



CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENEU
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

FRANCISCO BRUNO ABREU SILVA
FRANCISCO MAILSON MARTINS DE OLIVEIRA
FRANCISCO WHEYQUE RODRIGUES
MARIA HERLANIA DE SOUZA
MICKAELY PACIFICA LIRA

**AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO AÇO CA-50 E CA-70 EM VIGAS DE
CONCRETO ARMADO**

Fortaleza
2023

SUBSTITUIR ESSA PÁGINA PELA FICHA CATALOGRÁFICA

AVALIAÇÃO DA UTILIZAÇÃO DO AÇO CA-50 E CA-70 EM VIGAS DE CONCRETO ARMADO

(EVALUATION OF THE USE OF CA-50 AND CA-70 STEEL IN REINFORCED CONCRETE BEAMS)

FRANCISCO BRUNO ABREU SILVA¹

FRANCISCO MAILSON MARTINS DE OLIVEIRA²

FRANCISCO WHEYQUE RODRIGUES³

MARIA HERLANIA DE SOUZA⁴

MICKAELY PACIFICA LIRA⁵

PROF.ME.FELIPE OSCAR PINTO BARROSO(Orientador)⁶

RESUMO

A utilização de vergalhões na construção civil é de suma importância tendo em vista que as mesmas, em colaboração com o concreto, fornecem a estruturação mecânica, formando elementos estruturais como lajes, fundações, pilares e vigas. Ressalta-se que a estrutura do concreto armado resulta do uso do concreto mais o uso de vergalhões, tendo em vista que precisa resistir aos valores solicitantes. Portanto no decorrer do artigo será possível observar através de planilha elaborada para melhor visualização o estudo técnico-comparativo entre o vergalhão CA-50 (atualmente mais utilizado na construção civil) e CA-70 (recentemente lançado) em estruturas de concreto armado. Ressalta-se que o estudo visa analisar se o novo lançamento trará menor utilização de vergalhão na obra, tendo em vista que o mesmo possui maior resistência. Além disso com os resultados obtidos pela comparação dos aços com o mesmo dimensionamento de vão e da carga distribuída sobre as vigas, comprovou-se a tese deste artigo sobre o uso/substituição do aço CA-50 nas obras de construção civil pelo CA-70, tendo em vista que se comprovou por meio de cálculos redução de 28,57% na quantidade de aço utilizado em vigas sob influência para cargas menores.

Palavras-chaves: concreto armado, comparativo-técnico, vergalhões, CA-70.

ABSTRACT

The use of rebar in civil construction is extremely important considering that, in collaboration with concrete, they provide mechanical structuring, forming structural elements such as slabs, foundations, pillars and beams. It should be noted that the reinforced concrete structure results from the use of concrete plus the use of rebar, considering that it needs to resist the requested

¹ Acadêmico do curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Ateneu. E-mail: abreubruno489@gmail.com

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: f.mailsonmartins@gmail.com

³ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: wheyque96@gmail.com

⁴ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: herlaniasouza2000@gmail.com

⁵ Acadêmico do curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Ateneu. E-mail: mickaelylira7@gmail.com

⁶ Mestre em XYZ. Docente do Curso de Engenharia de Produção do Centro Universitário Ateneu. E-mail: felipe.barroso@professor.uniateneu.edu.br

values. Therefore, throughout the article, it will be possible to observe, through a spreadsheet prepared for better visualization, the technical-comparative study between CA-50 rebar (currently most used in civil construction) and CA-70 (recently launched) in reinforced concrete structures. It should be noted that the study aims to analyze whether the new launch will result in less use of rebar in the work, considering that it has greater resistance. Furthermore, with the results obtained by comparing steels with the same span dimension and the load distributed over the beams, the thesis of this article on the use/replacement of CA-50 steel in civil construction works by CA-70 was proven, taking into account which was proven through calculations to reduce 28.57% in the amount of steel used in beams under influence for smaller loads.

Keywords: reinforced concrete, comparative-technical, rebar, CA-70.

1 INTRODUÇÃO

Os recentes avanços tecnológicos e os investimentos em pesquisas proporcionaram o surgimento de aços com maiores resistências para aplicação em armaduras de estruturas de concreto (CRSI, 2020). Com isso será realizado breve explanação sobre a importância e a história do concreto armado com foco na utilização do aço em suas estruturas, ressalta-se que no decorrer deste artigo também será apresentado o estudo técnico-comparativo realizado entre os vergalhões CA-50 e CA-70.

A utilização do aço no Brasil deu-se a partir da metade do século XIX, as transformações socioeconômicas e culturais sofridas pela sociedade brasileira ocasionaram um impulso grandioso no desenvolvimento na área da construção civil.

O sistema construtivo em aço apresenta vantagens significativas sobre o sistema construtivo convencional tal como: flexibilidade, compatibilidade com outros materiais, menor prazo de execução, reciclabilidade e preservação ambiental. (SOUSA, et al., 2021)

Os vergalhões na construção civil são de suma importância tendo em vista que as mesmas, em colaboração com o concreto, fornecem a estruturação mecânica, formando elementos estruturais como lajes, fundações, pilares e vigas. Ressalta-se que a estrutura do concreto armado resulta do uso do concreto mais o uso de vergalhões, tendo em vista que precisa resistir aos valores solicitantes. (CLÍMACO, 2008)

O funcionamento do mundo moderno tal qual conhecemos é extremamente dependente do aço. O aço está presente de diversas formas no nosso dia a dia: no setor automobilístico, na construção civil, em utensílios domésticos, entre outras. Cerca de 1.878 milhões de toneladas de aço foram produzidas no mundo em 2020 movimentando bilhões de dólares na economia. Nesse mesmo ano o Brasil responsável pela produção de 31,0 milhões de toneladas, sendo o 9º maior produtor. (ASSOCIATION, 2021).

O mercado de aço no Brasil é controlado por várias empresas, tais como: ArcelorMittal, Gerdau, Votorantim, Usiminas e CSN (Companhia Siderúrgica Nacional). Recentemente essas empresas estão em busca de novas estruturas capazes de fornecer à construção civil materiais mais resistentes e que possibilite um maior empenho nas obras, reduzindo o custo e aumentando a produtividade. (IABR, 2022)

A categoria de aços para armadura chamada “CA-70” chegou recentemente ao mercado brasileiro. Portanto é necessário identificar e analisar as implicações de seu eventual uso em projetos de engenharia.

A empresa ArcelorMittal (2022) produz barras com identificação CA-50 S/AR. Com essa nomenclatura, a produtora divulga que o material possui Alta Resistência “AR” e é Soldável “S”. Enquanto isso, a empresa Gerdau (2022), divulga o GG70.

Diante desse cenário de crescimento do país na área construtiva é importante o estudo sobre tecnologias e materiais que agreguem no desenvolvido da área, com isso o artigo tem como objetivo de fornecer um estudo técnico-comparativo a respeito da utilização do aço CA-50 e do aço CA-70 no dimensionamento das armaduras longitudinais de vigas de concreto armado.

Para isso será realizado o dimensionamento das armaduras longitudinais das vigas de concreto armado utilizando CA-50 e CA-70, comparando a área de aço necessária utilizando para as vigas com diferentes cargas e vãos, buscando avaliar o custo benefício da utilização do aço CA-50 e do aço CA-70.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Será feito uma breve exposição dos vergalhões mais utilizados na construção civil, com foco nos aços CA50 e CA70. Além disso, além de breve explanação sobre o regulamento estabelecido pela NBR 7480 (ABNT, 2022), NBR 6118 (ABNT, 2023), e revisão bibliográfica sobre o tema.

2.1 Concreto Armado

De acordo com a descrição de Mehta e Monteiro (2008) o concreto é um material cuja composição é constituída por cimento, água e aditivos, que unem suas partículas ou fragmentos agregados.

NBR 7480 (ABNT, 2022) estabelece que aços são ligas ferro-carbono com teor de carbono de até 2% em peso, suas barras e fios são cortadas, dobradas e amarradas para formar as armações de aço das peças estruturais.

O aço funciona como um esqueleto das peças de concreto, ele é amplamente utilizado em armações, sejam elas em fundações (sapata isolada, sapata corrida, e baldrame), concreto armado (colunas, vigas e lajes) ou em outras estruturas como: calçadas, contrapisos, vergas e contravergas das esquadrias e cintas de amarração da alvenaria.

A transferência de tensões entre o concreto e o aço ocorre devido a aderência entre os dois materiais, que possibilita que a resistência à tração possa ser transferida para as armaduras. Quando a solicitação a tração é baixa o concreto não apresenta fissuras, porém quando solicitado uma resistência maior do material o concreto começa a fissurar. Após a fissuração, as tensões de tração no concreto armado se anulam, havendo um acréscimo da tensão na armadura. (FUSCO, 1995).

O concreto apresenta alta resistência à compressão, o que o torna um excelente material a ser empregado em elementos estruturais primariamente submetidos à compressão, como os pilares. Já por outro lado, suas características de fragilidade e baixa resistência à tração limitam seu uso isolado em elementos submetidos totalmente ou parcialmente à flexão, como lajes e vigas.

Para contornar essas limitações, o aço é usado em conjunto com o concreto, e convenientemente posicionado na peça de modo a resistir às tensões de tração. O aço tende a trabalhar de forma satisfatória no que diz respeito às tensões de compressão, e nos pilares auxilia o concreto.

O concreto armado é formado por um conjunto de barras de aço, que forma a armadura envolvida pelo concreto um excelente material para ser empregado na estrutura de uma obra (BASTOS, 2019).

Freire (2001) ressalta que, do ponto de vista da execução, não são apenas a armação e o concreto que constitui o concreto armado, mas também as formas e os embutidos.

Na engenharia civil o aço pode ser empregado de duas formas diferentes, como o corpo estrutural de uma edificação (vigas, pilares, treliças etc.) ou como as armaduras que complementam o concreto armado, que auxiliam na resistência à tração da estrutura.

Ele é responsável por inúmeros avanços na construção civil, devido sua alta resistência à tração, ductilidade e flexibilidade, além disso ele tem interações que se casam muito bem com outros materiais, como o concreto. (GRUPOAÇOCEARENSE, 2018)

Segundo NBR 7480 (ABNT, 2022) as barras e fios de aço destinados à construção de armaduras para o concreto armado estão divididos em três grupos, o CA-25, CA-50 e o CA-60. Além disso, NBR 7480 (ABNT, 2022) também estabelece a classificação desse material de acordo com seu diâmetro, a forma utilizada para sua laminação, seja ela feita por ar quente ou frio, e sua face, que pode ser tanto nervurada como lisa.

2.2 Características dos aços para as armaduras de concreto armado

A NBR 7480 (ABNT, 2022) é a norma que estabelece os requisitos exigidos para a encomenda, fabricação e fornecimento de fios e barras de aço destinados à armadura de concreto armado.

A norma classifica como barras de aço produtos com diâmetro nominal de 6,3mm ou superior, obtidos exclusivamente por laminação a quente e que não tenha passado por deformação mecânica, já os fios classificar-se como produtos com diâmetro nominal de 10,0mm ou inferior, obtidos por fio-máquina por trefilação ou laminação a frio. A partir desse texto e de acordo com a resistência de escoamento, as barras de aço são classificadas na categoria CA-25 e CA-50, e os fios de aço são pertencentes à categoria do CA-60.

De acordo com esse regulamento fica estabelecido que as barras de aços CA-25 devem ser obrigatoriamente lisas, com coeficiente de conformação superficial com valor igual a 1 ($n=1$). O CA-50, tem as suas barras providas de nervura transversais oblíquas, o ângulo dos eixos dessas barras são entre 45° e 75° , sendo obrigatório o uso de pelo menos duas nervuras longitudinais, para evitar o giro da barra dentro do concreto, tendo seu coeficiente de conformação superficial estabelecido em ensaios laboratoriais e devem levar em consideração os parâmetros mínimos de aderência conforme a Tabela 1. (NBR 7480, 2022)

Para a falta dessas informações deve ser considerado o valor do coeficiente igual a 1, para diâmetro inferior a 10,0mm. Já o CA-60 pode ter fios lisos, entalhados ou nervurados, sendo obrigatório que os fios de 10,0mm sejam nervurados ou entalhados, e seu coeficiente de conformação superficial é estabelecido pelas mesmas regras do CA-50. (NBR 7480, 2022)

Os fios e barras de aço destinados a armaduras de concreto armado devem estar isentos de defeitos, com comprimentos de 12m, tendo tolerância de $\pm 1\%$, sua massa real deve ser igual a sua massa linear, tendo tolerância de acordo com a Tabela 2 e 3 e sua identificação deve ser de fácil acesso. (NBR 7480, 2022).

Tabela 1 – Propriedades mecânicas exigíveis de barras e fios de aço destinados a armadura de concreto armado

Valores mínimos de tração	Ensaio de dobramento a 180°		Aderência					
	Resistência característica de escoamento ^a	Limite de resistência ^b	Alongamento após ruptura em 10 Φ ^c	Alongamento total na força máxima ^d	Diâmetro do pino	Coefficiente de conformação superficial mínimo	de	
Categoria	F_{yk} MPa ^e	F_{st} MPa ^f	A %	A_{gt} %	mm	η		
					$\Phi < 20$	$\Phi \geq 20$	$\Phi > 10\text{mm}$	$\Phi \geq 10\text{mm}$
CA-25	250	1,20 f_y	18	-	2 Φ	4 Φ	1,0	1,5
CA-50	500	1,08 f_y	8	5	3 Φ	6 Φ	1,0	1,5
CA-60	600	1,05 f_y	5	-	5 Φ	-	1,0	1,5

^a Valor característico do limite de escoamento f_{yk} da ABNT NBR 6118 obtido a partir do LE ou δ_e da ABNT NBR ISO 6892.

^b O mesmo que resistência convencional à ruptura ou resistência convencional à tração (LR ou δ_t da ABNT NBR 6892)

^c Φ é o diâmetro nominal, conforme 3.4.

^d O alongamento deve ser atendido através do critério de alongamento após a ruptura (A) ou alongamento total na força máxima (A_{gt}).

^e Para efeitos práticos de aplicação desta Norma, pode-se admitir 1 MPa = 0,1kgf/mm².

^f f_{st} mínimo de 660 MPa.

Fonte: NBR 7480 (2022)

Tabela 2 – Características das barras

Diâmetro nominal ^a Mm	Massa de tolerância por unidade de comprimento		Valores nominais		
	Massa nominal ^b Kg /m	Máxima variação massa nominal	permitida para	Área de seção mm ²	Perímetro mm
Barras					
6,3	0,245	±7%		31,2	19,8
8,0	0,395	±7%		50,3	25,1
10,0	0,617	±6%		78,5	31,4
12,5	0,963	±6%		122,7	39,3
16,0	1,578	±5%		201,1	50,3
20,0	2,466	±5%		314,2	62,8
22,0	2,984	±4%		380,1	69,1
25,0	3,853	±4%		490,9	78,5
32,0	6,313	±4%		804,2	100,5
40,0	9,865	±4%		1256,6	125,7

*^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

*^b A densidade linear de massa (em quilograma por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metro quadrados por 7850 kg/m³.

Fonte: NBR 7480 (2022)

Tabela 3 – Características dos fios

Diâmetro nominal ^a Mm	Massa de tolerância por unidade de comprimento	Valores nominais		
Fios	Massa nominal ^b Kg/ m	Máxima variação permitida para massa nominal	Área de seção mm ²	Perímetro mm
2,4	0,036	±6%	4,5	7,5
3,4	0,071	±6%	9,1	10,7
3,8	0,089	±6%	11,3	11,9
4,2	0,109	±6%	13,9	13,2
4,6	0,130	±6%	16,6	14,5
5,0	0,154	±6%	19,6	15,7
5,5	0,187	±6%	23,8	17,3
6,0	0,222	±6%	28,3	18,8
6,4	0,253	±6%	32,2	20,1
7,0	0,302	±6%	38,5	22,0
8,0	0,395	±6%	50,3	25,1
9,5	0,558	±6%	70,9	29,8
10,0	0,617	±6%	78,5	31,4

*^a Outros diâmetros nominais podem ser fornecidos a pedido do comprador, mantendo-se as faixas de tolerância do diâmetro mais próximo.

*^b A densidade linear de massa (em quilograma por metro) é obtida pelo produto da área da seção nominal em metro quadrados por 7850 kg/m³.

Fonte: NBR 7480 (2022)

2.3 Vergalhão

O vergalhão é definido como uma barra ou um fio de aço que compõe a armadura, tornando-se um elemento indispensável para a construção civil, pois a grande maioria das obras civis empregam parcialmente ou totalmente em sua estrutura elementos de concreto armado, seja vigas, lajes e/ou pilares (FREIRE, 2001).

2.3.1 Vergalhão CA-25

Fornecido nas bitolas de 6,3 a 32 mm, corresponde aos vergalhões de superfície lisa em barras retas. É bastante utilizado em construções de pisos e pavimentos, como barras de transferência. A resistência mínima à deformação permanente do CA-25 é de 250 MPa (ou 25 kgf/mm²). (CARVALHO, FILHO, 2007).

2.3.2 Vergalhão CA-50

Produzido com características que superam as exigências das normas NBR 7480 (ABNT, 2022), possui superfície nervurada, garantindo alta aderência do aço ao concreto, soldável em todas as bitolas e apresentações. Por ser fabricado com aço estrutural de baixa liga

possui alta resistência mecânica e boa soldabilidade. Pode ser utilizado em estruturas de concreto armado de casas, edifícios, pontes, barragens. A barra suporta no mínimo 500 MPa de limite de escoamento (ou 50 kgf/mm²). (CARVALHO, FILHO, 2007).

O aço CA-50 possui processo de laminação a quente, possui grande aderência ao concreto, vergalhões que possuem entre 10 mm e 40 mm oferecendo vantagens extras, tais como a capacidade de solda a topo que comumente é perfeitamente utilizada em estruturas mais pesadas. (NBR 7480, 2022).

2.3.3 Vergalhão CA-60

Esse tipo de aço é conhecido por ser altamente resistente e oferecer uma excelente aderência, característica que previne a fissuração do concreto. Tal como o CA-50, apresenta alta soldabilidade. Essa classe de vergalhão é mais aplicada em estruturas pré-fabricadas, muitas vezes em conjunto ao CA-50. A superfície é nervurada também, e a sua resistência é de 600 MPa (ou 60 kgf/mm²). (NBR 7480, 2022)

O aço CA-60 é muito utilizado na produção das telas ou malhas soldadas, armaduras treliçadas ou treliças, espaçadores, estribos, entre outros produtos trefilados da linha de transformados da construção civil.

Além, dessas três categorias de aço para concreto armado, há também as barras roscadas laminadas a quente, que são aplicadas principalmente em contenções geotécnicas e mineração, as barras são utilizadas em sistemas de fixação, semelhante a um parafuso passante sem cabeça, o que possibilita a colocação de porcas por ambos os lados. (CARVALHO, FILHO, 2007).

2.3.4 Vergalhão CA-70

É estruturado e desenvolvido para diversos segmentos da Construção Civil, com destaque para o setor de infraestrutura, de construções industriais e comerciais. Vergalhão de alta resistência e que atende os mesmos requisitos normativos do CA-50, já disponível no mercado, com limite mínimo de escoamento de 700 MPa.

O Vergalhão GG 70 oferece um excelente custo-benefício pela sua ampla resistência, reduzindo a quantidade de barras necessárias e o impacto ambiental da obra. (GERDAU, 2022)

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho compreende no dimensionamento estrutural de 14 vigas bi apoiada para cada aço, sendo que são realizados com a seguinte distribuição, 14 vigas de CA-50 e 14 vigas de CA-70.

Será exercida influência de uma carga uniformemente distribuída “q”, que será estabelecida em um intervalo que fica entre 5 kN/m e 30kN/m, em um intervalo de 2,5 kN/m, distribuída uniformemente ao longo de todo seu comprimento, as vigas dos vão irão conter um intervalo de 0,5m uma para outra, contendo menor vão de 0,5m e o maior de 7m.

As vigas estarão localizadas em uma construção residencial de pequeno porte, para que possamos ter maior precisão no resultado da pesquisa, dessa forma calculamos a influência da armadura positiva na viga, obtendo a área de influência do aço. Identificando entre os vergalhões CA-50 e CA-70 qual sairá mais vantajoso para edificação.

Para que haja melhor precisão na explanação das vantagens e desvantagens dos aços supracitados foi anexado ao artigo as planilhas com cálculos dos vergalhões para análise.

A pesquisa foi realizada por meio de catálogos, livros, sites e artigos disponíveis no google acadêmico, scopus e scielo, onde a mesma busca comparar a viabilidade técnica das construções civis.

O estudo de viabilidade será feito por meio da substituição do CA-50 (aço mais utilizados em obras de pequeno e grande porte), pelo uso do CA-70, a comprovação dessa tese será realizada pelo método comparativo, que segundo Gil (2010), é uma investigação de indivíduos, classes, fenômenos ou fatos, com vistas a ressaltar as diferenças e similaridades entre ele.

Os resultados da pesquisa foram descritos em planilha de Excel, contendo os cálculos planilhados com as devidas comparações entre os aços CA-50 e CA-70.

3.1 Dimensionamento das armaduras

Segundo os autores Carvalho e Filho (2007) o cálculo da armadura necessária para resistir o momento fletor é um dos pontos mais importantes no detalhamento nas peças de concreto armado. Com isso o dimensionamento é feito no estado de limite último.

3.2 Cálculo da armadura

O cálculo da quantidade de armadura longitudinal, para as seções transversais retangulares, ocorre de forma simples, tendo o conhecimento posterior da resistência do concreto (f_{ck}), a largura da seção (b_w), a altura útil (d) e a tensão de escoamento da armadura (f_{yd} e E_{yd}), é feito a partir do equilíbrio das forças atuante na seção, (CARVALHO, FILHO, 2007).

Para determinar a área da armadura longitudinal necessário de aço (A_s) de uma viga são necessárias estabelecer o equilíbrio de forças atuantes normais à seção transversal e o equilíbrio nos momentos, a posição da neutra, o cálculo da área necessária de armadura e verificar o domínio em que a peça atingirá o estado de limite-último, dessa forma para obter a área de aço foi utilizado as formulas das equações 1 e 2, (CLIMACO, 2008).

$$X_{ln} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 2.A.C}}{2.A}$$

Equ. 1

$$A_s = \frac{M_{sd}}{(d - 0,40.X_{ln}).f_{yd}}$$

Equ. 2

$A = 0,272.b_w.f_{cd}$

$B = -0,68.d.b_w.f_{cd}$

$C = M_{sd}$

M_{sd} - Momento fletor solicitante de cálculo.

d - Altura Útil

X_{ln} - Posição da linha neutra

f_{yd} – Resistência característica de escoamento do aço

Fonte: (CLIMACO, 2008)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme descrito nas tabelas em anexo é possível identificar os resultados obtidos durante os comparativos de carga exercido sobre os intervalos.

Tabela 04: As, adot (área do aço adotada) – CA-50

		Vão (m)													
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Carga (kN/m)	5	0,11	0,23	0,34	0,45	0,56	0,68	0,79	0,90	1,01	1,13	1,24	1,35	1,46	1,58
	7,5	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76
	10	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,71	1,88	2,05	2,22	2,39
	12,5	0,22	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30	1,52	1,74	1,95	2,17	2,39	2,61	2,82	3,04
	15	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,13	2,39	2,66	2,92	3,19	3,46	3,72
	17,5	0,32	0,63	0,95	1,27	1,58	1,90	2,22	2,53	2,85	3,17	3,48	3,80	4,12	4,43
	20	0,37	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59	2,96	3,33	3,70	4,07	4,44	4,81	5,19
	22,5	0,43	0,85	1,28	1,71	2,14	2,56	2,99	3,42	3,84	4,27	4,70	5,13	5,55	5,98

Tabela 05: As, adot (área do aço adotada) – CA-70

		Vão (m)													
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Carga (kN/m)	5	0,11	0,23	0,34	0,45	0,56	0,68	0,79	0,90	1,01	1,13	1,24	1,35	1,46	1,58
	7,5	0,13	0,25	0,38	0,50	0,63	0,75	0,88	1,01	1,13	1,26	1,38	1,51	1,63	1,76
	10	0,17	0,34	0,51	0,68	0,85	1,02	1,19	1,36	1,53	1,71	1,88	2,05	2,22	2,39
	12,5	0,22	0,43	0,65	0,87	1,09	1,30	1,52	1,74	1,95	2,17	2,39	2,61	2,82	3,04
	15	0,27	0,53	0,80	1,06	1,33	1,59	1,86	2,13	2,39	2,66	2,92	3,19	3,46	3,72
	17,5	0,32	0,63	0,95	1,27	1,58	1,90	2,22	2,53	2,85	3,17	3,48	3,80	4,12	4,43
	20	0,37	0,74	1,11	1,48	1,85	2,22	2,59	2,96	3,33	3,70	4,07	4,44	4,81	5,19
	22,5	0,43	0,85	1,28	1,71	2,14	2,56	2,99	3,42	3,84	4,27	4,70	5,13	5,55	5,98

As tabelas 4 e 5 expressa os valores das áreas de aço (equação 2), necessárias para a execução da viga, levado em conta seu vão e a carga aplicada sobre a mesma. Para obter esses resultados determinamos que o F_{ck} (resistência característica do concreto a compressão) equivale a 20MPa, sendo posteriormente calculado o momento característico solicitado, os coeficientes A, B e C e o valor da linha neutra (equação 1), sendo a altura útil (d) de 15% do comprimento da viga e a largura da seção transversal (b_w) de 10% do comprimento do vão.

Vale ressaltar que foi levado em conta apenas as vigas com armadura simples, não determinado assim a área de aço das armaduras duplas. Também foi calculado a armadura mínima das estruturas, de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023).

Tabela 06: Red (Coeficiente de redução)

		Vão (m)													
		0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7
Carga (kN/m)	5	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46	2,46
	7,5	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	10	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	12,5	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	15	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	17,5	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	20	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57
	22,5	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57	28,57

Os resultados obtidos pela comparação do CA-50 e do CA-70, com o mesmo dimensionamento dos vão e da carga distribuída sobre as vigas, comprova a tese do artigo sobre o uso/substituição do aço CA-50 em obras da construção civil pela utilização do CA-70, visto que foi comprovado por meio de cálculos uma redução de 28,57% na quantidade de aço utilizado em vigas que estão sobre influência para cargas menores resultou em armadura mínima para o aço CA-70.

De acordo com os critérios de cálculo estabelecido no artigo, foi confirmado que as vigas com o comprimento de 0,64m ou inferiores a esse comprimento não estão de acordo com a NBR 6118 (ABNT, 2023), dessa forma deve ser utilizar a armadura mínima de tração (0,15%), conforme a rege a norma. No cálculo também foi observado que as vigas entre 0,5m e 7m sobre influência de uma carga igual ou superior a 25kN/m precisa do cálculo da armadura dupla, estabelecendo assim, a necessidade do dimensionamento da armadura dupla.

Diante desses resultados podemos estabelecer que o CA-70 tem uma grande potência para substituir o CA-50, pois ele possui características semelhante e melhores, com sua alta resistência ao escoamento, o que possibilitar a construção de edificações com maior grau de segurança e complexidade, visto que o mesmo por possuir a resistência de escoamento de 700MPa, ponto em que o aço se deforma e passa ao estado plástico, resultado deformações permanentes no material.

A armadura dupla não foi aprofundada no artigo, visto que a tese e o objetivo do mesmo foram obtidos conforme o planejado. Porém esse cálculo é deve ser realizado para estabelecer o custo real das obras com as armaduras de aço.

5. CONCLUSÃO

Conforme descrito na planilha os resultados obtidos para a área calculada do aço CA-50 e CA-70, conclui-se que apesar de conter o mesmo comprimento e carga distribuída na viga, houve redução de 28,57% da área calculada, conforme demonstrado, ou seja, será utilizado menos aço CA-70 para vencer o a tração da viga em comparação com o CA-50.

Com isso pode-se afirmar que a utilização do CA-70 na construção civil seja ela de pequeno, médio ou grande porte, trará redução significativa na quantidade de barras de aço utilizada, além de promover uma maior segurança na construção das estruturas, pelo sua alta resistência ao escoamento

É preciso esclarecer que o artigo não tem como finalidade a comparação dos aços com o estudo analítico e profundo sobre o custo final do produto na construção, visto que por se tratar de um material novo, que está em venda apenas na empresa Gerdau, sendo necessário um estudo futuro sobre o tema.

Ressaltamos ainda que todo o estudo realizado sobre o novo vergalhão CA-70 foi realizado com base em dados informados pela empresa supracitada, portanto futuramente é importante que haja novos estudos, com base em atualizações normativas, para que assim seja definido um estudo técnico-comparativo para que haja a constatação de custo benefício do novo vergalhão.

REFERÊNCIAS

- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. **NBR 6118:2023 Projeto de estrutura de concreto**. 2023.
- ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnica. **NBR 7480:2022 Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado** – Especificação. 2022
- ARCELORMITTAL. **Vergalhão: quais são os principais tipos e suas aplicações?**. 2022.
- ASSOCIATION, W. S. World Steel in Figures. Disponível em: <https://worldsteel.org/wp-content/uploads/2021-World-Steel-in-Figures.pdf>. Acesso 02/12/2023.
- BASTOS, P. S. S. **Fundamentos do concreto armado**. Bauru. Universidade Estadual de São Paulo, 2019. 89 p.
- CARVALHO, R. C.; FILHO, J. R. F. **Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado**. 3. ed. São Carlos, 2007. 368 p.
- CLÍMACO, J. C, T. S. **Estrutura de concreto armado: Fundamento de projeto, dimensionamento e verificação**. 2. ed. Brasília, 2008. 410 p.
- CRSI (Concrete Reinforcing Steel Institute). **Guide to the Use of Grade 100 Reinforcing Bars in ACI 318-19**. Nota Técnica ETN-D-6-20. 2020. 10p.
- FREIRE, T. M. **Produção de estruturas de concreto armado, moldadas in loco, para edificações: caracterização das principais tecnologias e formas de gestão adotadas em São Paulo**. TCC. São Paulo. Universidade de São Paulo, 2001.
- FUSCO, P. B. **Técnicas de armar as estruturas de concreto**. 1. ed. São Paulo, 1995.
- GERDAU. **Vergalhão Gerdau GG 70**. Catálogo, Fortaleza, 2022.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 176p.
- GRUPOAÇOCEARENSE. **Quais são as vantagens e aplicação do aço na construção civil?**, 2018. Disponível em: <https://www.grupoacocearense.com.br/blog/abrindo-o-negocio/quais-sao-as-vantagens-e-aplicacoes-do-aco-na-construcao-civil/aplicacoes-do-aco-na-construcao-civil/>. Acesso em: 10/05/2023.
- IABR – Instituto Aço Brasil. **Dados do setor do aço brasileiro**. 2022.
- MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto: Microestrutura, propriedades e Materiais**. São Paulo: Editora Ibracon, 2008. p. 12-14, 121, 122.
- SOUSA, B. M.; SILVA, M. A. M.; SOUSA, A. A. S. R.; SANTOS, P. R. A. R. **Análise das propriedades mecânicas do aço CA-50 em estado de corrosão**. 2021. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC.