



ANÁLISE DA CAPACIDADE DE CARGA RESISTENTE DO AÇO ASTM A36 E DAS CORDOALHAS CP 190 EM IÇAMENTO DE PAREDES DE CONCRETO PRÉ-FABRICADAS

MATOS, Igor de¹
PERES, Maria Vânia Nogueira do Nascimento²
NONES, Breno Guilherme³

RESUMO: Este trabalho analisa a capacidade de carga resistente de barras de aço ASTM A36 e de cordoalhas CP 190 utilizadas como alças de içamento em paredes duplas de concreto pré-fabricadas. O estudo busca avaliar o comportamento mecânico desses materiais e verificar sua eficiência e segurança no içamento de elementos estruturais. A metodologia adotada caracteriza-se como pesquisa experimental, de abordagem quantitativa, baseada em ensaios de tração, comparando os resultados obtidos nos ensaios com os valores teóricos calculados segundo as normas NBR 6118 (2023) e NBR 9062 (2017). Foram avaliadas diferentes geometrias de alças, variando o tipo de aço, o seu formato e a espessura de concreto das faces das paredes. Os resultados demonstraram coerência entre os valores experimentais e teóricos, evidenciando que a espessura do concreto influencia diretamente a capacidade de carga resistente. As alças confeccionadas em barra de aço ASTM A36 com barras transversais soldadas apresentaram o melhor desempenho em relação a capacidade de carga. O estudo contribuiu para o aprimoramento do dimensionamento de dispositivos de içamento em estruturas pré-fabricadas, ampliando a segurança e a confiabilidade no transporte e montagem desses elementos.

Palavras-chave: Alças de içamento, ensaio de tração, estruturas pré-fabricadas, desempenho.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o sistema construtivo pré-fabricado tem ganhado destaque no meio da indústria da construção civil brasileira. Apesar de não ser um sistema novo, sua adoção no Brasil tem se intensificado recentemente. Em países mais desenvolvidos, principalmente nos países europeus, esse sistema construtivo já é amplamente disseminado, sendo o meio com que a Alemanha e a França se reconstruíram no período pós segunda guerra mundial (SERRO AZUL, PISANI, 2018). Romão Filho (2016) mostra como as paredes pré-fabricadas, por serem processos mais racionalizados e industrializados, são opções para resolver o problema

¹Discente, Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel - PR. E-mail: igordematos23@hotmail.com.

² Docente, Mestre, Engenheira Civil, Centro Universitário Assis Gurgacz, Cascavel – PR.

³ Especialista, Engenheiro Civil, Empresa Ecoparque, Cascavel – PR.



da falta de mão de obra que o Brasil começa a enfrentar, além de otimizar o tempo e as etapas de construção.

De acordo com o Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE, 2023), a utilização de estruturas pré-moldadas em concreto têm crescido nos últimos tempos devido às vantagens que esse sistema construtivo possui. Dentre elas, é possível citar um sistema mais limpo, gerando menos resíduos, otimização do tempo de execução, maior sustentabilidade e possibilidade de reaproveitamento de peças.

Pensando nesse crescimento e popularização dessas estruturas pré-fabricadas, faz-se necessário garantir a segurança no processo de manuseio desses elementos. Como esses elementos não são produzidos no próprio local onde serão utilizados, formas comuns de transporte se dão por meio de pontes rolantes, guindastes e gruas, que erguem as peças pelas alças de içamento. Para que essas estruturas de levantamento sejam dimensionadas corretamente, é preciso seguir as diretrizes da norma NBR 9062 (ABNT, 2017).

Com base nessas informações, a justificativa para a realização dessa pesquisa é garantir a segurança e a eficácia nos processos de içamento de paredes de concreto pré-fabricadas. O mau uso e dimensionamento incorreto desses elementos em peças pré-fabricadas pode causar graves acidentes e riscos à vida humana, podendo levar até a morte, danificar as próprias peças içadas e de estruturas já existentes, refletindo em danos e prejuízos materiais.

Tendo isso em vista, testes em dispositivos de içamento são importantes para comprovar a capacidade teórica de carga que as alças podem suportar, especialmente em elementos especiais, como as paredes duplas. Em relação a esse tema, na bibliografia atual, ainda há uma carência de especificações e diretrizes de como esses testes devem ser realizados. Pensando nisso, este estudo testou um procedimento de verificação da capacidade resistente das alças de içamento em cordoalhas CP 190 e em aço ASTM A36, e servirá como modelo para aprimoramento de estudos posteriores.

Para tanto, a pergunta a ser respondida no presente trabalho é: Qual é a capacidade de carga resistente de barras de aço ASTM A36 e de cordoalhas CP 190 como dispositivo de içamento em paredes duplas de concreto pré-fabricadas?

Este estudo foi limitado à análise da capacidade de carga resistente de barras lisas em aço ASTM A36 e cordoalhas CP 190 no içamento de paredes duplas pré-fabricadas. A



produção das amostras foi realizada na fábrica ECOPARQUE, localizada na BR 277, Estrada Fazenda Andrada, Km 600, LT Rural 155 - Santos Dumont, em Cascavel, Paraná. A pesquisa se restringe em identificar a ruptura do concreto ou escoamento do aço por meio de ensaios de tração e comparar com os resultados obtidos nos cálculos teóricos.

De acordo com o conteúdo exposto, o objetivo geral deste trabalho é analisar o comportamento mecânico de alças de içamento em paredes duplas pré-fabricadas.

Ainda, para que este estudo seja bem-sucedido, propõe-se os objetivos específicos:

- a) Determinar a capacidade de carga máxima que o conjunto aço-concreto pode suportar ao ser submetido à tração nas alças de içamento antes da falha;
- b) Identificar os diferentes tipos de falha que ocorrem nos ensaios de tração;
- c) Verificar a influência de diferentes configurações de *design* de alças em relação à resistência e durabilidade.
- d) Comparar os resultados da capacidade de carga resistente entre os dois materiais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Paredes Duplas de Concreto Pré-Fabricadas

Segundo Reis (2019), a definição de paredes duplas de concreto pré-fabricadas é um sistema de construção a seco composto por duas placas de concreto moldadas industrialmente e conectadas por treliças metálicas. O conjunto pode exercer função estrutural quando recebe preenchimento de concreto no canteiro, ou atuar apenas como elemento de vedação quando não é completado com esse enchimento. A produção em fábrica, normalmente em fôrmas metálicas, garante um acabamento superficial superior ao das paredes moldadas no local, permitindo aplicação direta de revestimentos como gesso, pintura ou papel de parede.

A fabricação dessas paredes ocorre essencialmente em duas etapas. Na primeira, produz-se a primeira face do painel, que recebe as treliças, bem como as armaduras longitudinais e transversais com o cobrimento adequado, além de encaixes para portas, janelas, caixas elétricas e dispositivos de içamento. Essa etapa envolve a preparação da pista de concretagem, aplicação uniforme de desmoldante e montagem das fôrmas que definirão as dimensões da peça (REIS, 2019).

Na segunda etapa, executa-se a segunda face do painel, seguindo procedimento semelhante, porém sem as treliças. Após a cura inicial, a primeira placa é posicionada sobre o concreto ainda fresco da segunda, vibrada conjuntamente e novamente encaminhada à cura. Concluída essa fase, os painéis são desmoldados, içados e levados ao estoque para eventuais reparos e para organização conforme a sequência de montagem (REIS, 2019).

De acordo com Ebawe (2018), por serem pré-fabricadas e unidas por concretagem complementar no canteiro, essas paredes formam uma seção monolítica rígida capaz de substituir pilares e vigas, além de dispensar recortes para embutir instalações. Isso resulta em maior rapidez, racionalização e economia na execução da obra. A Figura 1 apresenta um exemplo de parede dupla de concreto pré-fabricada.

Figura 1 - Exemplo de parede dupla.



Fonte: Autor (2025).

2.2 Aderência Aço-Concreto

O dimensionamento de alças de içamento requer conhecimento aprofundado sobre a aderência entre o aço e o concreto, visto que isso é responsável pela transferência de esforços. Três mecanismos principais atuam na aderência: adesão físico-química, atrito superficial e engrenamento mecânico. Desses, o atrito e o engrenamento são mais relevantes para a resistência global, especialmente em cordoalhas (FUSCO, 1995; ALMEIDA FILHO, 2006 *apud* SARTORTI; PINHEIRO, 2012).

Ao analisarem a NBR 6118 (ABNT, 2007), o Eurocode 2 (2002) e o FIB Model Code (2010), Sartorti e Pinheiro (2012), observaram que havia o mesmo entendimento da aderência como uma tensão tangencial que é distribuída ao longo da interface aço-concreto. Essa tensão



varia conforme o diâmetro da barra, a resistência do concreto e a localização da barra na peça. O estudo também mostrou que a resistência das alças é sensível ao ângulo de inclinação: considerando ângulos maiores ou iguais a 45 graus e, quanto mais próximo de 90 graus, maior a distribuição uniforme dos esforços.

Rosales *et al.* (2016), realizaram um estudo experimental e numérico sobre a aderência entre o aço e o concreto por meio de ensaios de arrancamento direto, utilizando diferentes diâmetros de barras de aço e de cobrimentos de concreto. A pesquisa confirmou que o deslizamento entre barra e concreto está diretamente relacionado à tensão de aderência, representada por curvas típicas de tensão *versus* deslocamento. Os pesquisadores levantaram a hipótese de que, quanto maior o diâmetro da barra, maior é a tensão de aderência, em razão da maior superfície de contato entre o aço e o concreto. Os resultados dos ensaios foram posteriormente validados por modelos numéricos com método dos elementos finitos, os quais se mostraram eficazes em prever o comportamento da interface até a ruptura.

2.3 Normas Técnicas Aplicáveis

A NBR 6118 (ABNT, 2023), que trata do projeto de estruturas de concreto, estabelece critérios para o dimensionamento da ancoragem e da aderência entre aço e concreto. A norma define comprimentos mínimos de ancoragem para barras retas e dobradas, em função da resistência do concreto e das características do aço e estabelece que a transferência de esforços entre aço e concreto deve ocorrer de forma segura e gradual. Além disso, a norma apresenta os fatores de correção para o comprimento de ancoragem em situações específicas, como presença de gancho ou confinamento lateral, assegurando a eficiência da ligação e a integridade estrutural.

A NBR 9062 (ABNT, 2017), trata das condições necessárias para o projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado, incluindo os dispositivos de içamento. Conforme disposto na seção 5.3.3 da norma, as alças ou dispositivos de içamento devem ser projetados para suportar com segurança os esforços atuantes durante o manuseio, transporte e montagem dos elementos estruturais, sendo obrigatória a consideração de todas as ações envolvidas, inclusive impactos, acelerações, choques, inclinações e cargas dinâmicas.

Além disso, a norma restringe os tipos de aço que podem ser usados para confeccionar as alças de içamento, sendo eles: aço ASTM A36, cordoalhas e cabos de aço. Na utilização de



aço ASTM A36, apenas são permitidas as bitolas de 10 milímetros a 25 milímetros de diâmetro. Cordoalhas devem atender às especificações da norma NBR 7483 (ABNT, 2021), e cabos de aço a norma NBR ISO 2408 (ABNT, 2008).

A norma recomenda que, no cálculo da carga de içamento, sejam aplicados coeficientes de aumento, conforme estabelecido em 5.3.2 da NBR 9062 (ABNT, 2017). Este fator visa contemplar variações imprevisíveis nos esforços de içamento, como desequilíbrios na distribuição de carga e vibrações dos equipamentos de movimentação (ABNT, 2017).

2.4 Estabilidade no Içamento e Influência do Posicionamento

No que diz respeito à estabilidade durante o içamento, Lima (2018) destaca a importância do correto posicionamento de alças de içamento. Pequenas variações na sua localização podem afetar significativamente os momentos fletores e a estabilidade da peça suspensa. O estudo mostrou que desvios dentro dos limites aceitáveis podem alterar em até 30% a tensão de tração e em 62% a rotação necessária para equilíbrio estático. Por conta disso, é fundamental que os dispositivos sejam dimensionados levando em consideração os coeficientes de segurança e tolerâncias de execução especificados nas normas.

2.4 Avaliação Experimental de Alças de Içamento

Segundo Diogenes (2013), a conexão entre o aço e o concreto acontece principalmente por meio da adesão entre os materiais, do atrito na superfície de contato e do encaixe mecânico gerado pelas irregularidades. Seus estudos mostram que a qualidade da superfície de contato, especialmente a presença de rugosidades no aço, pode aumentar consideravelmente a resistência da ligação. Nos ensaios experimentais realizados, observou-se que, inicialmente, a ligação se comporta de forma quase linear, resistindo bem aos esforços, até o momento em que ocorre o escorregamento entre a barra de aço e o concreto. Além disso, foi verificado que fatores como a espessura da laje e a resistência do concreto têm influência direta na capacidade de carga da ligação. Esses resultados reforçam a importância de se considerar não apenas a resistência do material da alça de içamento, mas também a qualidade da interface com o concreto, garantindo maior segurança durante o transporte e a montagem de paredes pré-fabricadas.



Ao analisar alças de içamento do tipo chapéu, submetidas a ensaios de arrancamento, em lajes pré-moldadas, Penachio Júnior (2019) observou três fases principais no comportamento das alças: surgimento de fissuras longitudinais, desplacamento do concreto (ruptura por punção) e deformação excessiva. As alças foram inseridas em diferentes posições em relação à armadura e submetidas a cargas controladas por um sistema de macaco hidráulico, a fim de avaliar o comportamento até a ruptura ou o limite da deformação. Além disso, demonstrou que o modo de ruptura pode variar conforme o comprimento de embutimento. Quando este é suficiente, a falha tende a ocorrer por escoamento do aço – considerada uma falha dúctil e desejável.

3. METODOLOGIA

3.1 Tipo de pesquisa

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa experimental, com abordagem quantitativa, desenvolvida a partir de ensaios de tração. O foco está na análise da capacidade de carga resistente de alças de içamento utilizadas em paredes duplas de concreto pré-fabricadas, sendo elas: barras lisas de aço ASTM A36 e cordoalhas CP 190.

3.2 Local da pesquisa

A confecção das amostras foi realizada nas instalações da empresa ECOPARQUE, situada na BR 277, Estrada Fazenda Andrada, Km 600 – zona rural do bairro Santos Dumont, no município de Cascavel, Paraná.

3.3 Materiais e amostras

Foram realizados dois ensaios com amostras compostas por paredes duplas de concreto pré-fabricado. As amostras foram fabricadas com um metro de altura, por 1,50 metros de comprimento. No primeiro ensaio, a espessura idealizada de cada uma das faces foi de 4,5 cm, enquanto no segundo ensaio foi de 5 cm. As faces foram separadas por um espaço



interno estimado de 6,2 cm no primeiro ensaio e 5,2 cm no segundo, totalizando uma largura de 15,2 cm em ambos os casos.

Foram utilizados dois tipos de materiais metálicos na confecção das alças de içamento: barra lisa de Aço ASTM A36 e Cordoalha CP 190. As amostras foram produzidas conforme as especificações descritas a seguir:

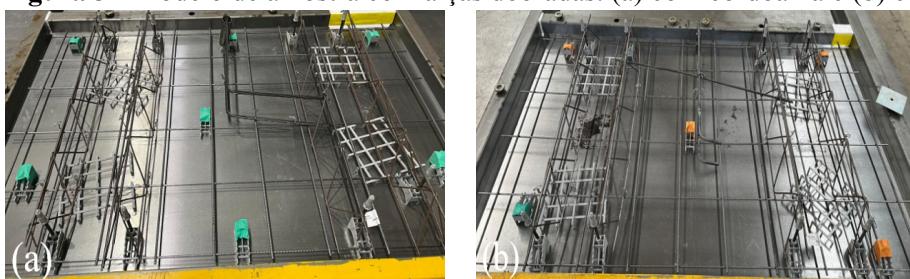
- Alça reta, cordoalha CP-190, diâmetro de 9,5 mm - 2 amostras com espessura de 4,5 cm e 2 amostras com espessura de 5 cm (Figura 2 (a));
- Alça reta, barra lisa ASTM A36, diâmetro de 12,5 mm - 2 amostras com espessura de 4,5 cm (Figura 2 (b));
- Alça reta com barras transversais soldadas, barra lisa ASTM A36, diâmetro de 12,5 mm - 2 amostras com espessura de 4,5 cm e 2 amostras com espessura de 5 cm (Figura 2 (c)). Para o segundo ensaio, foram fabricadas amostras com duas espessuras de faces. As barras transversais soldadas possuem diâmetro de 8 mm.
- Alça dobrada, cordoalha CP-190, diâmetro de 9,5 mm - 2 amostras com espessura de 4,5 cm e 2 amostras com espessura de 5 cm (Figura 3 (a));
- Alça dobrada, barra lisa ASTM A36, diâmetro de 12,5 mm - 2 amostras com espessura de 4,5 cm (Figura 3 (b)).

Figura 2 - Modelos de amostras com alças retas. (a) com cordoalha, (b) com barra lisa e (c) barra lisa com barras transversais soldadas.



Fonte: Autor (2025).

Figura 3 - Modelo de amostra com alças dobradas. (a) com cordoalha e (b) com barra lisa.

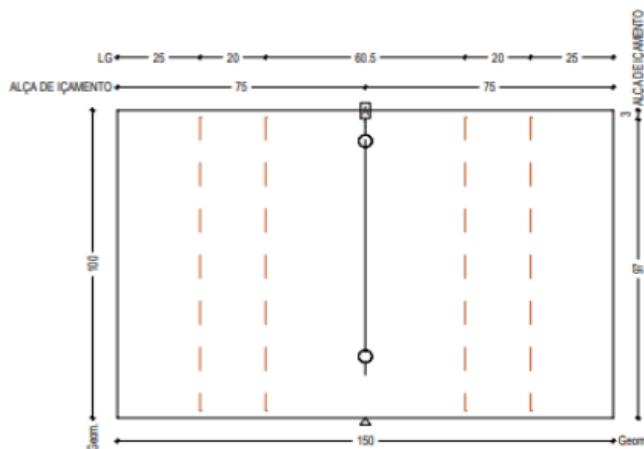


Fonte: Autor (2025).



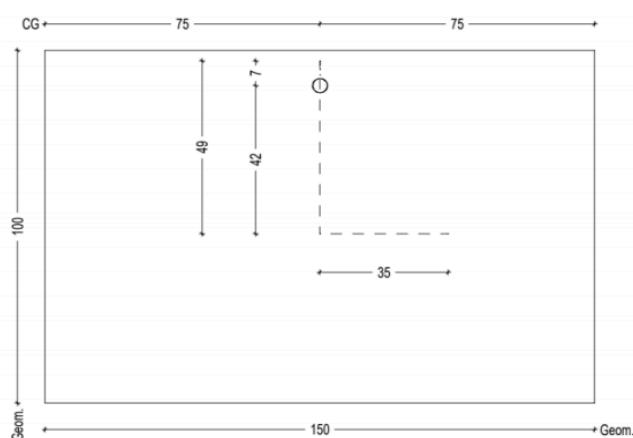
As figuras abaixo indicam as configurações de cada modelo de alça: A Figura 4 representa as dimensões das amostras e a configuração de alça com cordoalhas retas; A Figura 5 também representa as dimensões das amostras, porém com a configuração de alça com cordoalhas dobradas; A Figura 6 representa as configurações de alças de aço ASTM A36 retas e dobradas; E a Figura 7 representa a configuração da alça de aço ASTM A36 com barras transversais soldadas.

Figura 4 - Dimensões da amostra e configuração da alça com cordoalhas retas.



Fonte: Autor (2025).

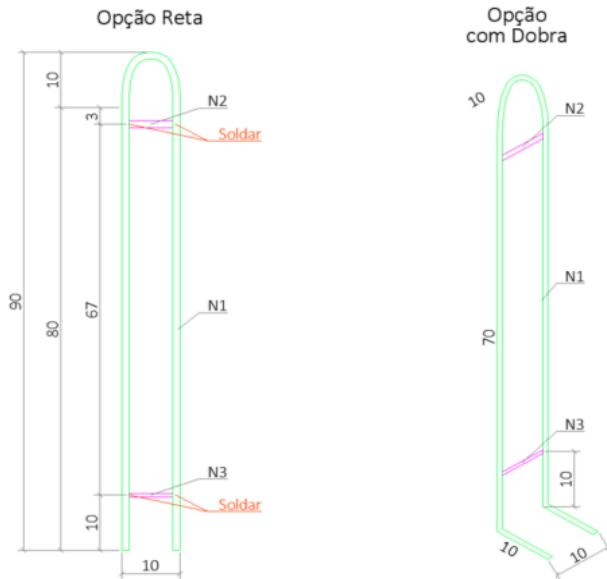
Figura 5 - Dimensões da amostra e configuração da alça com cordoalhas dobradas.



Fonte: Autor (2025).

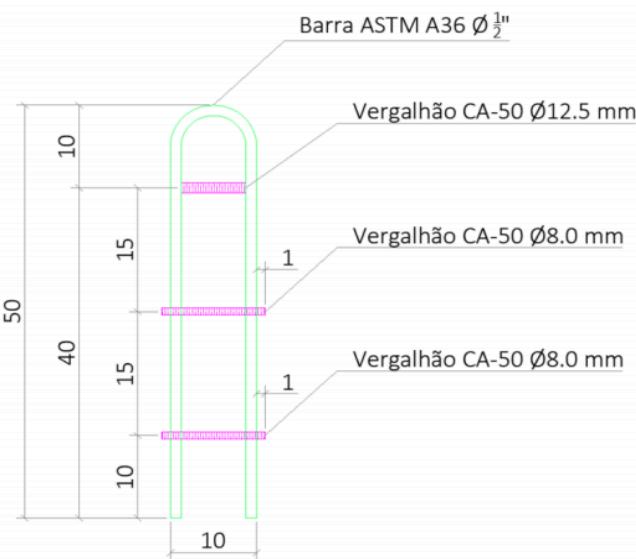


Figura 6 - Configurações de alças de aço ASTM A36 com opção reta e dobrada.



Fonte: Autor (2025).

Figura 7 - Configuração da alça de aço ASTM A36 com barras transversais soldadas.



Fonte: Autor (2025).

3.4 Instrumento e procedimento de coleta de dados

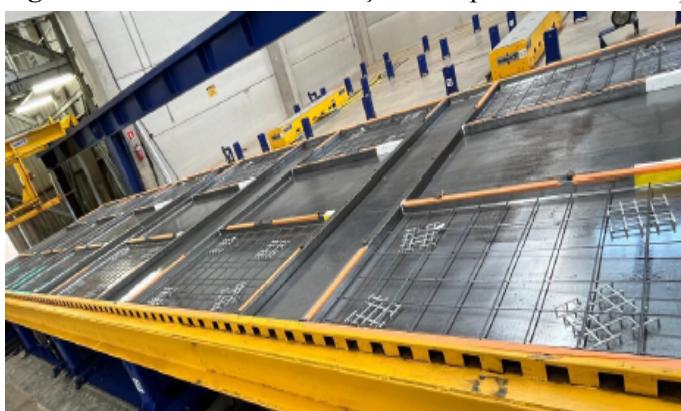
As alças de içamento foram posicionadas nas amostras ainda em fase de moldagem. Nessa fase, as amostras tiveram sua geometria moldada por perfis metálicos, posicionados



horizontalmente na mesa de fabricação das peças pré-fabricadas da fábrica Ecoparque. Foi posicionada uma armadura de tela em cada face das amostras, conforme estabelecido em projeto para painéis pré-fabricados: barras com diâmetro 5 milímetros na horizontal, com espaçamento de 20 cm, e barras com diâmetro de 6,3 milímetros na vertical, com espaçamento de 15 cm. Além disso, também foram utilizadas treliças metálicas para garantir o vão interno entre as duas faces, assim como as alças de içamento em uma das faces. As armaduras da parede não possuem ligação com a alça de içamento, logo não foram levadas em consideração na análise de resultados.

Após o posicionamento da tela, das treliças e das alças de içamento na primeira face, esta foi concretada com a espessura de 4,5 centímetros para o primeiro ensaio e 5 centímetros para o segundo ensaio. Depois que a primeira face foi concretada, ela passou pelo processo de cura. O valor esperado da resistência do concreto de ambas as faces para o ensaio de tração é um f_{cj} de 15 MPa. Dando sequência na fabricação, concretou-se a segunda face, que possuía apenas a armadura de tela. A Figura 8 mostra o método de verificação da espessura das faces durante a concretagem, com a utilização de fita colorida ao longo dos perfis metálicos, delimitando as espessuras de 4,5 cm e 5 cm. Após a concretagem da segunda face, a primeira face foi posicionada junto à segunda por meio do equipamento virador, como apresentado na Figura 9.

Figura 8 - Método de delimitação da espessura das faces para concretagem utilizando fita colorida.



Fonte: Autor (2025).

Figura 9 - Processo de acoplamento das faces das paredes com equipamento virador.



Fonte: Autor (2025).

Assim que as duas faces foram posicionadas, houve uma conferência inicial para ajustar o espaçamento entre as faces, para garantir a medida de 6,2 centímetros entre elas para o primeiro ensaio e 5,2 centímetros para o segundo, como é possível observar na Figura 10. Então, as amostras passaram pelo processo de cura até que atingissem a resistência adequada para o ensaio (15 MPa).

Figura 10 - Conferência da altura das paredes.



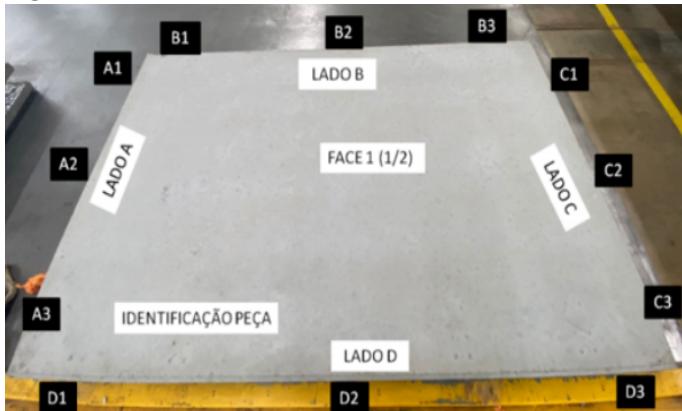
Fonte: Autor (2025).

A coleta dos dados ocorreu antes e durante os ensaios. As amostras passaram por um processo de conferência das espessuras de cada face e da espessura total. Cada amostra foi nomeada para ser identificada separadamente (Figura 11). Cada lado das faces foi identificado com letras A, B, C e D, e cada lado foi medido em três pontos, dois na extremidade e um no meio. Essas medidas foram registradas em planilhas do Excel, conforme mostra a Figura 12.



Essas informações são relevantes para identificar a influência do cobrimento de concreto na resistência das alças.

Figura 11 - Identificação das amostras.



Fonte: Autor (2025).

Figura 12 - Quadro para conferência das amostras.

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO												
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)					
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	
1	A	A					A					
		B										
		C										
		D										
	B	A					C					
		B										
		C										
		D										

Fonte: Autor (2025).

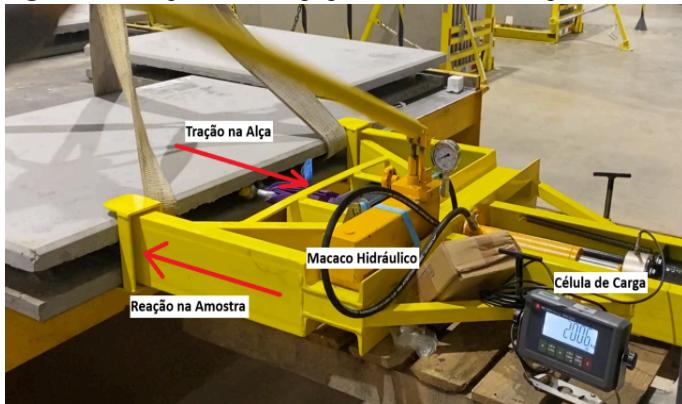
Foram moldados três corpos de prova de concreto de ambas as faces para observar a resistência para saque. Assim que o concreto da segunda face obteve a resistência mínima para saque (f_{cj} 15MPa), as peças foram submetidas a ensaios de tração, que consistem na aplicação de carga crescente até o ponto de ruptura do conjunto.

Para a realização dos ensaios foi desenvolvido um dispositivo específico, esquematizado na Figura 13, composto por:

- Macaco hidráulico, responsável pela aplicação da força;
- Fita de tração, que faz o engate na alça de içamento;
- Célula de carga, que mede a força aplicada em tempo real até a falha.



Figura 13 - Esquema dos equipamentos utilizados para o ensaio de tração.



Fonte: Autor (2025).

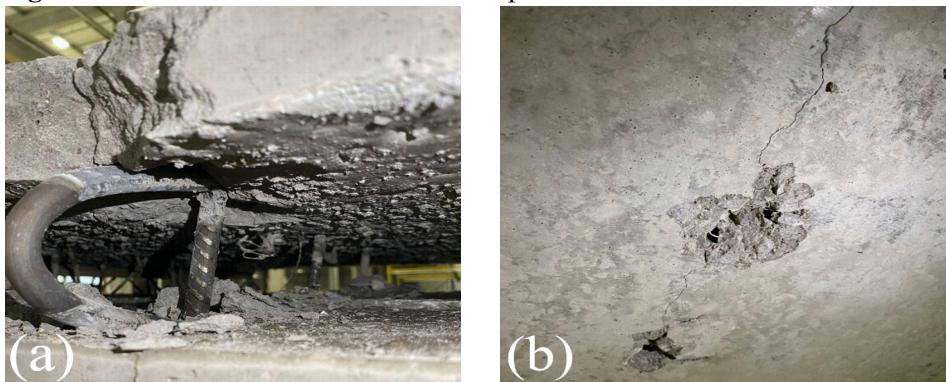
O ensaio possibilitou identificar a carga máxima suportada por cada amostra, além de registrar o modo de ruptura: se ocorreria na barra de aço, na cordoalha, ou no concreto.

O teste aconteceu com as amostras posicionadas horizontalmente na mesa de fabricação. O equipamento de aplicação da força foi posicionado próximo à mesa, a uma distância que permitisse o engate da fita nas alças de içamento. Então, a força foi aplicada manualmente com o macaco hidráulico e a célula de carga registrou em tempo real o valor da força. A aplicação da força foi de maneira contínua até que houvesse rompimento em um dos elementos: aço ou concreto. Em todos os casos, a ruptura das amostras se deu no concreto, por aderência. Esse fato foi possível identificar no momento em que a carga registrada na célula de carga foi reduzida consideravelmente.

Mecanismos secundários da falha das amostras foram observados conforme a Figura 14: rompimento do concreto no topo da amostra e escoamento do aço na alça de içamento (Figura 14 (a)); Desplacamento do concreto na região das barras transversais soldadas (Figura 14 (b)).



Figura 14 - Mecanismos secundários da ruptura do concreto durante o ensaio de tração.



Fonte: Autor (2025).

A carga de ruptura foi coletada por meio da leitura dos valores apresentados pela célula de carga. Houve um registro fotográfico das amostras e gravações em vídeo durante os ensaios de tração para identificar o momento de ruptura do aço ou do concreto, observando o valor mostrado na célula de carga. Esses dados foram organizados em tabelas no Microsoft Excel, conforme mostra a Figura 15, possibilitando:

- Registro da carga máxima suportada por cada amostra;
- Comparação entre os diferentes modelos de alças e materiais utilizados;
- Verificar se a espessura e o embutimento do concreto influenciam na resistência da alça.

Figura 15 - Quadro para anotação dos resultados.

Identificação Peça	Alça de içamento	Espessura Face 01 (cm)	Espessura Face 02 (cm)	Espessura Vazio (cm)	Espessura Total (cm)	Carga de ruptura (tf)

Fonte: Autor (2025).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Assim que os corpos de prova das amostras obtiveram a resistência mínima de 15 MPa e foram realizadas as medições de conferência, disponíveis no Apêndice A, as peças foram liberadas para o primeiro ensaio de tração nas alças de içamento.

A Figura 16 abaixo mostra o valor da resistência do concreto medido nas amostras de ambas as faces no dia do primeiro ensaio de tração e a Figura 17 apresenta a média dos



valores encontrados na conferência para o primeiro ensaio e a carga máxima registrada antes da ruptura das amostras.

Figura 16 - Valores da resistência do concreto utilizado nas amostras no dia do primeiro ensaio.

Idade de Concreto	2 dias	1 dia
Corpo de Prova	Fcj Face 01 (Mpa)	Fcj Face 02 (Mpa)
CP1	23,520	16,240
CP2	28,730	16,600
CP3	27,300	17,700
Média (Mpa)	26,517	16,847

Fonte: Autor (2025).

Figura 17 - Quadro com a média das espessuras das paredes, juntamente com a carga de ruptura encontrada no primeiro ensaio.

Identificação Peça	Alça de içamento	Espessura Face 01 (cm)	Espessura Face 02 (cm)	Espessura Vazio (cm)	Espessura Total (cm)	Carga de ruptura (tf)
CR-1 e=4,5 cm	Ø 9.5 mm CP190 RB - Reta	4,5	4,5	6,1	15,1	8,0
CR-2 e=4,5 cm	Ø 9.5 mm CP190 RB - Reta	4,5	4,5	6,2	15,2	8,6
BR-1 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Reta	4,4	4,6	6,1	15,1	7,0
BR-2 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Reta	4,5	4,6	6,1	15,2	7,1
CD-1 e=4,5 cm	Ø 9.5 mm CP190 RB - Dobrada	4,4	4,7	6	15,1	6,5
CD-2 e=4,5 cm	Ø 9.5 mm CP190 RB - Dobrada	4,5	4,5	6,2	15,2	6,4
BD-1 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Alça Dobrada	4,4	4,3	6,5	15,2	6,4
BD-2 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Alça Dobrada	4,5	4,4	6,3	15,2	6,0

Fonte: Autor (2025).

Após o primeiro ensaio, foram realizados cálculos teóricos de resistência à tração com base nas normas NBR 9062 (ABNT, 2017), que trata do dimensionamento de estruturas pré-moldadas e das alças de içamento, e NBR 6118 (ABNT, 2023), que trata do dimensionamento de elementos de concreto armado em geral.

Para o cálculo dos valores teóricos, foram desconsiderados os coeficientes de segurança γ_f (maioração de esforços), β (amplificação dinâmica), γ_c (minoração da resistência do concreto) e γ_s (minoração da resistência do aço). Isso porque o ensaio possibilitou identificar a carga máxima real que as alças podiam suportar e os coeficientes de segurança são utilizados em situações de uso para que esses elementos não sejam exigidos até o seu limite.

No Apêndice B encontra-se as tabelas que foram utilizadas para obter o resultado da capacidade teórica de cada uma das alças de içamento para o primeiro ensaio. A capacidade de cada perna foi determinada a partir dos valores de f_{cj} obtidos em cada um dos ensaios.

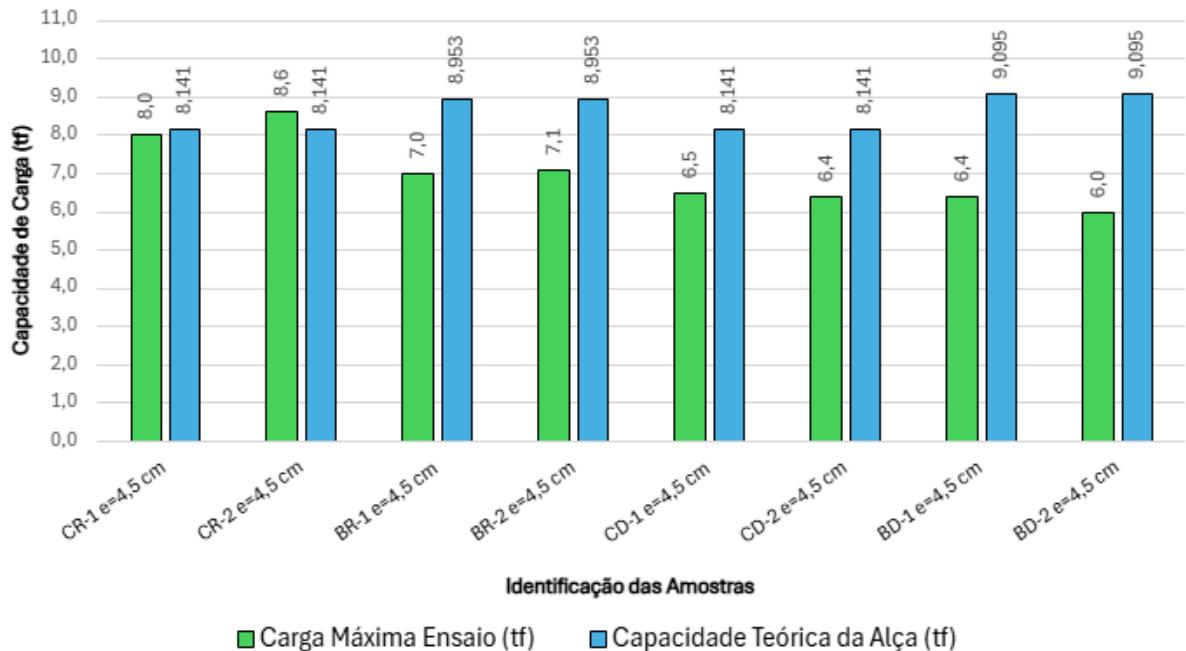
Os resultados teóricos foram comparados aos valores experimentais para verificar se os sistemas de içamento utilizados são eficazes e seguros. A análise comparativa permite



avaliar qual tipo de alça e material apresentou o melhor desempenho em termos de resistência e confiabilidade.

A Figura 18 apresenta os valores das cargas máximas registradas no primeiro ensaio em comparação com a capacidade resistente teórica das alças de içamento.

Figura 18 - Capacidade de carga no primeiro ensaio em comparação com o resultado teórico.



Fonte: Autor (2025).

É possível observar que as capacidades de carga de ensaio e valores teóricos foram bastante similares nas amostras com as alças com cordoalhas retas (CR-1 e=4,5 cm e CR-2 e=4,5 cm), mas os valores de resistência encontrados no ensaio para as demais configurações de alças foram menores e insuficientes comparados aos valores teóricos calculados.

Foram identificados problemas de ancoragem do trecho dobrado da alça nas amostras com cordoalhas dobradas CD-1 e=4,5 cm e CD-2 e=4,5: as cordoalhas ficaram aparentes, conforme observado na Figura 19, o que resultou em valores menores de capacidade de carga por conta da falta de embutimento no concreto.

Figura 19 - Falha na ancoragem e embutimento de concreto na alça de içamento - cordoalha aparente.



Fonte: Autor (2025).

Optou-se, então, por realizar o segundo ensaio com essas opções de alça, considerando que um cobrimento maior fosse garantido. Porém, comparando as capacidades de carga de ensaio com os valores teóricos entre as amostras com barras lisas retas (BR-1 $e=4,5$ cm e BR-2 $e=4,5$ cm) e dobradas (BD-1 $e=4,5$ cm e BD-2 $e=4,5$ cm), as cargas máximas obtidas no ensaio ficaram bem abaixo do valor esperado. A hipótese para tal fato é o pouco cobrimento de concreto: 0,7 cm. Além disso, houve uma grande dificuldade de execução na dobra das barras: qualquer desvio faria com que a barra perdesse cobrimento. Portanto, essas opções de alças para amostras do segundo ensaio foram descartadas.

Após a primeira análise dos resultados, identificou-se a necessidade de testar um novo modelo de alça, confeccionado com barras lisas em aço ASTM A36 e barras transversais soldadas. Essa configuração visou reduzir o comprimento de ancoragem da alça de içamento, aplicando o coeficiente de redução previsto no item 9.4.2.5 da NBR 6118: $\alpha = 0,7$ quando houver barras transversais soldadas conforme 9.4.2.2 (ABNT, 2023). Para efeito de comparação entre diferentes espessuras de faces, foram produzidas duas amostras com 4,5 cm e duas com 5 cm de espessura.

Depois que as amostras para o segundo ensaio foram confeccionadas, o concreto da segunda face obteve resistência de 15 MPa e foram realizadas as medições de conferência, disponíveis no Apêndice C, as peças foram liberadas para o segundo ensaio de tração nas alças de içamento.

A Figura 20 mostra o valor da resistência do concreto encontrado nas amostras de ambas as faces no dia do segundo ensaio de tração, e a Figura 21 apresenta a média dos



valores encontrados na conferência para o primeiro ensaio e a carga máxima registrada antes da ruptura das amostras.

Figura 20 - Valores da resistência do concreto utilizado nas amostras no dia do segundo ensaio.

Idade de Concreto	2 dias	1 dia
	Fcj Face 01 (Mpa)	Fcj Face 02 (Mpa)
CP1	22,260	19,350
CP2	22,600	16,710
CP3	23,420	17,380
Média (Mpa)	22,760	17,813

Fonte: Autor (2025).

Figura 21 - Quadro com a média das espessuras das paredes, juntamente com a carga de ruptura encontrada no segundo ensaio.

Identificação Peça	Alça de içamento	Espessura Face 01 (cm)	Espessura Face 02 (cm)	Espessura Vazio (cm)	Espessura Total (cm)	Carga de ruptura (tf)
CR-1 e=5,0 cm	Ø 9,5 mm CP190 RB - Reta	4,7	4,8	5,6	15,1	8,9
CR-2 e=5,0 cm	Ø 9,5 mm CP190 RB - Reta	4,6	4,9	5,6	15,1	8,4
CD-1 e=5,0 cm	Ø 9,5 mm CP190 RB - Dobrada	4,7	5,1	5,3	15,1	8,2
CD-2 e=5,0 cm	Ø 9,5 mm CP190 RB - Dobrada	4,7	5	5,5	15,2	7,5
BS-1 e=5,0 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Barras Soldadas	4,9	4,7	5,6	15,2	9,4
BS-2 e=5,0 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Barras Soldadas	4,8	5,1	5,3	15,2	9,7
BS-1 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Barras Soldadas	4,5	4,8	5,8	15,1	8,8
BS-2 e=4,5 cm	Ø 1/2" ASTM A36 - Barras Soldadas	4,6	4,8	5,8	15,2	8,1

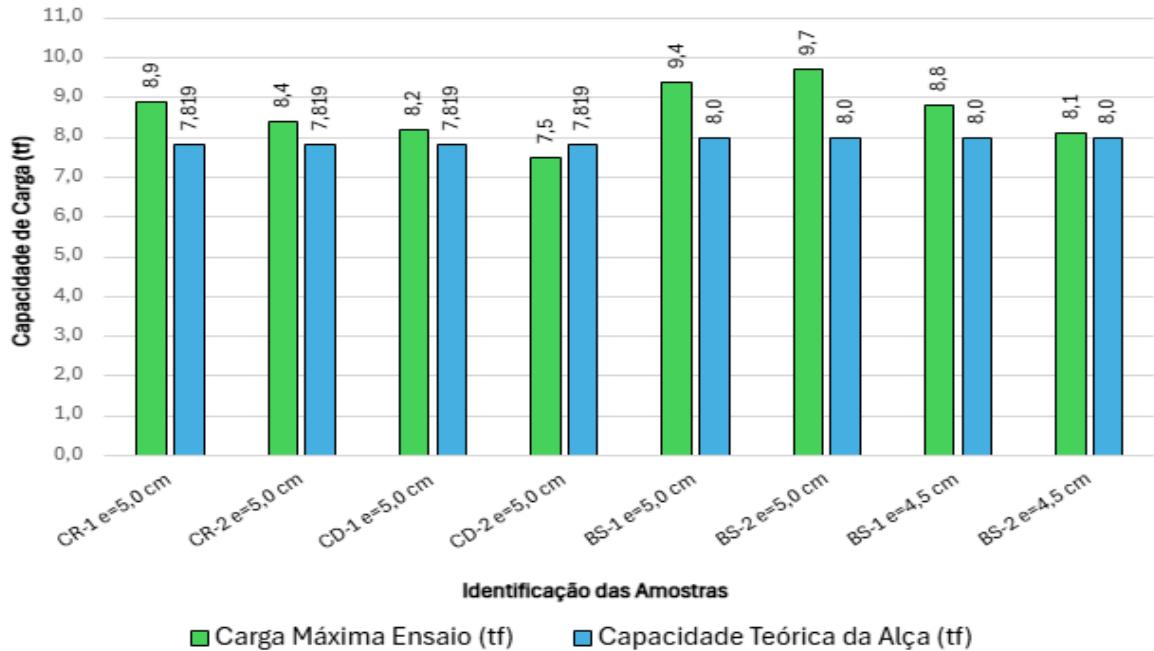
Fonte: Autor (2025).

No Apêndice D é possível encontrar as tabelas que foram utilizadas para obter o resultado da capacidade teórica de cada uma das alças de içamento para o segundo ensaio.

Figura 22 apresenta os valores das cargas máximas registradas no segundo ensaio em comparação com a capacidade resistente teórica das alças de içamento.



Figura 22 - Capacidade de carga no segundo ensaio em comparação com o resultado teórico.

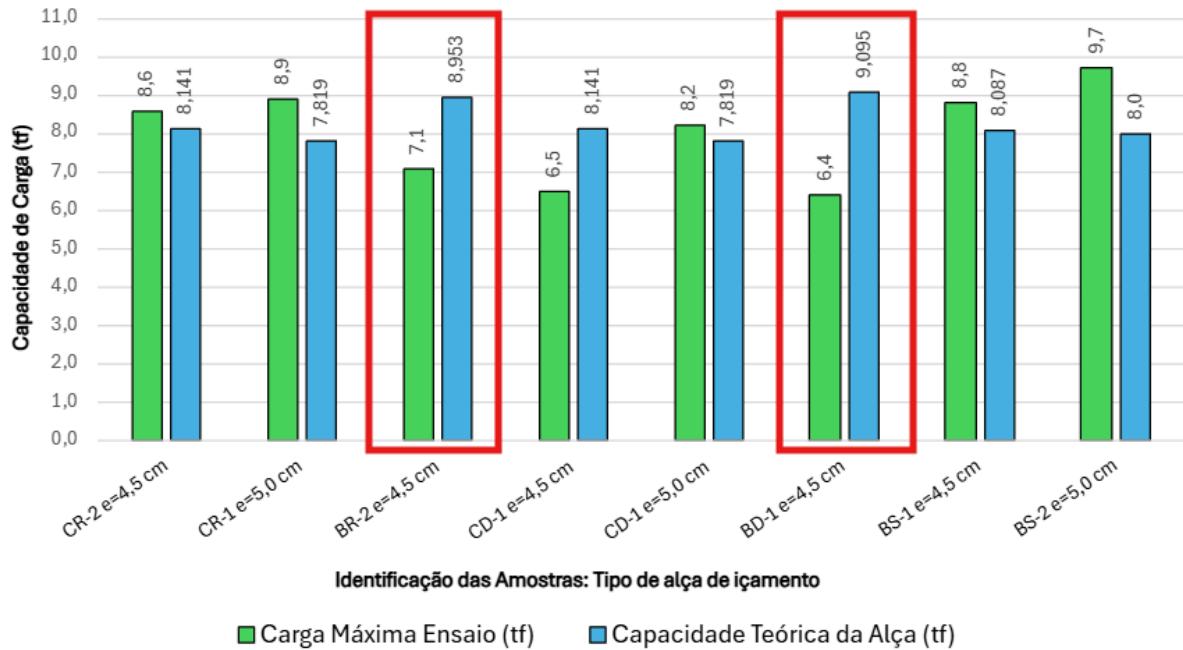


Fonte: Autor (2025).

É possível observar que houve um aumento considerável na capacidade de carga nas amostras com 5 cm de espessura quando comparadas ao valor esperado por meio do cálculo teórico, comprovando o que foi apontado por Diogenes (2013), que a espessura de embutimento no concreto influencia diretamente a capacidade de carga. A Figura 23 identifica essa diferença dos resultados entre as amostras que obtiveram o maior resultado da capacidade de carga com espessuras de 4,5 e 5 cm em cada tipo de alça. Os retângulos em vermelho identificam as amostras que foram descartadas conforme informado anteriormente.



Figura 23 - Comparação entre os maiores resultados obtidos em cada modelo de alça nos ensaios de tração.



Fonte: Autor (2025).

Notou-se também que dentre as amostras analisadas, a alça que obteve melhor desempenho foi a opção de barra lisa com barras transversais soldadas. Comprova-se que as barras soldadas se mostram eficientes para a ancoragem do dispositivo, diminuindo seu comprimento total, possibilitando a sua utilização acima de aberturas de portas e janelas, se necessário.

5. CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a capacidade de carga resistente de alças de içamento confeccionadas em aço ASTM A36 e em cordoalhas CP 190, aplicadas em paredes duplas de concreto pré-fabricadas. A partir da realização de ensaios de tração, foi possível comparar os resultados experimentais com os valores teóricos determinados, conforme as normas NBR 9062 (ABNT, 2017) e NBR 6118 (ABNT, 2023), avaliando o desempenho de diferentes geometrias das alças e espessuras de concreto.

Os resultados obtidos demonstraram coerência entre os valores teóricos e experimentais, confirmando a eficiência dos métodos de cálculo estabelecidos pelas normas técnicas. Observou-se que a espessura do concreto exerce influência direta sobre a capacidade



resistente das alças, sendo que o aumento do cobrimento resultou em valores superiores de carga de ruptura. Essa constatação confirma o que foi apontado por estudos anteriores, reforçando a importância do correto embutimento e posicionamento das alças durante a moldagem das peças.

Entre as configurações avaliadas, destacou-se o melhor desempenho das alças confeccionadas com barras lisas em aço ASTM A36 com barras transversais soldadas, que apresentaram maior resistência e ancoragem mais eficiente. Esse resultado evidencia que o acréscimo de elementos de solda contribui significativamente para a aderência e para a distribuição uniforme dos esforços no conjunto aço-concreto. Em contrapartida, as amostras com cordoalhas dobradas apresentaram menor capacidade de carga devido a falhas de embutimento e exposição parcial do aço, ressaltando a importância da execução adequada e do controle de qualidade no processo de fabricação.

Conclui-se que tanto as cordoalhas CP 190 quanto o aço ASTM A36 podem ser empregados de forma segura em dispositivos de içamento, desde que sejam respeitados os critérios de projeto e execução definidos pelas normas vigentes. A pesquisa reforça a necessidade de atenção ao detalhamento construtivo e à garantia de cobrimento adequado, fatores que impactam diretamente a segurança das operações de içamento. Como contribuição prática, o estudo oferece subsídios para o aprimoramento do dimensionamento e do uso de alças em estruturas pré-fabricadas, promovendo maior confiabilidade e segurança no transporte e montagem de elementos de concreto.



REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

_____. **NBR 9062:2017 – Projeto e execução de estruturas de concreto pré-moldado.** Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

DIOGENES, H. J. F. **Análise numérica e experimental de ligações por aderência aço-concreto aplicada em estruturas mistas.** 2013. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

EBAWE. **Parede dupla.** 2018. Disponível em: <https://ebawe.progress.group/pt/aplicacoes/elementos-de-parede/parede-dupla>. Acesso em: 03 dec. 2025.

FUSCO, P. B. **Estruturas de concreto:** solicitações e dimensionamento. 5. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

LIMA, D. F. P. de. **Avaliação da segurança durante o içamento de vigas pré-moldadas.** 2018. 88 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.

PENACHIO JÚNIOR, L. A. **Análise da resistência de alças de içamento do tipo chapéu em elementos pré-fabricados.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2019.

REIS, Ricardo Menezes. **Análise comparativa da parede dupla de concreto pré-fabricada e alvenaria convencional.** 2019. 109 f. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Maranhão, São Luís, 2019.

ROSALES, Y. M.; DURAND, R. D.; BEZERRA, L. M. **Análise numérica-experimental do comportamento da aderência aço-concreto.** In: Congresso Brasileiro de Mecânica dos Solos e Engenharia Geotécnica (COBRAE), 2016, Anais [...]. Brasília: Universidade de Brasília, 2016.

ROMÃO FILHO, R. S. **Desenvolvimento de programa computacional para dimensionamento de paredes portantes pré-moldadas.** 2016. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil: Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

SARTORTI, A. L; PINHEIRO, L. M. **Alças de içamento com cordoalhas:** estudo teórico da capacidade de carga pelas normas ABNT 6118 (2007), Eurocode (2002) e FIB (2011). Teoria e Prática na Engenharia Civil, n. 20, p. 39–49, nov. 2012.

SERRO AZUL, I. S. de; PISANI, M. A. J. **Panorama histórico da pré-fabricação em concreto armado na produção habitacional.** Revista de Arquitetura e Urbanismo do Mackenzie, 2018.



SEBRAE. Construções pré-moldadas crescem como opção na construção civil. 2023. Disponível em:
<https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/construcoes-pre-moldadas-crescem-como-ao-na-construcao-civil,b558bb90f4da5810VgnVCM1000001b00320aRCRD>. Acesso em: 31 mar. 2025.

APÊNDICES

APÊNDICE A: Medidas obtidas na conferência das amostras do primeiro ensaio.

IDENTIFICAÇÃO PEÇA	DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO							ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)						
	FACE	LADO	ESPESSURA FACE (cm)			MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL			
CR-1 e=4,5 cm			A	4,5	4,3	4,3		A	15,2	15,1	15,1	15,1		
			B	4,4	4,3	4,4		B	15,2	15,2	15,1			
			C	4,4	4,5	4,5		C	15,1	15	15			
			D	4,4	4,6	4,5		D	15	14,9	14,8			
2			A	4,6	4,5	4,6	4,5							
			B	4,6	4,5	4,3								
			C	4,3	4,4	4,4								
			D	4,6	4,5	4,5								

IDENTIFICAÇÃO PEÇA	DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO							ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)						
	FACE	LADO	ESPESSURA FACE (cm)			MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL			
CR-2 e=4,5 cm			A	4,6	4,6	4,5		A	15,2	15,2	15,2	15,2		
			B	4,6	4,6	4,2		B	15,2	15,1	15,2			
			C	4,5	4,5	4,3		C	15,2	15,2	15,2			
			D	4,4	4,5	4,3		D	15,1	15,1	15,1			
2			A	4,3	4,4	4,4	4,5	C	15,2	15,2	15,2			
			B	4,3	4,4	4,4		C	15,2	15,2	15,2			
			C	4,4	4,6	4,6		D	15,1	15,1	15,1			
			D	4,5	4,5	4,6		D	15,1	15,1	15,1			

IDENTIFICAÇÃO PEÇA	DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO							ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)					
	FACE	LADO	ESPESSURA FACE (cm)			MÉDIA TOTAL	A	15,2	15,2	15,2	15,1		
BR-1 e=4,5 cm			A	4,4	4,2	4,4							
			B	4,5	4,6	4,5		B	15,2	15,2	15,2		
			C	4,5	4,5	4,5		C	15,2	15,1	15		
			D	4,6	4,4	4,3		D	15,1	15	15		
2			A	4,5	4,5	4,5	4,6	C	15,2	15,1	15		
			B	4,6	4,5	4,6		C	15,2	15,2	15		
			C	4,6	4,6	4,5		D	15,1	15	15		
			D	4,5	4,6	4,6		D	15,1	15	15		

IDENTIFICAÇÃO PEÇA	DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO							ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)					
	FACE	LADO	ESPESSURA FACE (cm)			MÉDIA TOTAL	A	15,1	15,1	15,2	15,2		
BR-2 e=4,5 cm			A	4,6	4,5	4,5							
			B	4,7	4,7	4,6		B	15,1	15,1	15,2		
			C	4,4	4,4	4,2		C	15,1	15,1	15,2		
			D	4,5	4,5	4,3		C	15,2	15,2	15,2		
2			A	4,6	4,7	4,6	4,6	C	15,2	15,2	15,2		
			B	4,7	4,4	4,4		D	15,2	15,2	15,2		
			C	4,4	4,5	4,5		D	15,2	15,2	15,2		
			D	4,6	4,6	4,6		D	15,2	15,2	15,2		



DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CD-1 e=4,5 cm	1	A	4,4	4,4	4,5	4,4	A	15,2	15,1	15,1	15,1
		B	4,4	4,5	4,8		B	15,2	15,2	15,2	
		C	4,3	4,4	4,3		4,7	C	15	15	
		D	4,5	4,4	4,3			D	15,1	15,1	
	2	A	4,6	4,7	4,7	4,7	C	15	15	15	
		B	4,3	4,6	4,6			D	15,1	15,1	
		C	4,7	4,7	4,7						
		D	4,8	4,8	4,9						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CD-2 e=4,5 cm	1	A	4,4	4,4	4,3	4,5	A	15,1	15,1	15,1	15,2
		B	4,4	4,4	4,7		B	15,1	15,2	15,2	
		C	4,6	4,7	4,7		4,5	C	15,2	15,2	
		D	4,3	4,4	4,5			D	15,2	15,1	
	2	A	4,4	4,4	4,4	4,5	C	15,2	15,2	15,2	
		B	4,5	4,5	4,5			D	15,2	15,1	
		C	4,4	4,7	4,7						
		D	4,4	4,5	4,7						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BD-1 e=4,5 cm	1	A	4,7	4,5	4,4	4,4	A	15,2	15,1	15	15,2
		B	4,4	4,4	4,5		B	15,1	15,3	15,2	
		C	4,5	4,5	4,3		4,3	C	15,2	15,2	
		D	4,5	4,2	4,4			D	15,1	15,1	
	2	A	4,4	4,3	4,4	4,3	C	15,2	15,2	15,1	
		B	4,1	4,3	4,1			D	15,1	15,1	
		C	4,1	4,1	4,1						
		D	4,5	4,4	4,4						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BD-2 e=4,5 cm	1	A	4,3	4,5	4,6	4,5	A	15,2	15,1	15	15,2
		B	4,3	4,4	4,6		B	15,5	15,3	15,5	
		C	4,6	4,5	4,5		4,4	C	15,3	15,2	
		D	4,6	4,4	4,6			D	15	15	
	2	A	4,4	4,4	4,4	4,4	C	15,3	15,2	15,1	
		B	4,3	4,5	4,3			D	15	15	
		C	4,3	4,5	4,2						
		D	4,4	4,4	4,4						


APÊNDICE B: Quadros utilizados para o cálculo da capacidade de carga teórica das alças.

Ensaio	Cordoalha Ø 9,5 mm CP190 RB								Capacidade Teórica da Alça (tf)	
	Face 01				Face 02					
	Fcj (Mpa)	Fctk (Mpa)	Fbp (Mpa)	Tf1, anc (tf)	Fcj (Mpa)	Fctk (Mpa)	Fbp (Mpa)	Tf2, anc (tf)		
1	26,517	1,867	2,241	4,682	16,847	1,380	1,656	3,460	8,141	

Ensaio	Barra lisa Ø 1/2" ASTM A36 - Reta								Capacidade Teórica da Alça (tf)	
	Face 01				Face 02					
	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 1 (cm)	Tf1, anc (tf)	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 2 (cm)	Tf2, anc (tf)		
1	26,517	1,867	61,038	4,548	16,847	1,380	82,592	4,405	8,953	

Ensaio	Barra lisa Ø 1/2" ASTM A36 - Alça Dobrada								Capacidade Teórica da Alça (tf)	
	Face 01				Face 02					
	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 1 (cm)	Tf1, anc (tf)	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 2 (cm)	Tf2, anc (tf)		
1	26,517	1,867	42,727	4,548	16,847	1,380	57,814	4,548	9,095	

APÊNDICE C: Medidas obtidas na conferência das amostras do segundo ensaio.

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CR-1 e=5,0 cm	1	A	4,7	4,7	4,7	4,7	A	15	15,1	15,1	15,1
		B	4,7	4,6	4,8		B	15	15	15,1	
		C	4,4	4,6	4,6		C	15	15,1	15,2	
		D	4,7	4,7	4,6		D	15	15,1	15,1	
	2	A	4,8	4,8	4,7	4,8	C	15	15,1	15,2	
		B	5	4,8	4,7		B	15	15,1	15,1	
		C	4,8	4,8	4,7		C	15,1	15,2	15,2	
		D	4,8	4,7	4,8		D	15	15,1	15,1	

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CR-2 e=5,0 cm	1	A	4,5	4,7	4,7	4,6	A	15,1	15,1	15,1	15,1
		B	4,6	4,7	5		B	15,1	15,1	15,1	
		C	4,4	4,6	4,5		C	15,1	15,2	15,2	
		D	4,8	4,5	4,5		D	15	15,1	15,2	
	2	A	4,8	4,9	4,8	4,9	C	15,1	15,2	15,2	
		B	4,7	5	4,9		B	15	15,1	15,1	
		C	4,8	5	4,9		C	15,1	15,2	15,2	
		D	4,8	4,8	4,8		D	15	15,1	15,1	



DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CD-1 e=5,0 cm	1	A	4,6	4,6	4,7	4,7	A	15,2	15	15	15,1
		B	4,6	4,7	4,7		B	15,2	15,2	15,2	
		C	4,5	4,6	4,6		C	15,2	15,2	15,2	
		D	4,7	4,7	4,6		D	15	15	15,1	
	2	A	5	5	4,9	5,1	C	15,2	15,2	15,2	
		B	4,8	5	5,2		D	15,1	15,2	15,2	
		C	5	5,1	5,1						
		D	4,9	5,2	5,3						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
CD-2 e=5,0 cm	1	A	4,7	4,7	4,7	4,7	A	15,2	15,2	15,2	15,2
		B	4,7	4,6	4,6		B	15,2	15,2	15,2	
		C	4,6	4,7	4,7		C	15,2	15,2	15,2	
		D	4,7	4,6	4,7		D	15,1	15,2	15,2	
	2	A	5,2	4,9	4,8	5	C	15,2	15,2	15,2	
		B	5,1	5,2	5,2		D	15,1	15,2	15,2	
		C	4,9	4,7	4,6						
		D	4,8	5,1	4,7						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BS-1 e=5,0 cm	1	A	5	5	5,1	4,9	A	15,2	15,2	15,2	15,2
		B	5	5	5		B	15,2	15,2	15,2	
		C	5,1	4,8	4,6		C	15,2	15,2	15,2	
		D	5,1	4,9	4,6		D	15,2	15,2	15,2	
	2	A	4,8	4,8	4,8	4,7	C	15,2	15,2	15,2	
		B	4,8	4,7	4,6		D	15,2	15,2	15,2	
		C	4,5	4,7	4,8						
		D	4,7	4,7	4,8						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BS-2 e=5,0 cm	1	A	4,8	5	4,8	4,8	A	15,1	15,1	15,1	15,2
		B	5	4,8	4,8		B	15,2	15,2	15,2	
		C	4,7	4,8	4,5		C	15,2	15,2	15,2	
		D	4,8	4,6	4,5		D	15,1	15,1	15,1	
	2	A	5,1	5	5	5,1	C	15,2	15,2	15,2	
		B	5,1	5,1	5		D	15,1	15,1	15,1	
		C	5,1	5,1	5						
		D	4,9	5,2	5,2						



DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BS-1 e=4,5 cm	1	A	4,4	4,5	4,5	4,5	A	15,1	15,1	15,1	15,1
		B	4,5	4,6	4,4		B	15	15,1	15,2	
		C	4,4	4,4	4,4		C	15,1	15,2	15,2	
		D	4,5	4,5	4,4		D	15	15,1	15,1	
	2	A	4,9	4,8	4,8	4,8	C	15,1	15,2	15,2	
		B	5	4,9	4,8		D	15	15,1	15,1	
		C	4,7	4,6	4,7						
		D	4,9	4,8	4,6						

DIMENSÕES TESTE DE IÇAMENTO - ENSAIO DE TRAÇÃO											
IDENTIFICAÇÃO PEÇA	ESPESSURA FACE (cm)						ALTURA/ESPESSURA TOTAL (cm)				
	FACE	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL	LADO	PONTO 1	PONTO 2	PONTO 3	MÉDIA TOTAL
BS-2 e=4,5 cm	1	A	4,4	4,6	4,7	4,6	A	15,2	15,2	15,1	15,2
		B	4,5	4,6	4,8		B	15,2	15,2	15,2	
		C	4,8	4,6	4,6		C	15,3	15,3	15,2	
		D	4,8	4,6	4,5		D	15,1	15,2	15,2	
	2	A	4,8	4,7	4,8	4,8	C	15,3	15,3	15,2	
		B	4,9	4,8	4,8		D	15,1	15,2	15,2	
		C	4,8	4,8	4,9						
		D	4,8	4,8	4,5						

APÊNDICE D: Quadros utilizados para o cálculo da capacidade de carga teórica das alças.

Ensaio	Cordoalha Ø 9,5 mm CP190 RB								Capacidade Teórica da Alça (tf)	
	Face 01				Face 02					
	Fcj (Mpa)	Fctk (Mpa)	Fbp (Mpa)	Tf1, anc (tf)	Fcj (Mpa)	Fctk (Mpa)	Fbp (Mpa)	Tf2, anc (tf)		
2	22,760	1,687	2,024	4,228	17,813	1,432	1,719	3,591	7,819	

Ensaio	Barra lisa Ø 1/2" ASTM A36 - Barras Soldadas								Capacidade Teórica da Alça (tf)	
	Face 01				Face 02					
	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 1 (cm)	Tf1, anc (tf)	Fcj (Mpa)	Fbd (Mpa)	Lbp 2 (cm)	Tf2, anc (tf)		
2	22,760	1,687	47,308	4,326	17,813	1,432	55,705	3,674	8,000	