora de aço do empreendimento, Gerdau, a substituição do aço CA-50 pelo aço CA-70.

A metodologia de cálculo adotada para os blocos seguiu o modelo de bielas e tirantes descrito por Blévyot e Frémy (1967, *apud*. ABECE, 2020), com base nas prescrições normativas da ABNT NBR 6118:2023. Foram consideradas as verificações dos estados limites últimos (ELU) nas zonas de compressão (nós CCC e CCT), bem como a definição das áreas de aço dos tirantes, adotando um coeficiente de redução β de 0,76 para controle das fissuras em serviço, que foi adotado com base em referências empíricas provenientes da prática profissional do escritório de cálculo Pedreira Topázio.

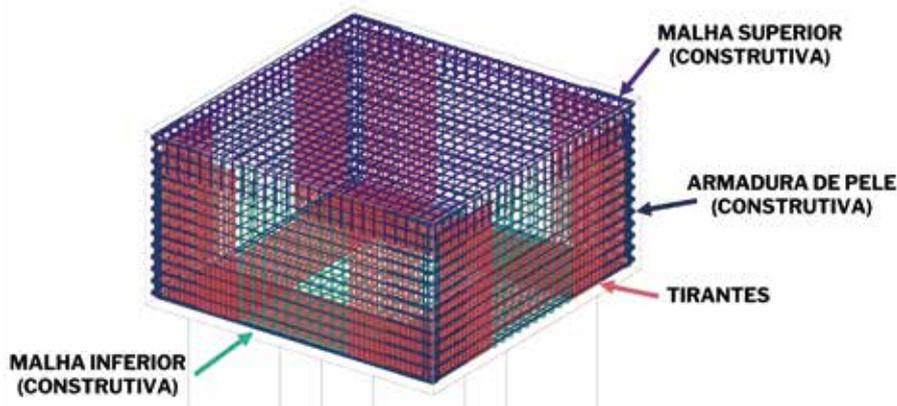


FIGURA 3

REPRESENTAÇÃO 3D DAS ARMADURAS PRESENTES EM UM BLOCO SOBRE ESTACAS

FONTE: OS AUTORES (2025)

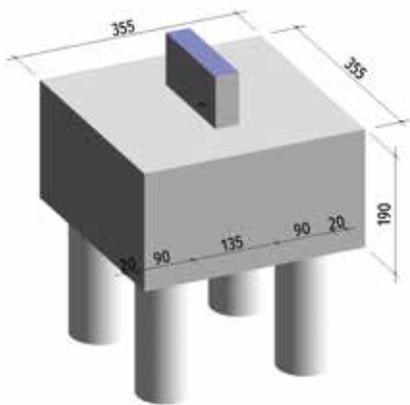


FIGURA 4
REPRESENTAÇÃO 3D DE UM BLOCO GENÉRICO SOBRE ESTACAS
FONTE: OS AUTORES (2025)

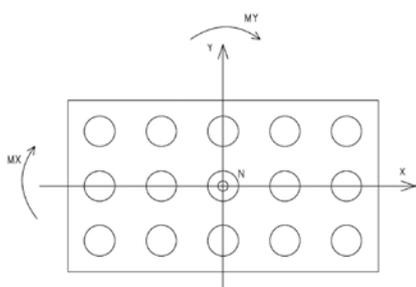


FIGURA 5
ESQUEMA DE ESFORÇOS DE UM BLOCO SOBRE ESTACAS
FONTE: OS AUTORES (2025)

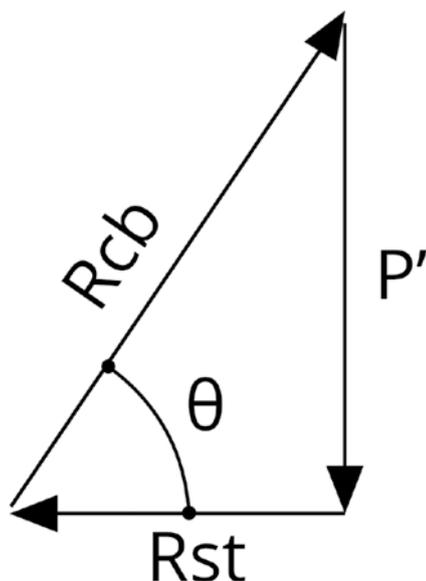


FIGURA 6
ESQUEMA DE ESFORÇOS UTILIZADO BASEADO NA SIMPLIFICAÇÃO POR TRELIÇA
FONTE: OS AUTORES (2025)

2.3 Estratégia comparativa CA-50 x CA-70

Para avaliar a viabilidade econômica e técnica da substituição do aço CA-50 pelo CA-70, foram consideradas duas configurações distintas. Na Figura 3, são destacadas as funções das armaduras presentes nos blocos.

- ▶ **Situação A:** Todas as armaduras dos blocos compostas por aço CA-50;
- ▶ **Situação B:** Armaduras construtivas (malhas superior e inferior, armadura lateral) em CA-50 e tirantes principais em CA-70.

2.4 Diretrizes dimensionais dos blocos

O dimensionamento dos blocos se inicia a partir dos dados geotécnicos com o posicionamento e diâmetro das estacas. A forma final do bloco é definida pelo engenheiro estrutural, onde foi considerado 20 cm de afastamento entre a face da estaca e a face do bloco (Figura 4). Essa margem facilita a montagem, garante comprimento de ancoragem e acomoda possíveis excentricidades de execução.

Em todos os casos, garantiu-se que as inclinações das bielas fossem superiores a 45°, atendendo aos critérios indicados no presente artigo.

2.5 Cálculo das reações e forças nos tirantes

A determinação das reações nas estacas é o ponto de partida para o detalhamento do bloco sobre estacas e a solução para a obtenção desses esforços é análogo ao da flexão composta oblíqua, partindo do princípio de que o bloco é rígido e as

estacas têm o mesmo diâmetro. O cálculo das tensões é realizado conforme Equação 1 e o esquema de esforços solicitantes é representado na Figura 5.

$$[1] \quad \sigma_i = \frac{N}{n \cdot A} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{A \sum y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{A \sum x_i^2}$$

Sendo:

- σ_i : a tensão atuante (kN/m²);
- N: a força normal (kN);
- A: a área da estaca (m²);
- M_x e M_y : o momento em x e em y, respectivamente (kN · m);
- x_i e y_i : distância no plano cartesiano entre o eixo da estaca e o centro geométrico (m).

Multiplicando-se ambos os lados da Equação 1 pela área da estaca, temos o apresentado na Equação 2:

$$[2] \quad R_i = \frac{N}{n} \pm \frac{M_x \cdot y_i}{\sum y_i^2} \pm \frac{M_y \cdot x_i}{\sum x_i^2}$$

Sendo R_i referente à reação resultante na estaca, em kN e o restante das variáveis as mesmas apresentadas para a Equação 1.

Para o cálculo da armadura de tirantes, adotou-se o modelo de treliça baseado em Blévet e Frémy (1967, *apud*. ABECE, 2020). Por conta da hipótese de bloco rígido, a teoria de bielas e tirantes que se aplica constituiu uma treliça representada pela reação

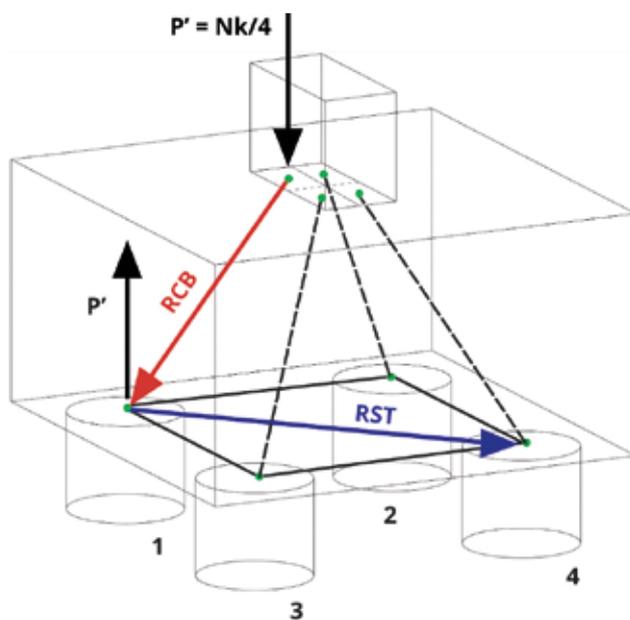


FIGURA 7
DESENHO 3D DA PROJEÇÃO DO TIRANTE ENTRE ESTACAS
FONTE: OS AUTORES (2025)

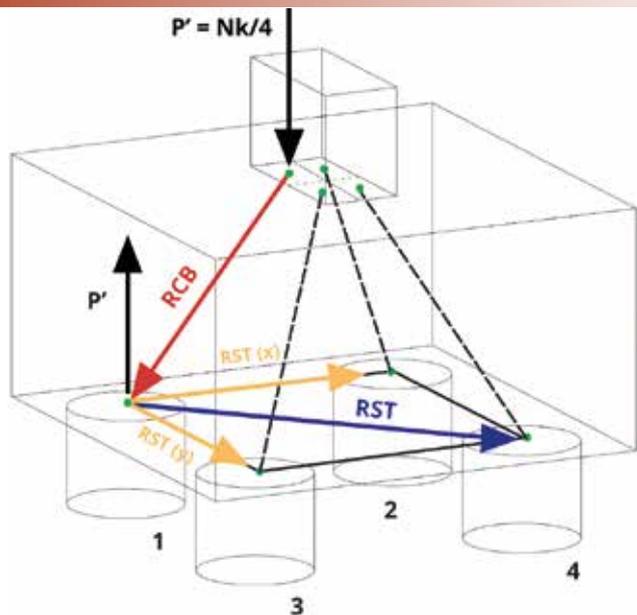


FIGURA 8
DESENHO 3D DA DECOMPOSIÇÃO DO TIRANTE
ENTRE ESTACAS
FONTE: OS AUTORES (2025)

da estaca (P'), biela de compressão (R_{cb}) até à estaca de apoio e, por fim, surge um tirante de equilíbrio (R_{st}) sobre a projeção da biela que atua acima do arrasamento das estacas. É exemplificado na Figura 6 o esquema de treliça descrito.

Exemplificando, para um bloco sobre 4 estacas, o equilíbrio se dá pelo tirante que surge na projeção da biela, como mostra a Figura 7, entre a estaca 1 e 4, ou seja, uma região armada para a tração. Contudo, para que o detalhamento seja mais econômico, o tirante é decomposto em duas direções e armado entre duas estacas, como, no exemplo, apresentado na Figura 8. A vista em planta é apresentada na Figura 9.

De acordo com o observado na Figura 9, podemos decompor o tirante R_{st} em:

$$[3] \quad R_{st}(x) = R_{st} \cdot \cos(\theta)$$

$$[4] \quad R_{st}(y) = R_{st} \cdot \cos(\alpha)$$

Desta forma, a área de aço para o tirante projetado sobre a biela pode ser obtida a partir da Equação 5.

$$[5] \quad A_s = \frac{1,4 \cdot R_{st}(i)}{\beta \cdot F_{yd}}$$

Onde:

F_{yd} : é a tensão de escoamento de cálculo do aço (kN/m^2);

β : é um coeficiente de minoração da resistência do aço, a fim de evitar fissuração do bloco durante o estado limite de serviço (ELS).

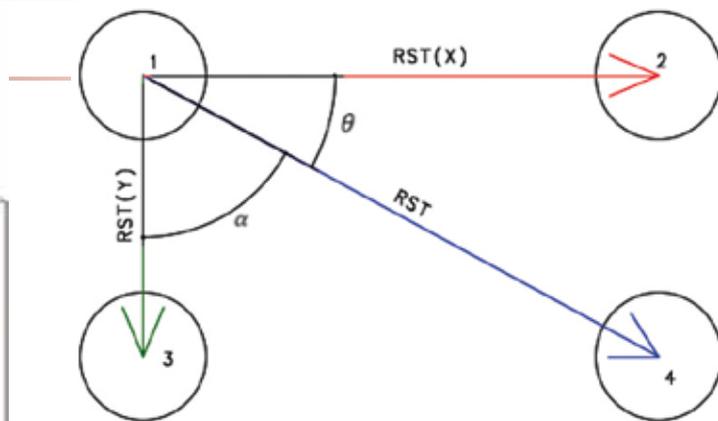


FIGURA 9
VISTA EM PLANTA DA DECOMPOSIÇÃO DO TIRANTE
ENTRE ESTACAS
FONTE: OS AUTORES (2025)

2.6 Verificação das tensões de compressão

Para a verificação do esmagamento, as

prescrições da ABNT NBR 6118:2023 foram utilizadas. Por se tratar do modelo de bielas e tirantes, se faz necessário limitar a tensão de compressão no nó da saída do pilar e na entrada da cabeça da estaca. Para a saída do pilar, temos um nó (CCC), ou seja, todas as forças do nó são de compressão e sua tensão precisa ser inferior à Equação 6, onde suas variáveis são definidas nas Equações 7 e 8.

$$[6] \quad f_{cd1} = 0,85 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$$

$$[7] \quad \alpha_{v2} = 1 - \frac{f_{ck}(\text{MPa})}{250}$$

$$[8] \quad f_{cd} = \frac{f_{ck}}{1,4}$$

Para a entrada da biela na cabeça da estaca, temos um nó (CCT), onde duas forças do nó são de compressão e uma de tração. A tensão de compressão precisa ser inferior a:

$$[9] \quad f_{cd3} = 0,72 \cdot \alpha_{v2} \cdot f_{cd}$$

Sendo:

f_{cd1} : a tensão de cálculo de compressão na saída do pilar (MPa);

α_{v2} : o coeficiente redutor de tensões de compressão;

f_{cd} : a tensão de cálculo à compressão do concreto (MPa);

f_{cd3} : a tensão de cálculo de compressão na cabeça da estaca (MPa).

Vale salientar que todos os blocos que utilizaram do aço CA-70 são de 2 estacas ou mais.

2.7 Ancoragem das armaduras

Apesar da redução da área de aço obtida pela substituição do aço CA-50 por CA-70, se faz necessário maiores comprimentos de ancoragem devido ao acúmulo maior de tensões na barra que culminam em maior fissuração na região de entorno do concreto e da barra de aço. Com isso, o volume total de concreto nos blocos aumentou com a alteração de suas dimensões. Como o aumento foi devido ao comprimento de ancoragem, buscou-se o aprofundamento teórico para entender sua real necessidade. O cálculo da ancoragem das barras parte das equações preconizadas na ABNT NBR 6118:2023, onde é possível calcular a resistência de aderência entre aço e concreto (f_{bd} , em MPa) a partir da Equação 10.

$$[10] \quad f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot f_{ctd}$$

onde:

$\eta_1 = 2,25$ para barras nervuradas;

$\eta_2 = 1$ para situações de boa aderência;

$\eta_3 = 1$ para $\varnothing < 32$ mm;

$$f_{ctd} = \frac{f_{ctk,inf}}{\gamma_c}$$

No entanto, recomendações técnicas da ABECE (Associação Brasileira de Engenharia e Consultoria Estrutural), com base no *fib* Model Code 2010, indicam que, para o aço CA-70 em blocos de fundação, deve-se considerar a introdução de um fator adicional para representar o efeito da fissuração no concreto em torno das barras submetidas a maiores níveis de tensão (ABECE, 2024).

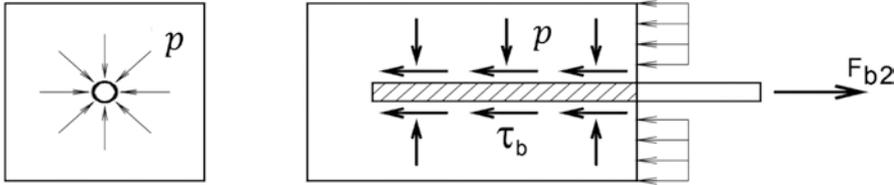


FIGURA 10

TENSÕES TRANSVERSAIS À ARMADURA

FONTE: ADAPTADO DE LEONHARDT E MÖNNING (1977)

Esse fator é o $\eta_4 = 0,76$. A partir do novo coeficiente, a equação para a resistência de aderência pode ser reescrita (Equação 11).

$$[11] \quad f_{bd} = \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3 \cdot \eta_4 \cdot f_{ctd}$$

Além disso, a norma brasileira apresenta o comprimento básico de ancoragem que é o comprimento necessário para ancorar a força-limite da barra, admitindo a resistência de aderência conforme f_{bd} (ABNT, 2023). A Equação 12 indica o valor a ser respeitado, sendo \emptyset é o diâmetro da barra em questão.

$$[12] \quad l_b = \frac{\emptyset}{4} \cdot \frac{f_{yd}}{f_{bd}} \geq 25\emptyset$$

Sendo:

l_b : o comprimento de ancoragem básico (m).

Dado o comprimento básico, é possível calcular o comprimento necessário $l_{b,nec}$, em metros, a partir da Equação 13) conforme a ABNT NBR 6118:2023. Onde

$\alpha = 0,7$ para barras com ganchos e $l_{b,min}$ é o maior valor entre $0,3 \cdot l_b$, $10\emptyset$ ou 100 mm.

$$[13] \quad l_{b,nec} = \alpha \cdot l_b \cdot \frac{A_{s,c\acute{a}lculo}}{A_{s,existente}} \geq l_{b,min}$$

Devido a presença de compressão transversal à barra dos tirantes (Figura 10), é possível adotar um redutor adicional do comprimento de ancoragem, conforme o capítulo 9 da ABNT NBR 6118:2023. Esse redutor pode ser calculado a partir do disposto na norma europeia EC2:2004 e apresentado em ABECE (2024), que considera um efeito η_5 conforme apresentado na Equação 14, sendo seu valor maior que 0,7. Portanto, para o cálculo de p (Figura 10) foi adotada a carga de compressão oriunda das ações permanentes e acidentais do pilar para uma área A (Equação 15), onde \emptyset_{est} é o diâmetro da estaca.

$$[14] \quad \eta_5 = 1 - 0,04 \cdot p$$

$$[15] \quad A = 2 \cdot \emptyset_{est}$$

Portanto, para viabilizar o uso do aço CA-70 sem alterar o afastamento padrão de 20 cm entre a face da estaca e a face do bloco, adotado na Situação A, foi necessária a consideração da compressão transversal. A compressão transversal contribui para diminuir o comprimento de ancoragem necessário, permitindo que a ancoragem seja realizada com segurança dentro do espaço disponível. É apresentada, na Figura 11, uma vista inferior dos blocos a partir do modelo 3D, em que pode ser observado o espaço disponível para ancoragem das armaduras entre a estaca e a face do bloco.

2.8 Análise dos resultados

Utilizando o detalhamento das soluções para obtenção dos quantitativos finais e adotando preços unitários médios para a cidade de São Paulo, é possível a economia gerada através do estudo apresentado. Na Situação A, com armaduras compostas exclusivamente por aço CA-50, o custo total do aço nos blocos de fundação foi de R\$ 712.934,68. Na Situação B, com substituição das barras de 25 mm e 32 mm por aço CA-70 nos tirantes principais, o custo foi reduzido para R\$ 617.784,62, representando uma economia de R\$ 95.150,06, ou seja, 13,3% de redução em relação ao custo original, com dados orçamentais reais para a cidade de São Paulo - SP no ano de 2024.

Além da economia financeira, observou-se uma significativa redução na massa total de aço utilizada, que passou de 111.540 kg para 91.469 kg, uma diferença de 20.071 kg, equivalente a uma economia de 18%. Isso evidencia o potencial de desmaterialização viabilizado pelo uso de um material de maior resistência, como o CA-70, que permite reduzir a seção das armaduras mantendo o desempenho estrutural. Com base nos fatores médios de emissão de CO_2 associados à produção de aço disponibilizados pela base de dados SIDAC (2025), a economia de aço representa a redução de aproximadamente 14,9 toneladas de emissões de CO_2 .

Além disso, em uma análise preliminar, a Situação B demandaria o aumento do comprimento de ancoragem, o que



FIGURA 11

MODELO 3D DOS BLOCOS DE FUNDAÇÃO

FONTE: OS AUTORES (2025)



FIGURA 12

GAIOLA CONFECCIONADA

FONTE: OS AUTORES (2025)



FIGURA 13

BLOCOS CONCRETADOS
E IMPERMEABILIZADOS

FONTE: OS AUTORES (2025)

implicaria no aumento do volume dos blocos. O volume total de concreto previsto passaria de 1327,7 m³ para 1528,6 m³, representando um aumento de 15%. No entanto, com o refinamento do cálculo de ancoragem, incluindo a consideração da compressão transversal, foi possível evitar o uso de 200,9 m³ de concreto adicional. Essa otimização proporcionou uma economia estimada de R\$ 100.450,00 e evitou a emissão adicional de cerca de 68,2 toneladas de CO₂, de acordo com os dados obtidos na base de dados SIDAC (2025).

Portanto, a economia total apresentada neste trabalho foi cerca de R\$ 195.600,06 e foram evitadas aproximadamente 83,1 toneladas de emissões de CO₂, resultado de uma análise dos materiais disponíveis aliada ao uso de critérios de cálculo refinados e o uso dos conceitos de desmaterialização aplicados à construção civil.

Na Figura 12 a armação de um dos blocos de coroamento de 2 estacas presentes no projeto e, na Figura 13, blocos concretados com o aço em questão.

3. CONCLUSÕES

Este estudo demonstrou que a substi-

tuição estratégica do aço CA-50 por CA-70 nos tirantes principais de blocos de fundação pode gerar benefícios técnicos, econômicos e ambientais. Utilizando os quantitativos extraídos do detalhamento estrutural e preços unitários médios para a cidade de São Paulo - SP, foi possível mensurar os impactos da solução proposta. A estratégia de desmaterialização resultou em uma economia direta de R\$ 95.150,06, com uma redução de 18% na massa de aço consumida (de 111.540 kg para 91.469 kg). Além da economia com o aço, a adoção de cálculos refinados para o comprimento de ancoragem evitou o acréscimo de 200,9 m³ de concreto, reduzindo o volume projetado de 1528,6 m³ para 1327,7 m³. Essa otimização representou uma economia adicional de R\$ 100.450,00, totalizando R\$ 195.600,05 em economia para as fundações. Portanto, a adoção de critérios de cálculo mais refinados por parte do projetista estrutural foi essencial para evitar que a substituição do aço CA-50 pelo CA-70 resultasse em um acréscimo de custo, visto que o que seria gasto com o acréscimo em volume de concreto supera a economia de aço gerada.

Do ponto de vista ambiental, as reduções de materiais proporcionaram também uma queda significativa nas emissões incorporadas. A economia de aço evitou a emissão de aproximadamente 14,9 toneladas de CO₂, enquanto a redução de concreto evitou mais 68,2 toneladas de CO₂, totalizando cerca de 83,1 toneladas de emissões evitadas, segundo dados da base SIDAC (2025). Além da viabilidade técnica e econômica, o estudo contribui para desfazer a percepção comum de que práticas sustentáveis implicam custos adicionais. Quando aplicadas de forma criteriosa, estratégias como a desmaterialização promovem a

racionalização do uso de recursos, reduzem desperdícios e aumentam a competitividade do projeto. Essas vantagens, quando bem comunicadas e quantificadas, também podem gerar valor agregado para os empreendimentos, por meio de certificações, imagem institucional ou atração de investimentos.

Este estudo de caso apresenta uma aplicação prática e viável de estratégias de desmaterialização no contexto brasileiro, com base em dados reais de projeto e obra. Os resultados reforçam que a redução de materiais pode ser alcançada, sem comprometer o desempenho estrutural e com benefícios evidentes em custo e sustentabilidade. O uso de abordagens semelhantes em outros projetos pode contribuir para uma construção civil mais eficiente e alinhada com os desafios ambientais atuais. Por fim, sugere-se a condução de estudos em diferentes regiões do Brasil e com distintas tipologias de fundações, visando ampliar a base de dados reais e fortalecer o entendimento técnico sobre essa solução. ☺

▶ REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). Recomendação ABECE 008:2024. barras de aço com 700 MPa de resistência característica ao escoamento (CA-70): Projeto de blocos de fundação. ABECE. São Paulo, 2024.
- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 6118:2023. Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2023.
- [3] LEONHARDT, F. MÖNNING, E. (1977). Construções de concreto. 6v. Rio de Janeiro, Interciência.
- [4] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENGENHARIA E CONSULTORIA ESTRUTURAL (ABECE). Bloco sobre estacas, de Blévet & Frémy (1967) - tradução para português Revista Estrutura - ABECE, v. 9, p. 46-48, 2020. Disponível em: http://www.abece.com.br/pdf/1967_Blevot_e_Fremy.pdf.
- [5] Sistema de Informação do Desempenho Ambiental da Construção (SIDAC). Brasil, 2025. Disponível em: <https://sidac.org.br/>.