

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CAMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA
BACHARELADO EM ENGENHARIA CIVIL

MARCELO MOREIRA VALADARES
DOUGLAS AUGUSTO TEIXEIRA SENA

ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE
CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

APARECIDA DE GOIÂNIA

2021

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA PRÓ-REITORIA
DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

**TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO
NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG**

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☐ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☒ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Marcelo Moreira Valadares

Matrícula: 20141090040263

Título do Trabalho: ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Autorização - Marque uma das opções

1. ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
2. ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
3. ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2 ou 3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- i. o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- ii. obteve autorização de quaisquer materiais inclusos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- iii. cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Aparecida de Goiânia, 17 de março de 2021

LOCAL

DATA

Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
SISTEMA INTEGRADO DE BIBLIOTECAS

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAÇÃO NO REPOSITÓRIO DIGITAL DO IFG - ReDi IFG

Com base no disposto na Lei Federal nº 9.610/98, AUTORIZO o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, a disponibilizar gratuitamente o documento no Repositório Digital (ReDi IFG), sem ressarcimento de direitos autorais, conforme permissão assinada abaixo, em formato digital para fins de leitura, download e impressão, a título de divulgação da produção técnico-científica no IFG.

Identificação da Produção Técnico-Científica

- | | |
|--|---|
| ☐ Tese | ☒ Artigo Científico |
| ☐ Dissertação | ☐ Capítulo de Livro |
| ☐ Monografia – Especialização | ☐ Livro |
| ☐ TCC - Graduação | ☐ Trabalho Apresentado em Evento |
| ☐ Produto Técnico e Educacional - Tipo: _____ | |

Nome Completo do Autor: Douglas Augusto Teixeira Senna

Matrícula: 20161090040322

Título do Trabalho: Análise de caso: Abertura executada sem planejamento em viga de concreto armado de uma Residência Unifamiliar

Autorização - Marque uma das opções

- ☒ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso aberto);
- ☐ Autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG somente após a data ____/____/____ (Embargo);
- ☐ Não autorizo disponibilizar meu trabalho no Repositório Digital do IFG (acesso restrito).

Ao indicar a opção **2** ou **3**, marque a justificativa:

- ☐ O documento está sujeito a registro de patente.
☐ O documento pode vir a ser publicado como livro, capítulo de livro ou artigo.
☐ Outra justificativa: _____

DECLARAÇÃO DE DISTRIBUIÇÃO NÃO-EXCLUSIVA

O/A referido/a autor/a declara que:

- o documento é seu trabalho original, detém os direitos autorais da produção técnico-científica e não infringe os direitos de qualquer outra pessoa ou entidade;
- obteve autorização de quaisquer materiais incluídos no documento do qual não detém os direitos de autor/a, para conceder ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás os direitos requeridos e que este material cujos direitos autorais são de terceiros, estão claramente identificados e reconhecidos no texto ou conteúdo do documento entregue;
- cumpriu quaisquer obrigações exigidas por contrato ou acordo, caso o documento entregue seja baseado em trabalho financiado ou apoiado por outra instituição que não o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás.

Ap. de Goiânia, 23/03/21
Local Data

Douglas Augusto Teixeira Senna
Assinatura do Autor e/ou Detentor dos Direitos Autorais

MARCELO MOREIRA VALADARES
DOUGLAS AUGUSTO TEIXEIRA SENA

ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE
CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de Conclusão de Curso, no formato de artigo científico, apresentado ao curso de Bacharelado em Engenharia Civil, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - Campus Aparecida de Goiânia/IFG, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Álvaro Pereira do Prado Neto

APARECIDA DE GOIÂNIA

2021



INSTITUTO FEDERAL
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE GOIÁS
CÂMPUS APARECIDA DE GOIÂNIA

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCELO MOREIRA VALADARES

DOUGLAS AUGUSTO TEIXEIRA SENA

ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás – Câmpus Aparecida de Goiânia como requisito parcial para a obtenção do título de ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR e desenvolvido na linha de pesquisa sob orientação do Esp. Álvaro Pereira do Prado Neto.

Aprovado em 26 de 02 de 2021.

BANCA EXAMINADORA:

(assinado eletronicamente)

Esp. Álvaro Pereira do Prado Neto

(assinado eletronicamente)

Me. Rosinete Fernandes Bandeira

(assinado eletronicamente)

Dr. Antônio Henrique Capuzzo Martins

Documento assinado eletronicamente por:

- **Álvaro Pereira do Prado Neto, PROF ENS BAS TEC TECNOLÓGICO-SUBSTITUTO**, em 19/03/2021 17:36:17.
- **Antônio Henrique Capuzzo Martins, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em 12/03/2021 13:30:54.
- **Rosinete Fernandes Bandeira, PROFESSOR ENS BASICO TECN TECNOLÓGICO**, em 12/03/2021 11:33:52.

Este documento foi emitido pelo SUAP em 09/03/2021. Para comprovar sua autenticidade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/autenticar-documento/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 138769

Código de Autenticação: c015e613a3



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás

Avenida Universitária Vereador Vagner da Silva Ferreira, Qd. 1, Lt. 1-A, Parque Itatiaia, APARECIDA DE GOIÂNIA / GO, CEP 74968-755
(62) 3507-5958 (ramal: 5985)

ANÁLISE DE CASO: ABERTURA EXECUTADA SEM PLANEJAMENTO EM VIGA DE CONCRETO ARMADO DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR

MARCELO MOREIRA VALADARES – Instituto Federal de Goiás - IFG

marcelo.valadares762@gmail.com

DOUGLAS AUGUSTO TEIXEIRA SENA – Instituto Federal de Goiás – IFG

douglas_senna2@hotmail.com

RESUMO

Executar furos e aberturas em vigas de concreto armado é algo relativamente comum em obras, principalmente quando não é feita a devida compatibilização dos projetos. Porém, tal atividade pode representar um perigo para a estrutura, visto que a execução de forma incorreta ou em locais impróprios podem reduzir a resistência do elemento, provocando diversas patologias e podendo levar até mesmo a ruína da estrutura. Sendo assim, vamos analisar um furo que foi executado em uma viga de concreto armado sem nenhum planejamento anterior, e vamos fazer uma comparação com o dimensionamento de um software de cálculo estrutural afim de demonstrar o modo correto de se realizar tal interferência e levantar possíveis patologias que poderão ocorrer, bem como destacar a importância da compatibilização mesmo em obras de pequeno porte.

Palavras-chave: Furos. Aberturas. Estrutura. Compatibilização

ABSTRACT

Drilling holes in reinforced concrete beams is relatively common in construction sites, especially when projects are not properly matched. However, such activity can represent a danger for the structure, since the execution in an incorrect way or in inappropriate places can reduce the resistance of the element, causing several pathologies and can even lead to the ruin of the structure. Therefore, we will analyze a hole that was drilled in a reinforced concrete beam without any previous planning, and we will make a comparison with the design of structural calculation software in order to demonstrate the correct way to perform such interference and to raise possible pathologies. that may occur, as well as to highlight the importance of compatibilization even in small works.

Key-words: beams, Construction, holes, resistance.

1 - INTRODUÇÃO

A implementação da metodologia BIM vem ganhando espaço na construção civil brasileira e atua diretamente para harmonizar o trabalho de diferentes profissionais e solucionar de maneira dinâmica problemas de interferências entre projetos para que estes não cheguem ao canteiro de obras, visto que erros em projetos podem onerar o processo e levar ao surgimento de diversas patologias (RUSCHEL et al, 2013); (PICCHI,1993;CALLEGARI,2007).

Um dos problemas mais comuns que acontecem quando não é feita a devida compatibilização é o conflito entre vigas e tubulações, o que muitas das vezes é resolvido executando furos nas vigas sem o devido cuidado e planejamento. Tal atividade pode enfraquecer a estrutura de modo a desconhecer o grau de segurança (ARANTES,2001).

A Norma NBR 6118/2014 aborda a questão identificando que furos e aberturas podem existir tanto atravessando o elemento estrutural na direção da sua altura quanto na direção da sua largura, e em ambos os casos, relata condições mínimas que se satisfeitas dispensam a verificação de reforço. Porém, caso não seja possível atender, deverá ser analisada a região adotando as medidas necessárias para garantir a segurança e estabilidade do conjunto.

Simões 1997 defende que essas aberturas sejam previstas em projeto e cuidadosamente executadas, pois a mudança no comportamento estrutural devido a presença de aberturas pode reduzir a resistência da viga em comparação a uma viga maciça, caso não sejam tomados os cuidados necessários, pois em regiões de concentração de esforços de cisalhamento, como nas regiões próximas aos apoios a presença de aberturas causa interrupção da continuidade, perturbando localmente o fluxo dos esforços e modificando o mecanismo resistente ao cisalhamento (Arantes, 2001). Portanto, tendo em vista a importância do tema e os problemas que tal intervenção sem planejamento pode ocasionar, o objetivo é comprovar por meio de cálculos com base nas normas vigentes que a execução de furos e aberturas sem planejamento pode vir a descumprir critérios estabelecidos pelas normas e abrir espaço para manifestações patológicas que podem diminuir a vida útil e provocar manutenções mais frequentes e onerosas.

Para contextualizar esse tema, vamos analisar um caso real de uma obra em que não foi feita a devida compatibilização de projetos, onde acabou sendo necessário executar um furo de passagem em uma viga sem o devido planejamento e fazer uma análise com software de cálculo estrutural com objetivo de analisar os resultados e verificar se estão dentro das normas vigentes e apontando possíveis patologias caso a execução não tenha atendido aos requisitos de segurança.

2 – METODOLOGIA

Para a realização do artigo serão realizadas visitas técnicas na obra para fotografar tanto o projeto quanto a estrutura, além de conversas com o mestre de obras para entender o que levou a necessidade de tal intervenção. Também utilizaremos software de cálculo estrutural para simular o comportamento da estrutura e entender como o furo executado irá influenciar no comportamento da edificação.

2.1 – A estrutura executada

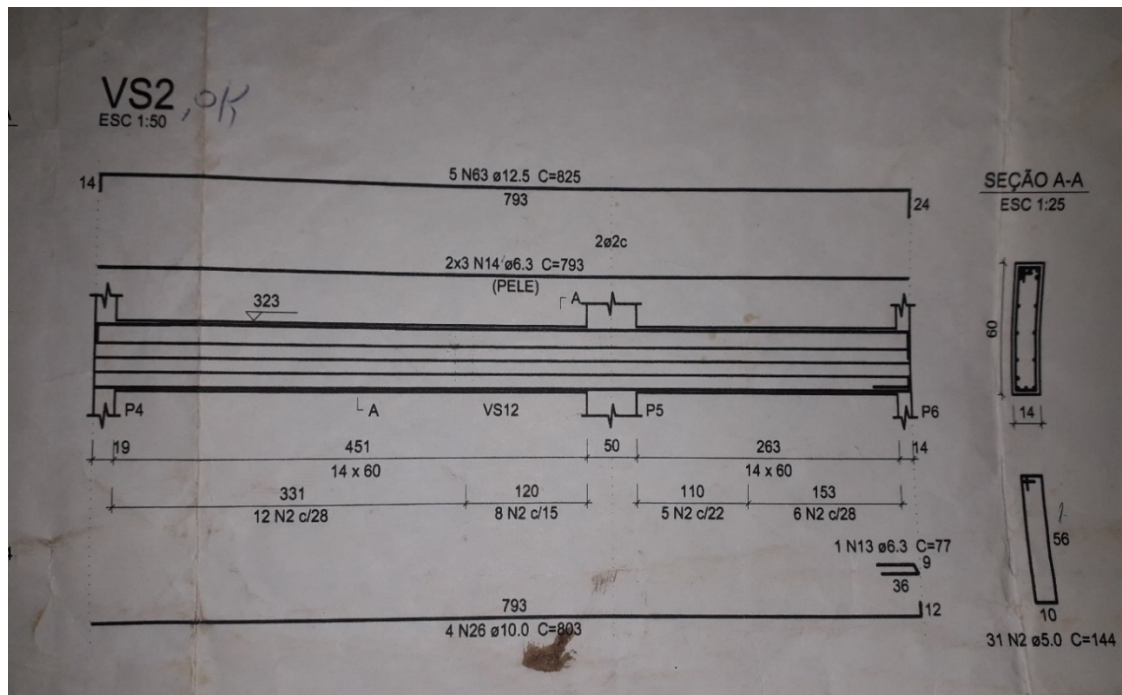
A estrutura *in loco* se trata de uma obra residencial unifamiliar de dois pavimentos executada em um condomínio fechado na cidade de Aparecida de Goiânia, GO. Em virtude da não compatibilização entre os projetos estruturais e hidrossanitários, foi necessário a execução de um furo em uma viga para permitir a passagem de uma tubulação de esgoto de tal forma que não prejudicasse o pé direito do pavimento térreo. Sendo assim, por ordem do responsável pela execução no momento, foi posicionado um pedaço de cano 100mm esgoto na armação da viga e fixado com arame recozido. Logo após, a armadura foi posicionada na forma e o cano foi cortado de maneira a se encaixar perfeitamente dentro da forma, com o cuidado de não ter sido retirado ou deslocado nenhuma barra de aço. E logo depois a estrutura foi concretada utilizando concreto usinado Fck 25 Mpa

Figura 01 – Foto da estrutura já executada



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

Figura 02 – Detalhamento da armação da viga executada



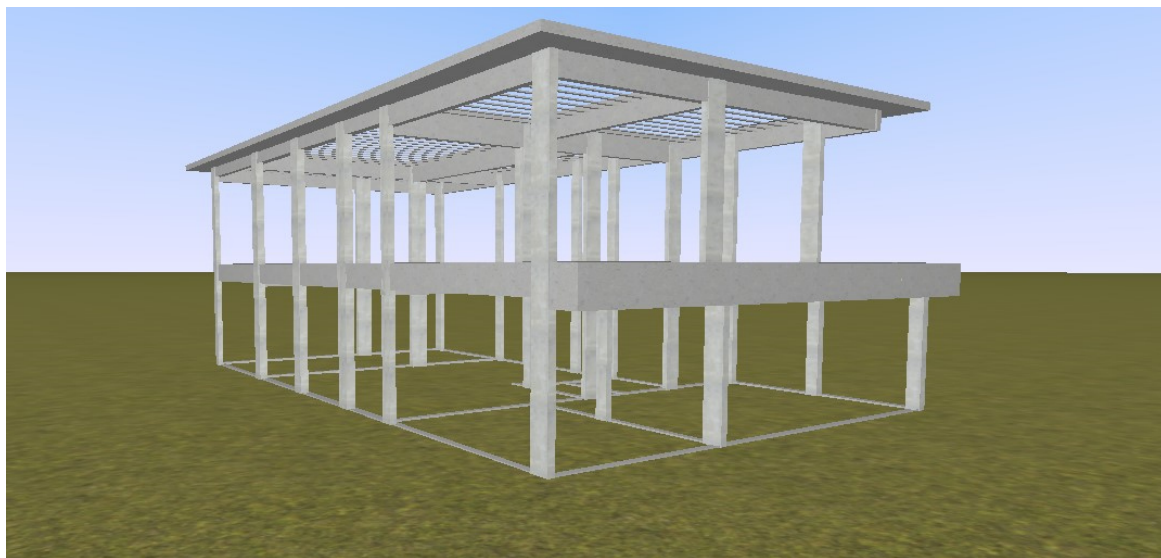
Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

2.2 – O Software utilizado:

Será utilizado um software de cálculo de estruturas de concreto armado para obter os esforços na estrutura. A partir do projeto obtido na obra, será feito o lançamento da estrutura respeitando todos os valores de sobrecargas e carregamentos visando representar da maneira mais próxima possível o cálculo feito pelo projetista. O software é compatível com as principais normas brasileiras atuais, como a NBR 6118, 6122, 6120, dentre outras.

O programa foi utilizado para recalcular toda a obra utilizando os valores de projetos para representar da melhor maneira possível a realidade, e na viga em questão foi utilizado uma ferramenta do software que permite a adição de furos e aberturas nas vigas. O próprio software faz um pré-dimensionamento do reforço, mas é necessário a intervenção do engenheiro para otimizar e garantir que tal condição não cause problemas estruturais na viga.

Figura 03 – Visão geral da estrutura no software



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

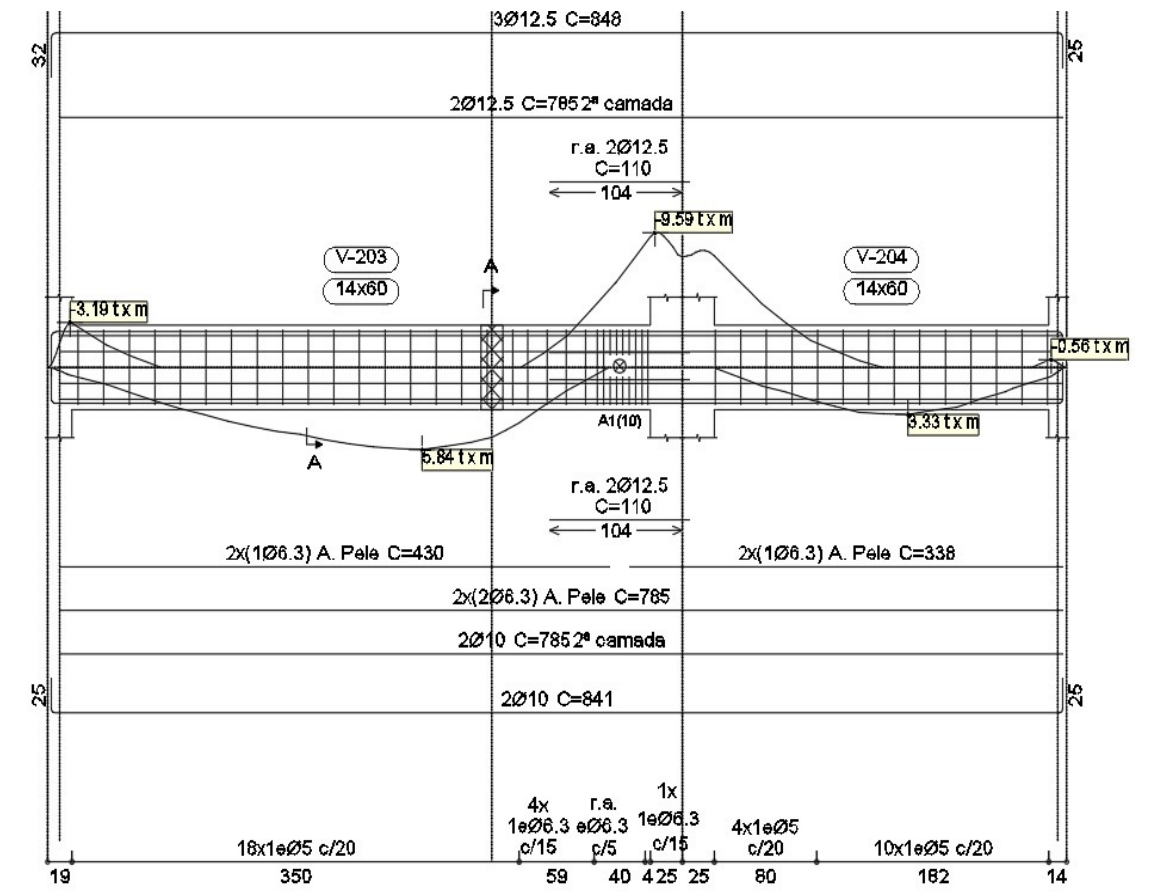
3 - RESULTADO DO SOFTWARE

Após a primeira análise do software pela estrutura o software faz um pré-dimensionamento das armaduras e posteriormente é gerado um relatório da viga que é objeto de estudo, onde é detalhado os resumos das verificações feitas, subdivididas em: Verificações de resistência, verificações de fissuração, verificações de flecha e verificações da região de abertura.

Nas verificações o software sempre trabalha referenciado pela norma NBR 6118/2014 demonstrando credibilidade dos resultados tendo em vista que estão de acordo com os valores e limites estabelecidos em norma.

Com o objetivo de representar da melhor maneira o que foi executado as armaduras foram editadas de modo a ficar o mais próximo possível do projeto, como podemos ver pelas imagens a seguir e pelo resumo do memorial de cálculo na figura 05.

Figura 04 – Viga calculada pelo software



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

Figura 05 – Resumo do memorial de cálculo

Vão	VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA (ABNT NBR 6118:2014)															Estado	
	Disp.	Arm.	Q	N,M	T _c	T _u	T _u	TNM _x	TV _x	TV _y	TV _s	TV _s	T _{Disp.}	T _{Geom.}	T _{Arm.}		Vib.
V-203: P19 - P14	Erro ⁽¹⁾	Passa	'4.246 m' η = 68.8	'2.359 m' η = 81.5	'3.119 m' η = 7.9	'3.119 m' η = 44.9	'3.119 m' η = 6.1	'3.119 m' Passa	N.P. ⁽²⁾	'3.286 m' η = 18.8	N.P. ⁽²⁾	'3.119 m' Passa	'3.119 m' Passa	'3.119 m' Passa	'3.119 m' Passa	Erro ⁽²⁾	ERRO
Notação: Disp.: Disposições relativas às armaduras Arm.: Armadura mínima e máxima Q: Estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante (combinações não sísmicas) N,M: Estado limite de ruptura frente a solicitações normais (combinações não sísmicas) T_c: Estado limite de ruptura por torção. Compressão oblíqua. T_u: Estado limite de ruptura por torção. Tração na alma. T_u: Estado limite de ruptura por torção. Tração nas armaduras longitudinais. TNM_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforços normais. Flexão em torno do eixo X. TV_x: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Compressão oblíqua TV_y: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Compressão oblíqua TV_s: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo X. Tração na alma. TV_s: Estado limite de ruptura por torção. Interação entre torção e esforço cortante no eixo Y. Tração na alma. T_{Disp.}: Estado limite de ruptura por torção. Espaçamento entre as barras da armadura longitudinal. T_{Geom.}: Estado limite de ruptura por torção. Diâmetro mínimo da armadura transversal. T_{Arm.}: Estado limite de ruptura por torção. Quantidade mínima de estribos fechados. Vib.: Espaçamento necessário para introduzir o vibrador x: Distância à origem da barra η: Coeficiente de aproveitamento (%) N.P.: Não procede Verificações desnecessárias para o tipo de perfil (N.P.): ⁽¹⁾ A verificação do estado limite de ruptura por torção não é necessária, já que não há momento de torção. Erros: ⁽¹⁾ Não passa: 'Disposições relativas às armaduras' (Armadura longitudinal) ⁽²⁾ O espaçamento livre máximo disponível entre barras longitudinais (9.70 mm) é inferior à necessária para a introdução do vibrador (20.00 mm).																	

Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

4 - ANÁLISE DOS RESULTADOS

No primeiro momento, em análise dos dados gerais de verificação (ver anexo 01), percebemos que a disposição das armaduras superiores e inferiores longitudinais não atendem os artigos 13.2.2 e 18.3.2.2. (ver figura 06). Ou seja, o espaço livre existente entre as barras é inferior ao que a norma estabelece, e executar a estrutura assim pode levar a patologias na concretagem, visto que o espaço não é suficiente para introdução do vibrador de concreto. Como alternativa, o projetista poderia ter aumentado o diâmetro das barras afim de reduzir a quantidade, ou redimensionar a largura da peça.

Redimensionar o diâmetro das barras é aceito como a melhor alternativa, visto a disponibilidade de oferta do aço em diferentes bitolas, enquanto alterar a largura da peça poderia implicar na impossibilidade de embutimento na alvenaria, como consequência, resultaria em ressalto sobressalentes na parede que influenciaria no acabamento e na proposta arquitetônica da construção.

O congestionamento das armaduras, além de prejudicar a concretagem também prejudica o rendimento da mão de obra, visto que se torna mais difícil para os profissionais posicionarem de maneira correta a viga e o encaixe com os outros elementos, como as lajes e pilares.

Figura 06 – Verificação das armaduras

3.- VERIFICAÇÕES DE RESISTÊNCIA

V-203: P19 - P14 (P19 - 1.029 m, Negativos)

Disposições relativas às armaduras (ABNT NBR 6118:2014, Artigos 13.2.2 e 18.3.2.2)



Dimensões mínimas

A seção transversal das vigas não deve apresentar largura menor que 100.00 mm (Artigo 13.2.2):

$$b \geq 100 \text{ mm}$$

$$140.00 \text{ mm} \geq 100.00 \text{ mm} \quad \checkmark$$

Onde:

b: Largura do elemento

$$b : \underline{140.00} \text{ mm}$$

Armadura longitudinal

O espaçamento mínimo livre entre as faces das barras longitudinais s_b , medido no plano da seção transversal, na direção horizontal, deve ser igual ou superior a s_{min} (Artigo 18.3.2.2):

$$s_b \geq s_{min}$$

$$16 \text{ mm} \geq 23 \text{ mm} \quad \times$$

Onde:

s_{min} : Valor máximo de s_1, s_2, s_3 .

$$s_{min} : \underline{23} \text{ mm}$$

$$s_1 = 20 \text{ mm}$$

$$s_1 : \underline{20} \text{ mm}$$

$$s_2 = \varnothing_{max}$$

$$s_2 : \underline{12.5} \text{ mm}$$

$$s_3 = 1.2 \cdot d_g$$

$$s_3 : \underline{23} \text{ mm}$$

Sendo:

$\varnothing_{max}$: Diâmetro máximo das barras longitudinais.

$$\varnothing_{max} : \underline{12.5} \text{ mm}$$

d_g : Tamanho máximo agregado.

$$d_g : \underline{19} \text{ mm}$$

Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

A próxima mensagem de erro diz respeito ao artigo 13.2.5.1, na região onde será executada a abertura. Fazendo uma análise do resultado (Figura 07), percebemos que não se trata de um erro, mas sim de um aviso de que a abertura em questão extrapola um dos limites para a dispensa de verificação, ou seja, tal abertura só poderia ter sido executada naquela posição e com aquele diâmetro após uma

análise por parte do projetista. Conforme foi verificado em conversa com o mestre de obras, tal verificação não foi feita visto que os furos foram posicionados de maneira arbitrária.

Figura 07 – Verificação da região da abertura

Furos que atravessam vigas na direção de sua largura (13.2.5.1)

Em qualquer caso, a distância mínima de um furo a face mais próxima da viga deve ser no mínimo igual a 5 cm e duas vezes o cobrimento previsto para essa face. A seção remanescente nessa região, tendo sido descontada a área ocupada pelo furo, deve ser capaz de resistir aos estorcos previstos no cálculo, além de permitir uma boa concretagem.

Devem ser respeitadas, simultaneamente, para dispensa da verificação, as seguintes condições:

- a) furos em zona de tração e a uma distância da face do apoio de no mínimo $2h$, onde h é a altura da viga;
- b) dimensão do furo de no máximo 12 cm e $h/3$;
- c) distância entre faces de furos, num mesmo tramo, de no mínimo $2h$;
- d) cobrimentos suficientes e não seccionamento das armaduras (ver seção 7).

$$\begin{array}{llll}
 \text{a)} & 190 \text{ mm} \geq & 2 \cdot h & = 1200 \text{ mm} \quad \times \\
 \text{b)} & 100 \text{ mm} \leq & \min(120\text{mm}, 200\text{mm}) & = 120 \text{ mm} \quad \checkmark \\
 \text{c)} & - \text{ mm} \geq & 2 \cdot h & = - \text{ mm} \quad \checkmark \\
 & & \text{cobrimento:} & 30 \text{ mm} \quad \checkmark \\
 & & \mathbf{h :} & \underline{600} \text{ mm}
 \end{array}$$

Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

Ao analisar a região da abertura, percebemos que o dimensionamento do software prevê uma quantidade adicional de armadura transversal tendo em vista que a abertura se encontra em uma região com elevada concentração de esforço cortante devido a proximidade com o apoio. Na tabela a seguir temos um comparativo entre o que foi executado sem o devido cuidado e o que foi calculado prevendo a abertura.

Tabela 01 – Comparativo entre as taxas de armadura transversal

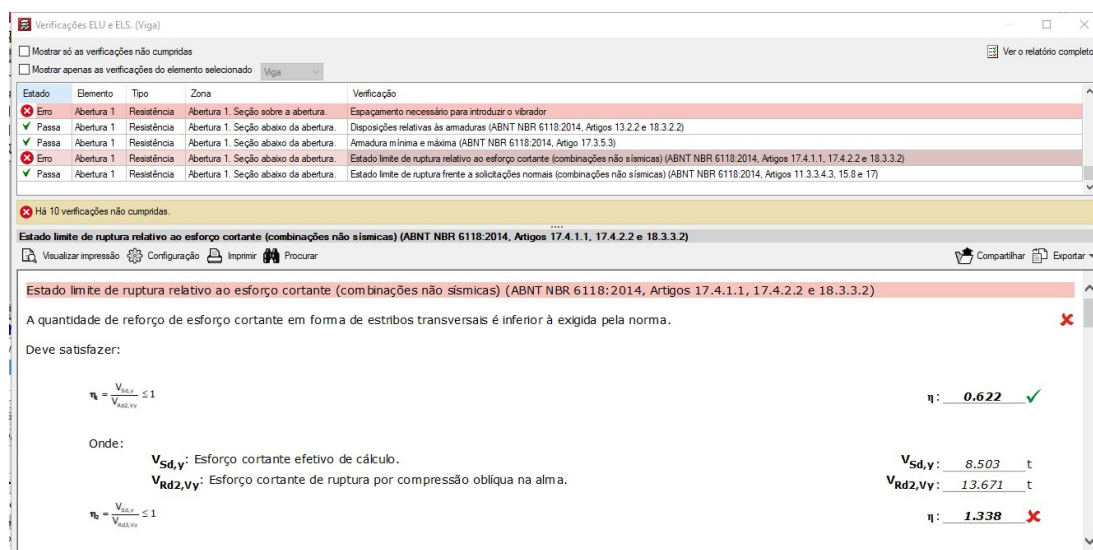
Comparativo Taxa de armadura transversal executada vs calculada					
Executada in loco			Calculada pelo software		
Diâmetro	5	mm	Diâmetro	6,3	mm
Espaçamento	15	cm	Espaçamento	5	cm
As	0,3927	cm ²	As	0,62345	cm ²
Tx armadura	2,74889	cm ² /m	Tx armadura	12,469	cm ² /m

Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

Analisando a tabela, percebemos que a viga executada tem quase 5 vezes menos aço do que a situação em que o furo foi previsto, ou seja, conforme foi comprovado pelas verificações de cálculo e pelas recomendações da NBR 6118, o furo não deveria ser executado nesta região sem verificação adicional, pois a área de aço da seção transversal se provou insuficiente para atender a concentração dos esforços na região.

A tentativa de simular o que foi executado no software não foi possível pois o software por padrão não aceita que o espaçamento dos estribos na região da abertura seja maior que a própria abertura, porém, foi possível elevar o espaçamento para 10cm e reduzir o diâmetro da armadura transversal para 5 mm, condição que se aproxima do que foi executado, e como resultado, o software apresentou erro no estado limite de ruptura relativo ao esforço cortante, conforme a imagem a seguir demonstra.

Figura 08 – Erro relativo ao ELS



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2020

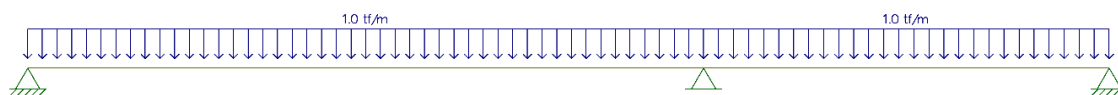
5 - POSSÍVEIS PATOLOGIAS

Ao interpretar os dados do software em comparação com o projeto executado, fica evidente que a região do furo executado tem uma taxa de armadura transversal inferior ao necessário para resistir aos esforços de cisalhamento e cortante, representando um ponto de fragilidade que pode resultar em patologias. No dimensionamento de uma estrutura, todos os componentes são calculados para que a peça resista ao seu peso próprio, aos esforços atuantes, sejam eles dinâmicos ou estáticos, e ao uso pelos seus usuários. Através disto é definido a carga total sobre a estrutura. Os elementos estruturais como vigas, lajes e pilares, são dimensionados para resistir com eficácia, segurança e conforto aos usuários sem que haja rupturas de nenhuma parte durante sua vida útil.

Alterações estruturais não previstas em projeto, como a estudada neste estudo de caso, geram consequências que podem aparecer de curto a longo prazo, diminuindo a vida útil da estrutura, ou podendo gerar o colapso parcial ou total da estrutura. No dimensionamento de uma viga de concreto armado, é determinado as armaduras longitudinais para combater os momentos fletores máximos, seguidamente calculado a armadura transversal (representada usualmente pelos estribos) para resistência às forças cortantes.

Foi inserido o arranjo estrutural da figura 02 no programa computacional Ftool para análise da estrutura em modo bidimensional. Aplicando-se uma carga distribuída de 1,0 tf/m podemos ter noção dos esforços solicitantes na estrutura.

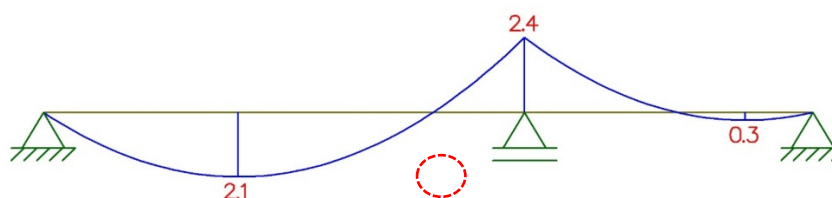
Figura 09 – Arranjo estrutura com carga distribuída



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2021

Para que aprofundemos no entendimento das patologias que possam surgir, precisamos entender o sistema estrutural proposto pelo projeto. No local onde foi inserido um furo circular temos uma viga contínua com apoio de segundo gênero nas extremidades e apoio de primeiro gênero no meio. Os esforços axiais não são significantes para o problema abordado. Já o esforço de cisalhamento influencia principalmente no ponto de máximo e a quantidade de armadura utilizada para combater tal esforço.

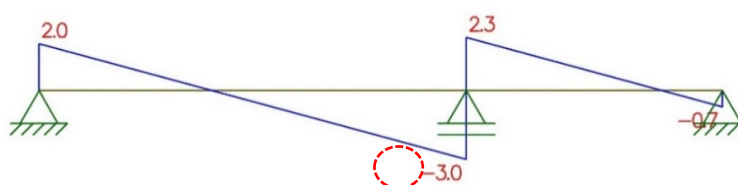
Figura 10 – Diagrama de momento fletor



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2021

Na figura 04 podemos notar que o ponto do furo na viga está bem próximo ao apoio intermediário, como vemos pelo círculo tracejado na figura 10 pelo círculo vermelho. Em relação aos esforços de momento fletor, o furo não interferiu aparentemente na posição da armadura superior de combate ao momento positivo que se encontra em transição, reduzindo assim os efeitos negativos de perda de resistência.

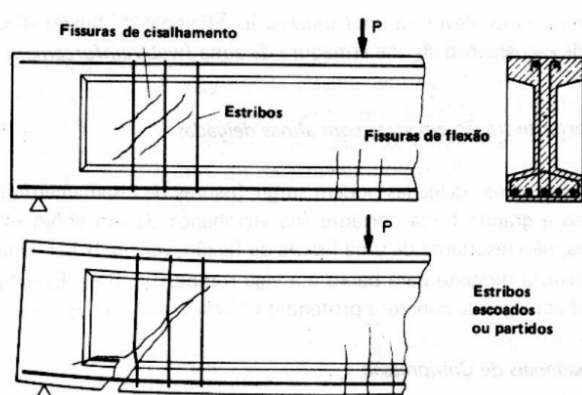
Figura 11 – Diagrama de força cortante



Fonte: VALADARES, Marcelo Moreira; SENA, Douglas Augusto. 2021

O esforço cortante tende a “cisalhar” a peça, quando se é colocado um esforço e a tendência é partir sem rotação e/ou curvatura (momento fletor). Na figura 11 podemos notar a concentração dos esforços máximos cortantes que estão próximos ao ponto de apoio. O furo realizado na viga do estudo de caso se encontra neste ponto de máximo cortante, sendo um grande fator de enfraquecimento da região. Entre uma das funcionalidades do estribo, o combate ao esforço cortante é um dos principais, como mencionado anteriormente, o novo dimensionamento da viga, sugere um espaçamento menor dos estribos na região do furo que se encontra próximo ao apoio, como mencionado na tabela 1, requisitando um espaçamento de 5 cm, mas o furo de 10cm impede tal espaçamento, sem levar em consideração ainda a taxa de cobertura caso colocado na extremidade do furo.

Figura 12 – Ruína da viga por rompimento dos estribos



Fonte: BASTOS, 2017.

BASTOS (2017), em seu estudo reforça que o rompimento dos estribos podem ocorrer antes da ruptura da parte comprimida (face superior da viga), regiões onde não há a presença de estribos podem ocorrer rupturas bruscas, sem fissuração prévia.

CAMPOS & VARGAS (2013) realizaram teste com vigas de concreto armado próximo ao ponto de apoio das mesmas, na qual algumas se encontravam sem reforço do furo e outras com reforço. Na figura 13 observados o estado de fissuração que se concentrou próximo ao furo, tendo fissuras com ângulo de 30° e 45° em relação à base da viga.

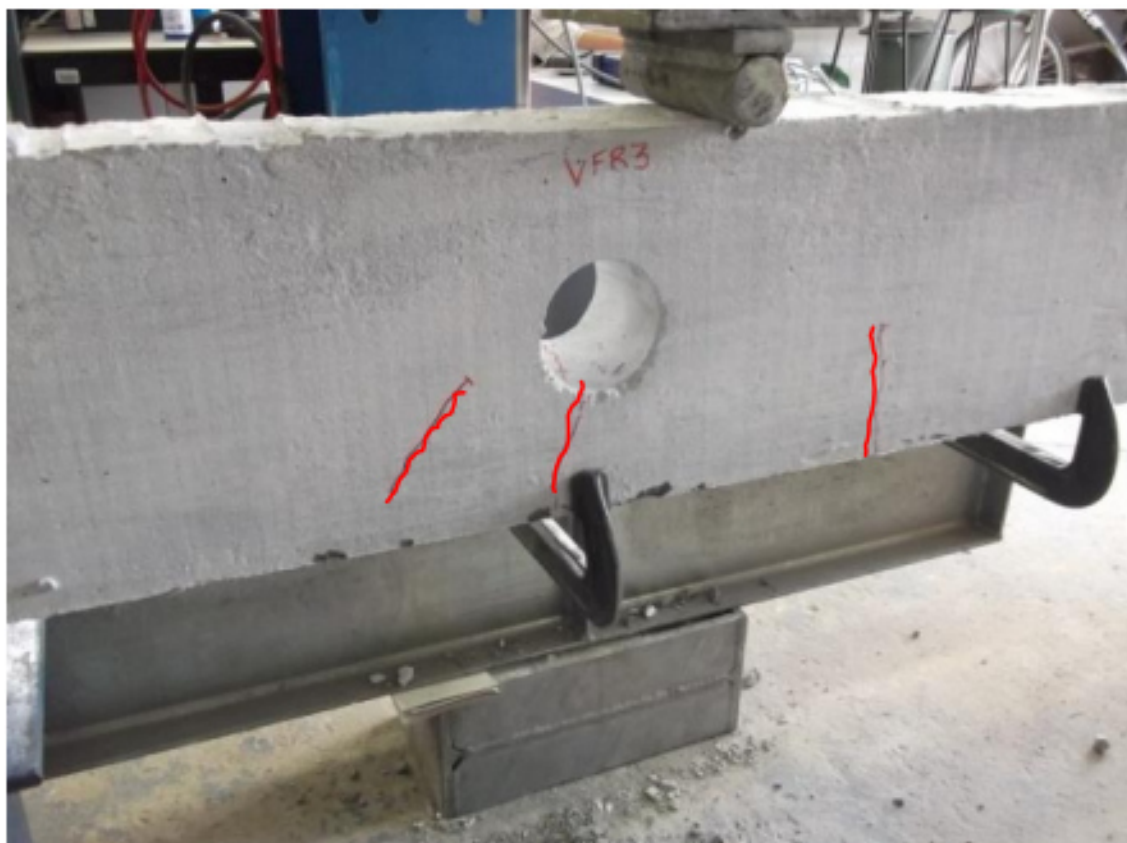
Figura 13 – Forma de ruptura de vigas de concreto armado sem reforço em abertura



Fonte: CAMPOS & VARGAS, 2013.

Com adoção de reforço no furo embutido na viga de concreto armado, Campos & Vargas (2013) observaram que foi possível reduzir em cerca de 30% o grau de fissuração da peça em testes realizados, conforme vemos na figura 14.

Figura 14 – Forma de ruptura de vigas de concreto armado sem reforço em abertura



Fonte: CAMPOS & VARGAS, 2013.

6 – Conclusões

A implantação da metodologia BIM se mostra fundamental para que seja criado um ambiente de trabalho que proporcione condições para verificar, analisar e resolver alguns conflitos entre os diversos projetos de uma obra de maneira fluída, proporcionando economia, produtividade e segurança para todo o processo construtivo. Mesmo em edificações mais simplórias é possível perceber os benefícios de um ambiente de trabalho mais integrado, visto que pequenos problemas na fase de planejamento podem gerar grandes transtornos na execução, levando a patologias de difícil tratamento, comprometendo a durabilidade da estrutura e até mesmo podendo levar a ruína de algum elemento estrutural.

Entender o comportamento de uma estrutura é fundamental quando se deseja realizar alguma intervenção que possa afetar o comportamento da peça, principalmente quando se trata de furos em elementos estruturais, visto que a presença de tal elemento altera o fluxo de tensões e conhecer o

comportamento do elemento é imprescindível para posicionar tais aberturas em locais que causem o menor impacto possível e dimensionar corretamente a estrutura de reforço para que a peça não tenha capacidade de suporte reduzida.

As condições de dispensa de verificação de reforço para furos e aberturas em vigas estabelecidas pela NBR 6118/2014 se mostraram adequadas, visto que ficou comprovado que o elemento necessitou de armação adicional para suportar os esforços tendo em vista que ele não atendeu a todos os critérios que dispensariam tal reforço, demonstrando a importância de se conhecer e aplicar os conceitos previstos em norma.

Por fim, ficou evidente que a viga em questão teve sua capacidade de resistência ao esforço cortante reduzida, o que favorece o aparecimento de fissuras. Tais fissuras, com o passar dos anos poderão aumentar de tamanho e deixarem as armaduras expostas, facilitando o processo de corrosão e que por fim pode reduzir a vida útil da estrutura, levando a necessidade de intervenções onerosas.

REFERÊNCIAS

ARANTES, Andre Roberto de Albergaria. **Vigas de concreto de alta resistencia com abertura na alma em região de apoio**. 2003. 1v (paginação irregular). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Campinas, SP. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258386>>. Acesso em: 18 Dez. 2020

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto -Procedimento**. Rio de Janeiro, p. 238. 2014.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Dimensionamento de vigas de concreto armado à força cortante**. Bauru - Sp: Unesp, 2017. 79 p. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto2/Cortante.pdf>. Acesso em: 16 dez. 2020.

CALLEGARI, Simara et al. **Análise da compatibilização de projetos em três edifícios residenciais multifamiliares**. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo 2007. Disponível em: <<http://repositorio.ufsc.br/xmlui/handle/123456789/89863>> Acesso em 05 Out. 2019

CAMPOS, lucas; VARGAS, Alexandre. **Análise experimental de vigas em concreto armado com furo na alma próximo ao apoio utilizando armadura de reforço**. Unesc. 2013. 15p. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/2488/1/Lucas%20Campos.pdf>> Acesso em 07 Jan. 2021.

PICCHI, Flávio Augusto; AGOPYAN, Vahan. **Sistemas da qualidade: uso em empresas de construção de edifícios**. 1993.Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993. Disponível em:< <https://bdpi.usp.br/item/000736873> > Acesso 09 Out. 2019

RUSCHEL, Regina Coeli; ANDRADE, Max Lira Veras Xavier de; MORAIS, Marcelo de. O ensino de BIM no Brasil: onde estamos? **Ambiente Construído**, v. 13, n. 2, p. 151-165, 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1678-86212013000200012> Acesso em: 15 Jan. 2021.

SIMÕES, Ricardo. **Vigas de concreto de alta resistencia com abertura na alma**. 1997. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 1997. Disponível em: <<http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258277>>. Acesso em: 15 Out. 2019.



**INSTITUTO FEDERAL
DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
Goiás

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
GOIÁS

Documento Digitalizado Público

TCC Versão Final

Assunto: TCC Versão Final
Assinado por: Gracielly Prado
Tipo do Documento: Requerimento
Situação: Finalizado
Nível de Acesso: Público
Tipo do Conferência: Documento Original

Documento assinado eletronicamente por:

- **Gracielly Silva Prado, AUX EM ADMINISTRACAO**, em 05/04/2021 10:14:03.

Este documento foi armazenado no SUAP em 05/04/2021. Para comprovar sua integridade, faça a leitura do QRCode ao lado ou acesse <https://suap.ifg.edu.br/verificar-documento-externo/> e forneça os dados abaixo:

Código Verificador: 151340

Código de Autenticação: 1fa3b76171

