

TÍTULO: REFORÇO ESTRUTURAL COM CHAPA DE AÇO

SILVA, Bruno I.¹
JESUS, Leonardo É.²
FRANÇOZO JÚNIOR, Helio.³
Universidade São Francisco
brunnolimma54@gmail.com

¹Bruno de Lima Silva, aluno do Curso de Engenharia civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba-SP;

²Leonardo Ébano de Jesus, aluno do Curso de Engenharia civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba-SP;

³Orientador Professor Helio Françaço Junior, Curso de Engenharia civil, Universidade São Francisco; Campus de Itatiba-SP.

Resumo

Numerosas estruturas de concreto armado necessitam de intervenções que visam garantir a segurança da estrutura e de seus usuários, e conseqüentemente o prolongamento de sua vida útil. Tais intervenções podem ser geradas por múltiplos fatores patológicos, ou por uma modificação no uso da estrutura, e até mesmo atualizações tecnológicas que um edifício pode sofrer para acompanhar as necessidades da sociedade atual. Nesse sentido a metodologia do presente artigo irá através de um estudo de caso, mergulhar na complexidade e conhecimentos técnicos de um reforço estrutural com chapas de aço, que foi executado em um shopping center que passou por uma reforma, na qual novas escadas rolantes foram instaladas no local. A execução do reforço estrutural ocorreu durante o período de desenvolvimento do presente artigo, tendo a finalidade de analisar se o método de reforço estrutural utilizado foi eficiente, e se atendeu todas as necessidades impostas pelo local. Espera-se também que a pesquisa juntamente com o estudo de caso não forneça apenas uma visão detalhada do caso em si, mas sirva principalmente como uma fonte de conhecimento prático para profissionais, alunos de engenharia, pesquisadores e interessados pela área.

Palavras-chave: reforço estrutural, chapa de aço, viga.

Introdução

O concreto armado é um dos métodos de construção de estruturas mais utilizados do mundo. Ao se construir uma estrutura de concreto armado visamos atender todas as normas de segurança e qualidade, porém alguns incidentes podem ocorrer na fase de execução devido a múltiplos fatores, a falta de fiscalização e controle podem ser um dos principais.

Além disso, tais estruturas podem estar sujeitas a degradação devido à falta de manutenção, uso indevido, fadiga, exposição a ambientes agressivos sem a proteção necessária, fazendo com que a estrutura apresente falhas, temos também a mudança de uso da estrutura.

Para solução dessas eventuais falhas ou mudança de uso, é feito um estudo por profissionais qualificados e especialistas na área, com o objetivo de selecionar a melhor intervenção a ser feita, para recuperar e garantir novamente a qualidade, segurança e o aspecto visual da estrutura. Com isso temos diferentes métodos de reforços estruturais como o reforço em fibra de carbono, reforço com o aumento da seção de concreto e com a instalação de barras externas, e o reforço com chapas de aço, que iremos explorar em um estudo de caso no

presente artigo, analisando os motivos que levou a escolha de tal método, comprovar e evidenciar a eficácia dessa modalidade de reforço.

Reforço estrutural com chapa de aço

A técnica de reforço estrutural com chapas aço surgiu em meados de 1930, sendo feito por L'hermite e Bresson na Suíça e Alemanha.

O método consiste em utilizar chapas de aço coladas com resina epóxi ou parafusos auto fixantes tendo em vista como objetivo criar uma armadura secundária no elemento estrutural existente elevando sua resistência em até cinquenta por cento a esforços cortantes, de torção e flexão (PARENTE NETO, 2021).

O reforço pode servir para recuperar uma estrutura após o aparecimento de algum tipo de patologia que possivelmente possa vir a comprometer a resistência e o uso da estrutura, ou para aumentar a sua capacidade de resistência devido a mudança de uso inicial a que a estrutura foi projetada (COLOMBARI, 2019).

Com o reforço estrutural utilizando chapas de aço tem-se um aumento na resistência do elemento reforçado a momentos fletores e a força cortante e ainda se obtém um aumento em sua rigidez.

As chapas se juntam ao concreto para receber as cargas que estão sendo aplicadas sobre o concreto. Entre os métodos de reforços utilizando chapas e perfis de aço temos:

- Reforço com chapas de aço instaladas nas faces laterais da viga;
- Reforço com chapa de aço instalada na base da viga;
- Reforço com perfil U, onde o perfil envolve a base e as laterais da viga;
- Reforço com perfil U parcial, similar ao método anterior, porém o perfil envolve até a metade da altura da face lateral da viga;
- Reforço com perfil T, onde o perfil é instalado na base da viga.

É importante que se tenha profissionais capacitados tecnicamente e com equipamentos adequados para a execução do reforço (PARENTE NETO, 2021).

Essa técnica tem ganhado aceitação devido aos seus resultados positivos, proporcionando maior rigidez e redução de fissuração nos elementos reforçados.

A escolha entre resina e parafusos depende da aplicação, com recomendação de espessura mínima para as chapas de aço e espessura da resina para garantir uma ligação eficaz (BEBER, A.J, 1999).

Características e aplicações do aço

Existe uma grande variedade de aços, que são diferenciados pela forma, tamanho e uniformidade dos grãos de sua composição, e por sua composição química.

O aço pode ser alterado de acordo com a sua aplicação final, que através da adição de elementos químicos obtém-se aços com diferentes graus de resistência mecânica, resistência a corrosão, soldabilidade, ductilidade, entre outros. Os aços possuem ótimas propriedades mecânicas como resistência a tração, compressão, flexão, e como ele é um material homogêneo, pode ser laminado, estriado, forjado, estampado e suas propriedades podem ser alteradas com tratamentos químicos.

Algumas das propriedades e características do aço são:

- Ductilidade, é a capacidade do material de se deformar plasticamente sem se romper. Em estruturas metálicas, essa é uma característica de grande importância pois possibilita a redistribuição de tensões locais elevadas, dessa forma as peças de aço apresentam grandes deformações antes do rompimento, e por último e não menos importante, a ductilidade torna o aço resistente a choques bruscos.

- Tenacidade, é a capacidade do material de absorver energia quando submetido a carga de impacto, sendo que é a capacidade a energia total, plástica e elástica absorvida por unidade de volume até se romper.
- Elasticidade, nada mais é do que a capacidade do material em se deformar e retornar a sua forma original. Devido as ações das cargas de tração e compressão o aço sofre deformações, que podem ser elásticas ou plásticas.
- Plasticidade, se caracteriza como uma deformação permanente devido a tensões aplicadas que são iguais ou superiores ao limite de escoamento.

Temos hoje cerca de 3500 tipos diferentes de aço, sendo que 75% foram elaborados nos últimos 20 anos. Na construção civil os aços mais utilizados são os aços estruturais de média e alta resistência mecânica.

Sua qualidade mecânica e diferentes propriedades são elaboradas a partir de variações dos componentes do material. Basicamente os aços são ligas de ferro-carbono, podendo ter até dois por cento de carbono em sua composição, entretanto no mercado o valor geralmente não ultrapasse um por cento, para evitar que o material não tenha alta dureza, facilitado seu uso. Alguns elementos importantes são o enxofre (S), silício (Si), fósforo(F) e o manganês (Mn).

Os aços utilizados na construção civil são denominados de aços estruturais, cujo as propriedades de ductilidade e resistência, são voltadas para o uso em elementos que suportam cargas. São apresentadas na norma NBR8800, e classificados em vários tipos.

O concreto armado é a adição de concreto a armaduras de aço, sendo um dos métodos mais usados no planeta.

A norma que rege o aço utilizado no concreto armado é a NBR7480:2007, na qual apresenta os aços especificados a serem usados na estrutura de concreto armado. Nela os aços são classificados de acordo com sua resistência definida pela composição e processo de fabricação.

Já os aços mais indicados para estruturas metálicas são aços que tem alta resistência e baixa liga, esse material apresenta alta resistência a corrosão atmosférica. São regidas pelas normas NBR5008, 5920, 5921 e 7007, e as norte-americanas ASTM A242, A588 e A709, que delimitam composições químicas e propriedades mecânicas.

A maior vantagem dos aços com baixa liga e alta resistência, é de terem uma resistência mecânica maior do que a dos aços carbono (IMIANOWSKY, 2017).

Patologia

A patologia é um estudo de fatores que fazem parte de um problema, analisando causas, princípios dos defeitos, sintomas e mecanismos.

É preciso identificar as causas que geraram os problemas nas estruturas, fazendo com que o tratamento das patologias seja eficaz.

Múltiplos fatores podem levar uma estrutura a ter patologias como mal planejamento da obra, erros na concepção do projeto, erros na escolha dos materiais, erros na execução, erros na utilização da estrutura, entre outros.

Ao se utilizar uma estrutura, a sua manutenção deve ser feita durante toda sua vida útil. O problema é que alguns usuários não fazem a manutenção, gerando problemas e gastos futuros para manter a estrutura.

Os problemas mais comuns gerados são eflorescências, flexas excessivas, fissuras e corrosão das armaduras (SILVA, 2017).

Exemplo de acidente patológico

Um prédio residência localizado no bairro do Recreio dos Bandeirantes- Rio de Janeiro, sofreu algo intrigante em suas varandas na fachada, nas quais foram projetadas com sua estrutura em balanço tendo um vão livre de 5,00 m (cinco metros).

Durante a construção já na fase de acabamento, flechas nas pontas dos balanços começaram a ser vistas, aumentando gradualmente e chegando a 20 cm (vinte centímetros). Posterior a isso, a obra foi paralisada, com as varandas sendo escoradas, e um serviço de consultoria foi contratado.

Na análise do projeto estrutural foram identificados vários erros grosseiros na projeção estrutural, especialmente nas varandas em balanço, necessitando de um projeto de reforço estrutural.

O projetista foi condenado na justiça a indenizar os proprietários do imóvel, devido a tais erros.

Quando iniciado a fase do reforço estrutural, foram identificados diversos erros de execução. Para disfarçar as flechas, o construtor contratado, aplicou uma camada de concreto adicional, chegando a 15cm em alguns pontos para nivelar o piso, e depois uma regularização com massa de saibro de 10cm. No total foram adicionados 25cm de espessura nas pontas das varandas, gerando uma carga permanente não calculada em projeto. Toda essa carga adicional precisou ser removida, e o reforço executado em sequência com êxito (CUNHA,1996).

Modificação de uso e intervenções tecnológicas

A modificação de uso também chamada de retrofit, pode ocorrer por vários fatores, principalmente pela falta de espaços e terrenos que satisfaça a necessidade de construir um novo edifício, podendo preservar a história de muitos locais, além disso pode-se readequar espaços com novas tecnologias, que se adequem as novas demandas sociais e culturais.

A modificação de uso (retrofit) pode ser definida como uma atualização ou remodelagem de um edifício ou seu conjunto de sistemas, visando a modernização e melhor desempenho de sistemas antigos e defasados, reabilitando um edifício para uma proposta diferente daquilo ao que foi projetado, gerando menos custos se comparado a construção de um novo edifício.

Para a reutilização de um edifício, é necessário avaliar seu desempenho estrutural para garantir que a sua readequação atinja todas as normas de segurança e que sua capacidade suporte as cargas exigidas pelo novo tipo de utilização.

Definir o tipo de uso do edifício é vital pois novos tipos de carregamentos são selecionados interferindo no dimensionamento da estrutura. Essa mudança pode gerar novas cargas não computadas no projeto original, tendo a necessidade de avaliar todas as dimensões dos elementos estruturais, levando em consideração que sua capacidade resistente seja elevada.

As mudanças dos carregamentos acidentais podem levar a estrutura ao seu estado-limite, não suportando os novos esforços, sendo necessário a utilização de técnicas de reforço estrutural, elevando sua capacidade resistente, garantindo a segurança da edificação (PEREIRA, 2022).

Dimensionamento

Para dar início ao dimensionamento do reforço, é necessário analisar a estrutura existente, definindo os coeficientes de segurança gerados pelas causas e avaliar os esforços atuantes e existentes.

A verificação de segurança da estrutura existente se baseia no comportamento da estrutura desde a sua elaboração inicial, respeitando o estado limite último e de sua utilização.

A idealização de regras para a recuperação de estruturas é bem complexa, e muitas normas são seguidas ou adaptadas para serem utilizadas no dimensionamento. Os coeficientes de segurança podem sofrer alterações levando em conta as incertezas em relação a informações levantadas para coleta de dados, e nas características de novas técnicas e materiais utilizados.

A verificação de segurança dos estados limites de utilização deve replicar os danos presentes na peça estrutural, e o reforço da peça através da correção de propriedades das seções (HIGASCHI, 2016).

Execução

O reforço estrutural com chapas e perfis de aço são chamados de “reforços com adição de armadura exteriores”, que podem ser instalados colados com adesivo epóxi ou com chumbadores *parabolt*.

Para a execução do reforço estrutural as cargas atuantes na estrutura devem ser aliviadas, a camada superficial do concreto da peça a ser reforçada deve ser removida e a rugosidade aumentada com o processo de escarificação. Deve-se garantir que a superfície da peça esteja sem umidade para a aplicação do adesivo epóxi.

Já para o processo em é utilizado o adesivo epóxi com chumbadores *parabolt* para instalação da chapa, é necessário que as chapas sejam posicionadas e instaladas nos furos pré-estabelecidos, na superfície da peça a ser reforçada. Posterior a isso é feita a selagem ao redor da chapa com adesivo epóxi, onde pequenos tubos foram deixados para a injeção de adesivo epóxi de baixa viscosidade para preencher o espaço entre a chapa e o concreto.

Deverá ser aplicado no elemento metálico utilizado para o reforço, uma pintura ou barreira que tenha uma proteção contra a ação do fogo que tenha duração mínima de 30 minutos.

Ao se utilizar chapas contínuas é indicado que se utilize cantoneiras na área inferior ligadas por barras para garantir uma amarração eficiente (ZUCCHI, 2015).

Vantagens e desvantagens

Entre as vantagens da utilização do reforço estrutural em chapas de aço estão a velocidade de execução, o pouco acréscimo de tamanho na seção das peças reforçadas, método rápido e limpo por não trabalhar com materiais molhados e por último emite baixos níveis de ruídos.

Já no que podemos falar das desvantagens quando temos grandes vãos na estrutura as chapas ficam com uma carga consideravelmente alta podendo dificultar principalmente a execução do serviço. Outras desvantagens limitações geradas pela temperatura pois a resina perde resistência diante de tal intempere, corrosões podem ficar escondidas atrás da chapa de aço, quando é utilizado a resina epóxi se requer sete dias de cura o que prolonga o processo e por fim devido ao comprimento das chapas sendo necessário em alguns casos a criação de juntas de dilatação (PARENTE NETO, 2021).

Material e Métodos

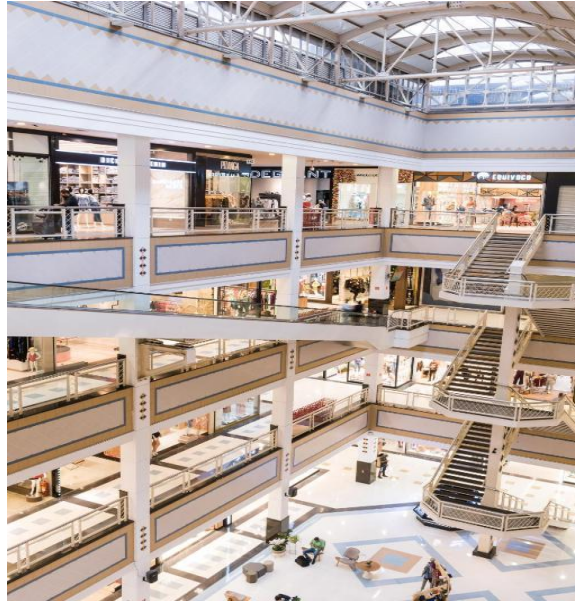
O presente artigo adentrará no estudo de caso que irá aprofundar ainda mais os conhecimentos na área de reforço estrutural com chapa de aço devido a sua complexidade.

O Shopping e hotel Mega Polo Moda está localizado no bairro do Brás em São Paulo, SP, e passou por uma importante reforma, onde foram feitas atualizações em sua infraestrutura para melhor acomodar os clientes que frequentam diariamente o local. Uma das melhorias executadas foi a instalação de novas escadas rolantes para melhorar a locomoção dos usuários no local. O edifício contém 5 pavimentos, e contava com algumas esteiras rolantes e escadas comuns concentradas apenas em uma área específica do local, dificultando a locomoção de seus usuários.



Fonte: <https://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2020/02/shopping-de-atacado-do-bras-em-sp-seleciona-30-startups-para-aceleracao.html>

FIGURA 1- Fachada do Shopping e hotel Mega Polo Moda



Fonte: <https://www.booking.com/hotel/br/mega-polo.pt-br.html>

FIGURA 2- Parte interna do Shopping e hotel Mega Polo Moda

Para a instalação das escadas e seus respectivos serviços, foram contratadas empresas e profissionais com vasto conhecimento técnico e experiência na área.

Devido à grande carga gerada pela instalação das escadas rolantes, um estudo minucioso foi feito para viabilizar a instalação das escadas, já que seriam ancoradas em vigas de concreto armado, com um vão entre apoios de 9,00 m (nove metros).

Alguns desafios apareceram, como a ausência do projeto estrutural do edifício, sendo necessário a utilização do teste de esclerometria, para verificar a resistência do concreto das vigas a serem reforçadas, no qual sua resistência ficou por volta de 18 MPa, e o uso de um pacômetro para identificar a posição e a bitola das barras de aço existentes na viga.



Fonte: <https://www.magazineluiza.com.br/detector-de-materiais-bosch-digital-d-tect-150-profissional/p/221076900/fs/dtdm/>

FIGURA 3- Pacômetro sendo utilizado na prática

Após coleta das informações necessárias, foram feitos os cálculos, no qual evidenciou que as vigas existentes não resistiriam os novos esforços que as escadas rolantes gerariam, necessitando assim de um reforço estrutural.

O próximo passo consistiu em selecionar o reforço mais adequado a ser utilizado no local. Inicialmente foi estudado o reforço que consiste em aumentar a seção da viga com a adição de barras de aço e concreto, porém iria acarretar em uma perda de espaço útil no local, e seria necessário aumentar também a seção dos pilares para ancorar esse aumento na seção da viga, assim como um reforço na fundação, sendo assim não possuindo condições para ser executado.



Fonte: <https://www.faial.com.br/reforco-estrutural/>

FIGURA 4 – Reforço estrutural com aumento de seção

Diante da inviabilidade do método citado anteriormente, a empresa Cober-aço, que está localizada em Americana, SP, foi contratada para elaborar o projeto e executar o reforço estrutural, pois a empresa tem grande experiência com reforços estruturais utilizando perfis e chapas de aço. A decisão de trabalhar com aço para reforçar a estrutura surgiu devido as restrições de tempo e espaço para a execução do reforço. Vale ressaltar que a Cober-aço participou diretamente desde as primeiras análises, coletas de dados e testes realizados, e contratados posteriormente por terem soluções que se enquadravam com as necessidades que havia no local.

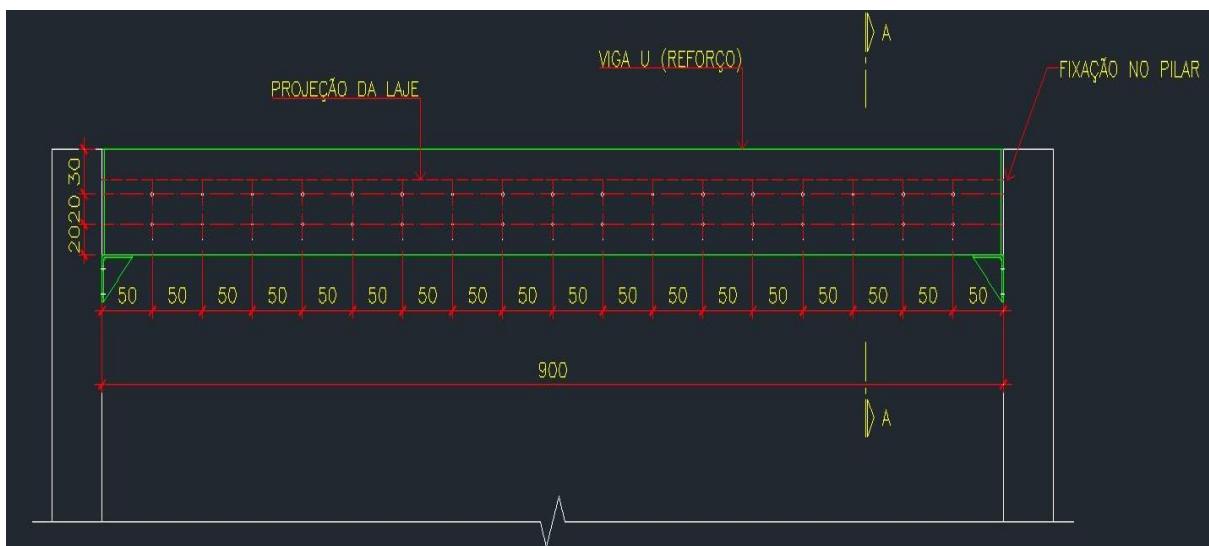
Outra hipótese analisada foi a de se fazer o reforço com uma viga de aço carbono ASTM-A36 em perfil I, que consiste em instalar uma viga metálica abaixo da viga de concreto, porém a perda no pé direto (altura) nos pavimentos seria muito impactante, devido à altura dos perfis metálicos, além de que as vigas metálicas gerariam uma carga permanente muito alta, gerada pelo peso dos perfis, tornando tal método inviável.



Fonte: <https://www.dprestrutural.com.br/reforco-estrutural-viga-metalica>

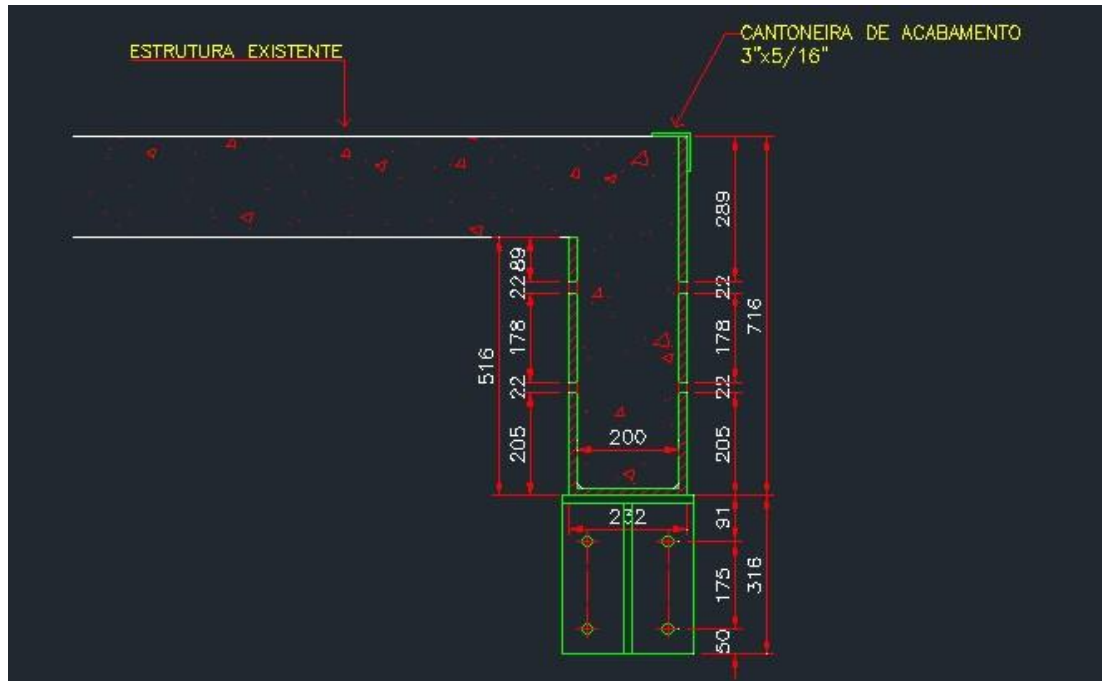
FIGURA 5 – Reforço estrutural com uma viga metálica abaixo da viga de concreto

Por fim, após uma consultoria com um experiente engenheiro na área de reforço estrutural, chegou-se no método mais adequado para a situação, no qual as vigas seriam revestidas com uma viga feita de chapas de aço, com uma seção transversal em formato de “J”, sendo fixadas com barras roscadas que foram instaladas horizontalmente nas vigas de concreto armado, atravessando totalmente a viga concreto, garantindo uma melhor fixação e interação entre a viga metálica e a viga de concreto.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 6 – Vista frontal da viga com o reforço em projeto

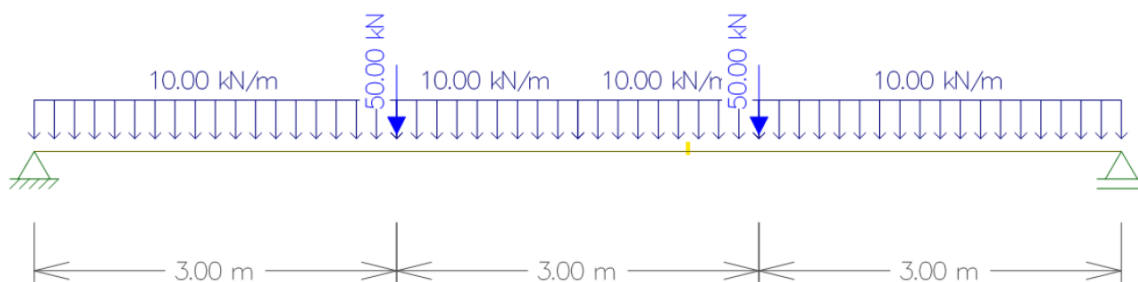


Fonte: Cober-aço

FIGURA 7– Corte da viga com reforço em projeto

Um aspecto importante que foi levado em conta, é que com esse método, mais uma necessidade imposta foi sanada, pois o perfil da arquitetura exigida no local foi conservado pelo simples fato de que a viga metálica com chapas de aço apenas revestiu a viga de concreto adicionando um tamanho na seção praticamente irrelevante, além disso a viga metálica trouxe o aumento de inércia, rigidez e resistência necessária para que as escadas rolantes fossem instaladas com total segurança e qualidade que as normas técnicas exigem.

A escada gerou uma carga permanente adicional na viga de 10.000,00 kg (100,00 kN), dividida em dois pontos da viga, que são os apoios da escada rolante em cima da viga como ilustrado abaixo.



Fonte: Próprio autor

FIGURA 8- Cargas exercidas sobre a viga de concreto do estudo de caso.

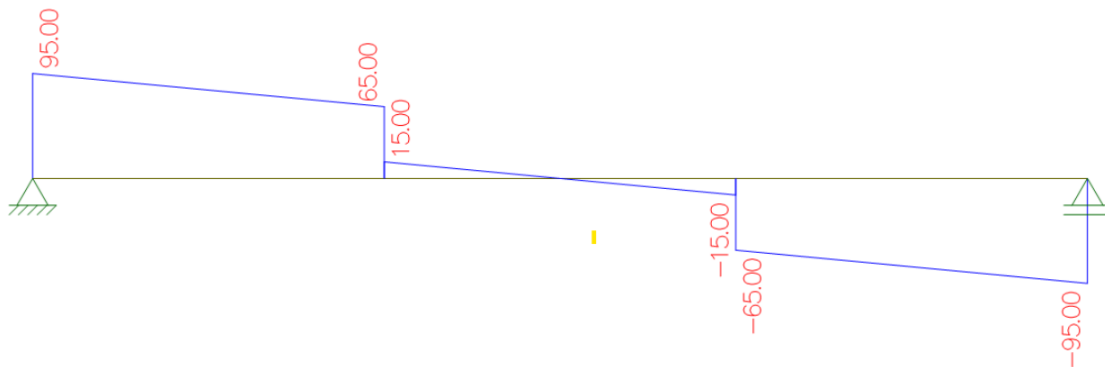
A alta carga gerada na viga, juntamente com os esforços cortante e momento, e a fragilidade do concreto, foram itens indispensáveis na hora dos cálculos do reforço.

O momento característico ficou em 25.125,00 kN cm com uma força cortante de 95,00 kN como ilustrado abaixo.



Fonte: Próprio autor

FIGURA 9– Esforços do momento da viga de concreto do estudo de caso.

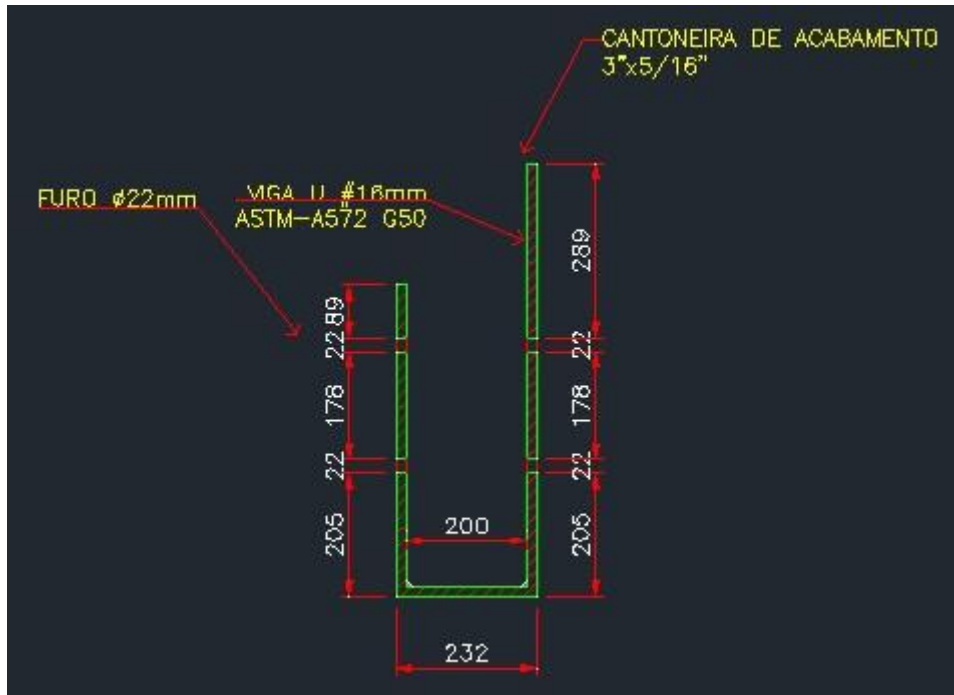


Fonte: Próprio autor

FIGURA 10– Forças cortantes da viga de concreto do estudo de caso.

Vale ressaltar que o reforço estrutural com chapas de aço funciona como uma armadura externa adicional, sendo assim, nesse caso em específico, o cálculo foi feito da mesma forma que um cálculo de armadura para uma estrutura de concreto armado, sendo esses cálculos regidos pela norma ABNT NBR 6118:2014 – PROJETOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROCEDIMENTO, que é a norma responsável por garantir a qualidade no dimensionamento do concreto armado. Como não existe nenhuma norma específica para reforço estrutural, profissionais da área utilizam diferentes técnicas, que se diferenciam entre eles, então cada profissional pode ter um entendimento e conhecimento diferente do outro, porém sempre prezando pela qualidade e segurança do serviço.

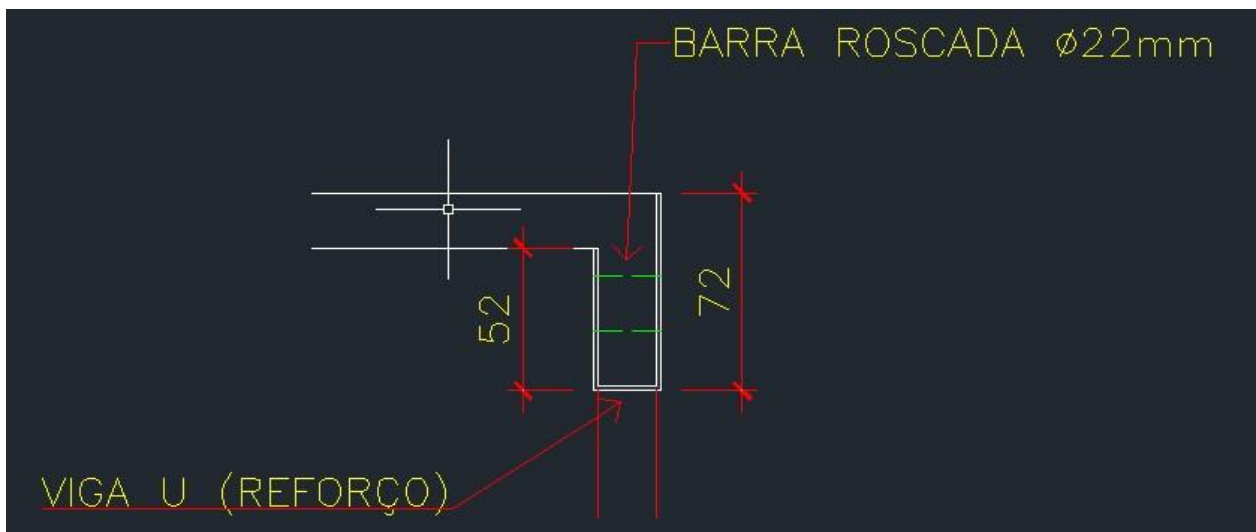
Após os cálculos, a chapa de aço do tipo ASTM-A572 G50 de 16 mm (dezesseis milímetros) de espessura, foi selecionada para fazer a viga para o reforço. É uma chapa bastante robusta, porém necessária devido a necessidade que se tinha de obter um aumento considerável na inércia da peça reforçada.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 11 – Corte da viga de aço utilizada para o reforço

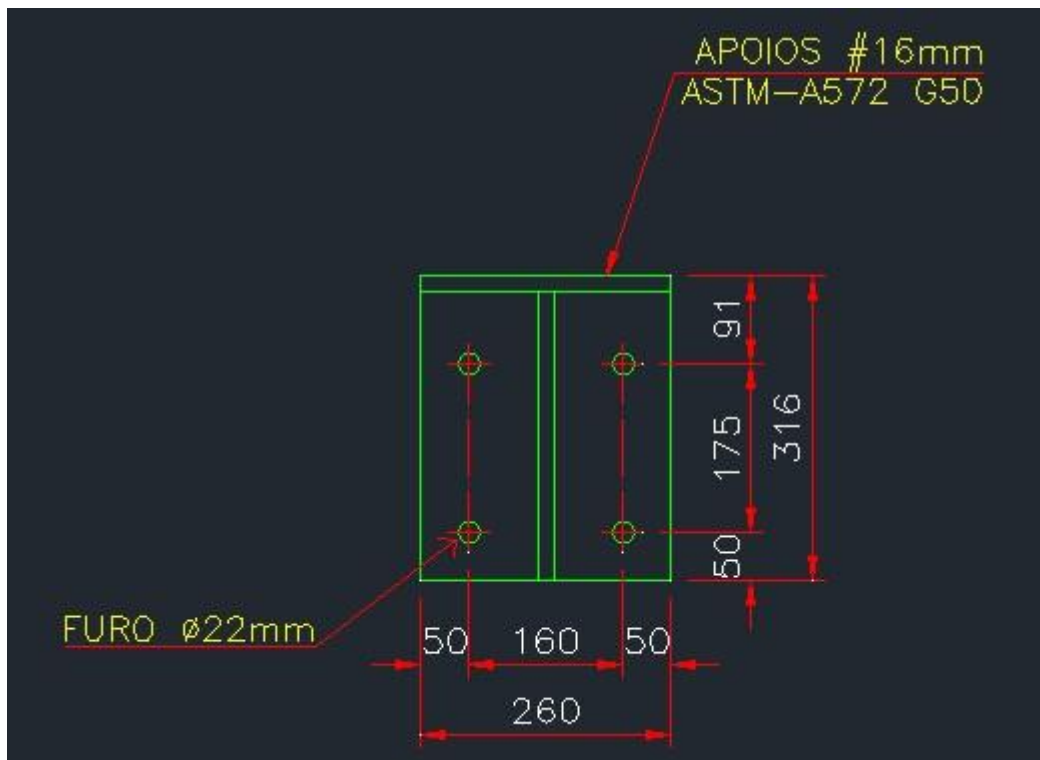
Uma das grandes preocupações do projeto, foi com a fixação da viga metálica a viga de concreto, pois é de extrema importância que a viga de aço de total suporte a viga de concreto, e para isso a união de ambas as peças deve ser mais eficiente possível. Para isso foram utilizadas barras roscadas de 22mm de diâmetro, instaladas horizontalmente a seção da viga, atravessando totalmente a mesma, sendo fixadas na região do concreto com cola estrutural epóxi, e suas extremidades presas a chapa com o sistema de porca e contra porca, onde as porcas ainda foram soldadas, garantindo a melhor fixação possível.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 12 – Projeção da barra roscada

Para ancorar a viga metálica com eficiência, foram projetados apoios com chapa de aço do tipo ASTM-572 G50 de 16mm, em “T”, que também auxiliaram na instalação das vigas metálicas.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 13 – Apoio da viga metálica em projeto

O pouco espaço no local, devido a alta quantidade de andaimes, e diferentes empresas trabalhado no local, obrigou a equipe que instalou o reforço a trabalhar com uma maior eficiência, tendo a necessidade de instalar as vigas de chapa metálica o mais próximo do acabado e com a menor quantidade de solda possível a ser aplicada no local. Além disso não havia espaço para estocar o material que seria necessário para montar as vigas com chapas de aço. Devido a esses fatores, as vigas foram montadas na fábrica da Cober-aço, localizada em Americana, SP, e foram transportadas totalmente prontas até o local de instalação. Vale ressaltar que devido a espessura da chapa o método de calandragem não pôde ser utilizado, que é um método altamente utilizado em todo o país, pois é mais rápido e eficiente, que mantém a integridade da chapa com um excelente acabamento, entretanto o método utilizado para a confecção das vigas, que foi o de cortar as chapas nas dimensões desejadas e solda-las em sequência, também é um ótimo método, já que as chapas foram cortadas com alta precisão e qualidade, tendo uma pequena desvantagem no tempo para elaboração das peças necessárias.

Outro fator de grande importância era a questão dos furos das vigas e a instalação das barras roscadas, devido ao pouco espaço e a necessidade de trabalhar com poucas soldas no local trouxe um desafio extra, como fazer a marcação dos furos e a instalação das chapas com as barras roscadas de forma eficiente?

A ideia foi simples e bem elaborada, todos os furos foram marcados nas vigas de concreto, e gabaritos de madeira foram feitos, simulado perfeitamente o encaixe da viga metálica na viga de concreto e com a marcação dos furos. Os gabaritos foram transportados

até a fábrica, auxiliando na elaboração das vigas metálicas, fazendo com que as vigas fossem fabricadas com os furos nos locais corretos com alta precisão. Depois de prontas, as vigas feitas com chapas de aço, foram transportadas até o local, chegando lá a equipe já estava pronta esperando as peças, que foram içadas e instaladas uma de cada vez até seus respectivos lugares. A estratégia e técnicas utilizadas deram certo, e todas as vigas de concreto foram reforçadas de maneira eficiente, com qualidade e segurança.



Fonte: Cober-aço

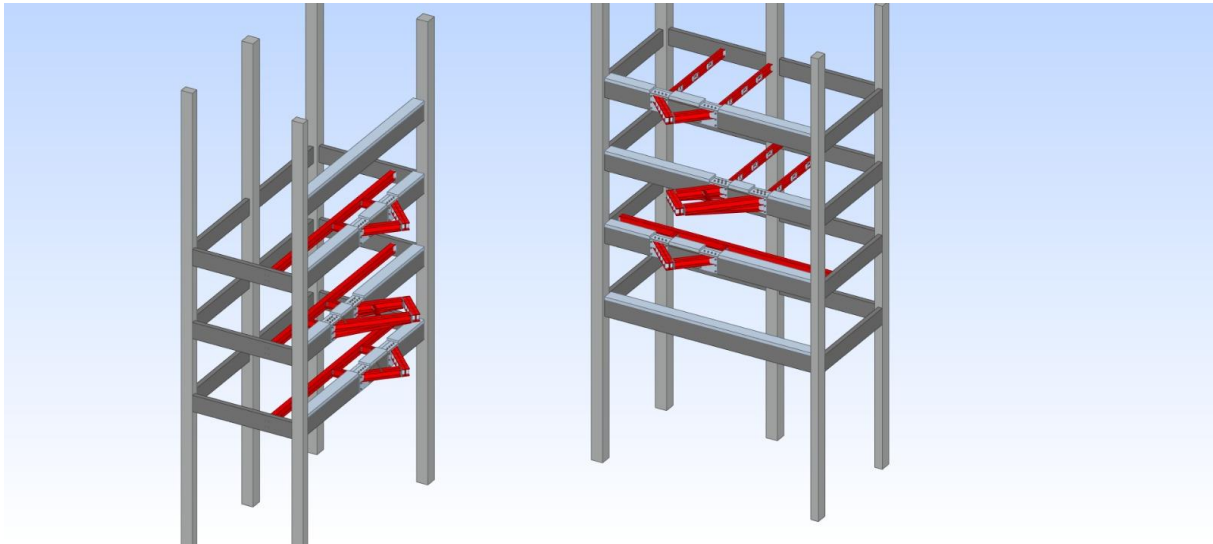
FIGURA 14 – Trabalho de reforço executado



Fonte: Cober-aço

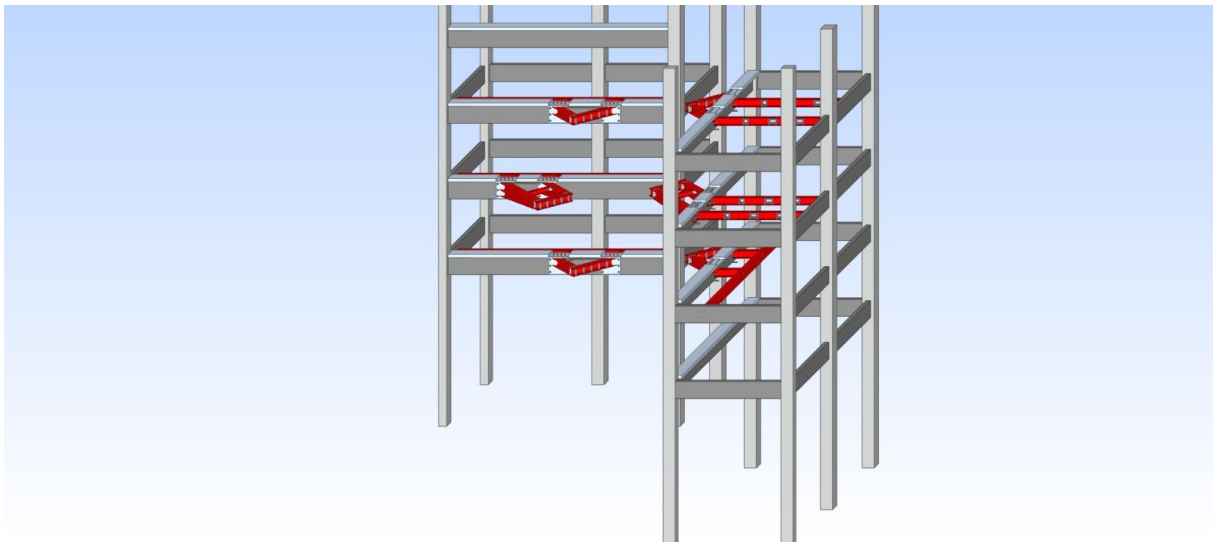
FIGURA 15 – Trabalho de reforço executado

Também foi necessário a elaboração e instalação de vigas de aço para travamento, aumento da estabilidade e melhor distribuição dos esforços gerados pelas escadas rolantes, porém essas modificações não serão abordadas a fundo no presente artigo, por não fazer parte do reforço estrutural com chapas de aço, porém merecem uma menção honrosa, por fazer parte do projeto de instalação das escadas rolantes e pela complexidade da intervenção ilustrada a seguir.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 16 – Vigas de aço instaladas para ancoragem e travamento das escadas rolantes



Fonte: Cober-aço

FIGURA 17 – Vigas de aço instaladas para ancoragem e travamento das escadas rolantes

Resultados e Discussão

Como foi visto o Shopping Mega Polo Moda passou por reformas, o que de acordo com PEREIRA, chamamos tal processo de retrofit, onde a estrutura existente pode sofrer atualizações tecnológicas para se adequarem as novas demandas sociais e culturais, o que era o principal objetivo por trás da reforma do edifício.

Uma das alterações geradas pela reforma foi a instalação das novas escadas rolantes, e para viabilizar a instalação foi necessário o reforço estrutural das vigas de concreto armado onde as escadas iriam ser ancoradas, sabemos por COLOMBARI que o reforço estrutural serve para aumentar a capacidade de carga de um elemento estrutural, e que com o reforço estrutural com chapas de aço aumentamos a resistência do elemento estrutural reforçado a momento fletores, força cortante e também elevamos a rigidez. Tudo isso foi alcançado com êxito, com um bom dimensionamento, onde a estrutura existente foi minuciosamente analisada, as verificações de segurança feitas através de testes, e os coeficientes de segurança adaptados de acordo com as necessidades, o que está de acordo com o reportado por HIGASCHI.

A espessura da chapa de aço se originou pelos cálculos, e o tipo do aço pelas necessidades, IMIANOWSKI destaca que os aços indicados para estruturas metálicas são os aços que tem alta resistência e baixa liga, sendo que esses aços apresentam uma resistência mecânica maior do que a dos aços carbono. O aço ASTM – A572 G50 que foi selecionado está dentro da classificação recomendada por IMIANOWSKI, o que comprova que o aço utilizado tem alta qualidade e segurança comprovada para o reforço com chapa metálica que foi utilizado.

A condução do projeto e execução do reforço, como mostrado no presente artigo, foi feita por uma empresa totalmente capacitada, que se preocupa integralmente em atingir os melhores resultados, independente das dificuldades encontradas, temos um exemplo no presente artigo de como a escolha de profissionais faz toda a diferença, já que infelizmente de acordo com o fato descrito por CUNHA em seu livro, a série de erros no dimensionamento e na execução de um serviço pode gerar prejuízos, danos e insegurança aos usuários da estrutura.

Por último e não menos importante, não podemos deixar de lado a excelente execução que se alinha as diretrizes apresentadas por ZUCCHI. Além disso, toda a estratégia envolta a execução do reforço obteve o sucesso desejado, sendo que o reforço selecionado se mostrou o correto, sua eficiência e eficácia comprovadas, e suas expectativas atingidas, com comprovações, que vão além da análise presente nesse artigo, sendo comprovadas também pelas imagens abaixo, onde mostra que as escadas foram instaladas, testadas, sem nenhum tipo de problema estrutural reportado.



Fonte: Cober-aço

FIGURA 18 – Escadas rolantes instaladas



Fonte: Cober-aço

FIGURA 19 – Escadas rolantes instaladas



Fonte: Cober-aço

FIGURA 20 – Escadas rolantes instaladas

Conclusões

A aplicação do reforço estrutural com chapas de aço no contexto do estudo de caso demonstrou-se uma solução técnica assertiva, viável e eficiente, atendendo as demandas específicas do projeto, suprimindo todas as necessidades e contribuindo para a preservação da integridade estrutural e acomodação das novas escadas instaladas no Shopping Mega Polo Modas. O reforço forneceu o aumento de inércia e rigidez necessária para viga de concreto existente, que nenhum outro tipo de reforço traria sem ter grandes impactos arquitetônicos, sendo assim além de eficiente, o reforço esteve alinhado com as ideias propostas pela equipe de arquitetura responsável.

A escolha desse método proporcionou vantagens, como velocidade na execução, baixo impacto na seção das vigas reforçadas, limpeza e organização na instalação, porém, é essencial considerar as desvantagens associadas a grandes vãos que geraram peças robustas, o que requer equipamentos robustos para instalação e uma mão de obra específica e refinada, podemos citar também as limitações térmicas, já que o aço não tem resistência elevada a fogo, necessitando que seja feita uma pintura de proteção, ou acabamento por cima da viga que suporte a exposição ao fogo, reduzindo a vulnerabilidade a incêndios.

O artigo foi voltado a parte prática da execução do reforço estrutural, tendo como principal limitação o acesso total aos cálculos feitos, entretanto as informações necessárias foram passadas pela empresa.

Como sugestão o conhecimento apresentado no artigo pode servir como base, para profissionais e estudantes na área de engenharia civil, oferecendo insights aplicáveis em futuros artigos de diferentes tipos de reforço estrutural.

Referências Bibliográficas

COLOMBARI, Rosiane S. **Análise de reforço estrutural em vigas de concreto armado para recuperação estrutural – estudo de caso em Caratinga- MG.** 2019. 58 f. Trabalho de conclusão de curso- engenharia civil, faculdades Doctum de Caratinga, Caratinga, 2019. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/handle/123456789/3282>. Acesso em: 04 set. 2023.

PARENTE NETO, Tarcísio. G. *et al.* Análise teórica comparativa entre os tipos de reforço estrutural aplicados em vigas de concreto armado. 2021. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 13, p. e20101320182, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i13.20182. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/20182>. Acesso em: 03 set. 2023.

BEBER, A.J, **Avaliação de desempenho de vigas de concreto armado reforçadas com lâminas de fibra de carbono.** Dissertação (Mestrado em engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre CPGEC/UFRGS, 108pg. Rio Grande do Sul, 1999.

CANOVAS, M.F, **Patologia e terapia das edificações.** São Paulo: Editora PINI, 1988.

IMIANOWSKY, Guilherme W., WALENDOWSKY, Marcus A. **Os principais aços carbonos utilizados na construção civil.** 2017. 21 f. Engenharia civil, Centro universitário de Brusque, Brusque, 2017. Disponível em: <https://www.creasc.org.br/portal/arquivosSGC/a%C3%A7os%20carbono%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>. Acesso em: 26 set. 2023.

SILVA, Brígida B. L. **Recuperação e reforços de estruturas em concreto: estudo de caso do reforço estrutural realizado no hotel café Royal em Varginha/MG.** 2017. 127 f. Trabalho de conclusão de curso- Engenharia civil, Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2017. Disponível em: <http://www.repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/144>. Acesso em: 28 set. 2023.

CUNHA, Albino J. P.; LIMA, Nelson A.; MOREIRA, Vicente C. M. S. **Acidentes estruturais na construção civil**, volume I, 1996.

PEREIRA, Valdir M.; FERNANDES, Ana C.; YOSHIKAWA, Nestor Kenji. **Modificações de uso (retrofit) de edificações: impacto estrutural.** 2022. Vol 24. Interação - Revista De Ensino, Pesquisa E Extensão. Minas Gerais. 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33836/Interacao.v24i2.718>. Acesso em: 01 out. 2023.

HIGASCHI, Marcos M. Y. **Reforço em estrutura de betão armado com chapas de aço.** 2016. 102 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Portugal, 2016. Disponível em: <https://www.proquest.com/openview/81956d060ec767ecae4f3e36d63030de/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2026366&diss=y>. Acesso em: 06 set. 2023.



ZUCCHI, Fernando L. **Técnicas para o reforço de elementos estruturais**. 2015. 50 f.
Trabalho de conclusão de curso- Engenharia civil, Universidade Federal de Santa Maria,
Santa Maria, 2015. Disponível em:

https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/60393917/TCC_FERNANDO_LUIZ_ZUCCHI20190825-12424-1xsuxhm-libre.pdf?1566785176=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DUNIVERSIDADE_FEDERAL_DE_SANTA_MARIA_CENT.pdf&Expires=1697206156&Signature=GLrQyMDowro2K6p1L1TYa4WNfaSm~tC4UINZoKPxc2fVDSSitEejnv7aJNjLM9wRS4qYUhsn0oNIQGCigCb38MONfBs6fYhevwi~rkF6dHU2jS~BPDsmn1JsCm6o2ovQ7jcbnHmGYYf4QUa3fu38wXDKOC-5zaLIsAuVJeQ-g8bX3Gq3nmBjtUw65HUB~8fhGXRbXEwDIxGP4uSV9ZTeq7NmZyJ9ODEzuvR04fGUMyrc40huZ6bqDVfP-6gY3cM9UoATitM27mzRd8ahTNAOj6eqHWJorsnWakGzRDeYdf36iaTHWJUCwO9FYL CUB~4l1SnEr2TsnkSljGhQjZwruw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
Acesso em: 21 ago. 2023.