

Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG
Curso de Engenharia Civil

ANTONIO RAFAEL FARIA MAXIMO
BRUNO HENRIQUE PEIXOTO MENDES

RESISTÊNCIA DO CONCRETO ARMADO COM BASE NA NBR 7585/2015:
ESTUDO DE CASO

Publicação Nº 02

Goianésia - GO
2024

FICHA CATALOGRÁFICA

MAXIMO, ANTONIO RAFAEL FARIA; MENDES, BRUNO HENRIQUE PEIXOTO.

Resistência do Concreto Armado Com Base na NBR 7585/2015: Estudo de Caso [Goiás] 2024 xi, 13P, 297 mm (ENC/FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2024).

ARTIGO – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Concreto Armado	2. Resistência
3. Normalização	4. Ensaios
I. ENG/FACEG	II. Resistência do concreto armado com base na NBR 7585/2015: Estudo de Caso

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

MAXIMO, A. R. F.; MENDES, B. H. P. Resistência do concreto armado com base na NBR 7585/2015: Estudo de Caso. Artigo, Publicação 02 2024/1 Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG, Goianésia, GO, 13p. 2024.

CESSÃO DE DIREITOS


NOME DO AUTOR: Antonio Rafael Faria Maximo e Bruno Henrique Peixoto Mendes

TÍTULO DO TRABALHO DO ARTIGO: Resistência do concreto armado com base na NBR 7585/2015: Estudo de Caso

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2024

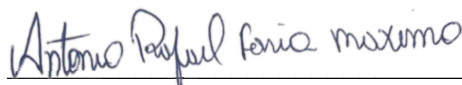
É concedida à Faculdade Evangélica de Goianésia – FACEG a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor



Bruno Henrique Peixoto Mendes

Rua 07

76382-346 – Goianésia/GO - Brasil



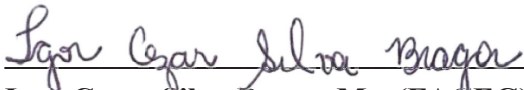
Antonio Rafael Faria Maximo

Rua 28


76385-190 – Goianésia/GO - Brasil

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO, EM FORMA DE ARTIGO,
SUBMETIDO AO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG**

Aprovados por:



Igor Cezar Silva Braga, Me. (FACEG)
(ORIENTADOR)



Eduardo Martins Toledo, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)



Robson De Oliveira Félix, Me. (FACEG)
(EXAMINADOR INTERNO)

RESISTÊNCIA DO CONCRETO ARMADO COM BASE NA NBR 7585/2015 ESTUDO DE CASO

Antonio Rafael Maximo Faria¹, Bruno Henrique Peixoto Mendes²
e Igor Cezar Silva Braga³

¹Acadêmico de Engenharia Civil/FACEG E-mail: rafa_maximo@hotmail.com

²Acadêmico de Engenharia Civil/FACEG E-mail: brunoohenriquee9@gmail.com

³Orientador e Professor do Curso de Engenharia Civil/FACEG E-mail: igorcezar14@hotmail.com

Resumo: Este estudo enfoca a análise de estruturas de concreto armado, especialmente na sede da Associação Goianiense de Deficientes Físicos (AGODEF) em Goianésia, Goiás, cuja construção foi interrompida em 2016 e prevê-se retomada em 2025. A pesquisa utilizou uma metodologia de ensaios normativos, sendo eles a extração de corpo de prova e o ensaio de compressão axial que prevê a resistência do concreto presente no corpo de prova, para a extração utilizou uma perfuratriz com broca de 100 mm diamantadas e sistema de refrigeração contínuo durante o corte para não sofrer danos a estrutura assim seguindo a norma NBR 7680:2015 e inspeções visuais, para identificar as possíveis causas das patologias ali encontrada, para ao final desse estudo seja possível corrigir patologias estruturais. Após análise de resultados obtivemos o concreto de Fck 21,76 Mpa, que não era o esperado para a sede da AGODEF então assim após todo esse estudo será de extrema importância e integridade estrutural ações corretivas para sanar os problemas patologias presentes e evitar problemas maiores no futuro. Ações corretivas nas quais seria aplicações de técnicas de reforço estrutural, implementação de um rigoroso controle de qualidade e estabelecendo de um plano de monitoramento contínuo assim eliminando problemas relacionados a estrutura do prédio. Este estudo destaca a importância de seguir normas técnicas rigorosas para garantir a durabilidade e segurança das estruturas de concreto armado.

Palavras-chave: Concreto Armado; Resistência; Normalização; Ensaios;

Abstract: This study focuses on the analysis of reinforced concrete structures, especially at the headquarters of the Goianiense Association of the Physically Disabled (AGODEF) in Goianésia, Goiás, whose construction was interrupted in 2016 and is expected to resume in 2025. The research used a normative testing methodology, being the extraction of the specimen and the axial compression test that predicts the strength of the concrete present in the specimen, for the extraction a drill was used with a 100 mm diamond bit and a continuous cooling system during the cut to avoid damage the structure follows the NBR 7680:2015 standard and visual inspections, to identify the possible causes of the pathologies found there, so that at the end of this study it will be possible to correct structural pathologies. After analyzing the results, we obtained the concrete of Fck 21.76 Mpa, which was not expected for the AGODEF headquarters, so after all this study, corrective actions will be of extreme importance and structural integrity to remedy the pathological problems present and avoid major problems in the future. Corrective actions which would involve applying structural reinforcement techniques, implementing strict quality control and establishing a continuous monitoring plan, thus eliminating problems related to the building's structure. This study highlights the importance of following strict technical standards to guarantee the durability and safety of reinforced concrete structures.

Keywords: Reinforced Concrete; Resistance; Normalization; Essay;

INTRODUÇÃO

Um dos materiais de construção que mais se tem utilizado ao longo dos anos é o concreto, devido as suas características como durabilidade e resistência. De acordo com a revista *Council on Tall Buildings and Urban Habitat* (CBTUH) no ano de 2017 foram gastos 15 milhões de m³ de concreto para construir aproximadamente 144 edifícios com alturas superiores a 200 metros ao redor do mundo.

Atualmente os dois materiais estruturais predominantes nas construções são o concreto e o aço. Em estruturas convencionais, esses materiais ocasionalmente podem ser vistos como concorrentes, no entanto, quando combinados, a parceria entre o concreto e aço busca superar as limitações das estruturas de concreto em áreas onde a resistência a tração é crucial, melhorando a resistência da peça [3].

O concreto armado como “material estrutural composto pela associação do concreto e barras de aço nele inseridas, de modo a constituir um sólido único do ponto de vista mecânico, quando submetido a ações externas.” Esta associação relaciona as principais vantagens do concreto e do aço em relação a resistência, durabilidade e custo. Nessa composição, o concreto apresenta uma resistência eficaz a compressão, que se harmoniza com alta capacidade de resistência a tração do aço. A aderência robusta entre o aço e o concreto possibilita a criação de elementos estruturais com elevada capacidade de carga [3].

As edificações em estruturas convencionais de concreto armado são compostas por componentes estruturais fundamentais, como as lajes, vigas e pilares. Esses três componentes estruturais trabalham de forma conjunta, em síntese, as lajes suportam as cargas superficiais de forma perpendicular ao seu plano, transferindo os esforços para as vigas ao seu redor. As

vigas, por sua vez, recebem essas reações linearmente ao longo do seu eixo transmitindo-as para os pilares. E os pilares são responsáveis, por fim, pela transmissão das cargas dos pavimentos até a fundação [1].

A produção do concreto armado, envolve uma série de etapas até a sua finalização. Contudo, qualquer inadequação durante a execução pode levar a deformações ou anormalidade que na engenharia civil é denominada por patologia. Estas patologias, uma vez encontradas, podem afetar sua durabilidade e seu desempenho [2].

O concreto armado, amplamente utilizado na construção civil, frequentemente apresenta problemas devido à exposição às intempéries, cargas excessivas e erros de projeto. Essas questões podem resultar em patologias na construção, tornando essencial compreender suas causas [3].

Falhas em estruturas de concreto armado podem acarretar custos significativos para reparos, manutenção e reconstrução, comprometendo a segurança pública se não forem identificadas e tratadas adequadamente. Portanto, o estudo dessas patologias é vital para assegurar a integridade estrutural e otimizar o uso de recursos. desempenho [3].

O objetivo da pesquisa foi analisar, através de inspeções visuais e ensaios normatizados, a estruturas de concreto armado da sede da AGODEF em Goianésia – Goiás, afim de verificar a integridade da estrutura de concreto armado, dessa edificação do estudo de caso, visto que a construção foi interrompida em 2016 devido à falta de recursos, e há previsões de que a retomada da construção ocorra em 2025. Nesse sentido, o estudo de caso assume um papel de extrema importância para garantir que a construção seja retomada de forma adequada, com a devida verificação da sua segurança estrutural.

REFERENCIAL TEÓRICO

O concreto armado é amplamente empregado na construção civil, proporcionando resistência aos elementos estruturais tanto em situações de compressão quanto de

tração. Em termos simples, o concreto é composto por diversos materiais, incluindo cimento, agregado miúdo, agregado graúdo e água, resultando em um bloco monolítico. Esse bloco desempenha o papel principal na absorção de esforços de compressão. Por outro lado, o aço, quando integrado, assume a responsabilidade de absorver os esforços de tração nos elementos estruturais [7].

Segundo a Norma Brasileira Regulamentadora 6118:2023 – Projeto de estruturas de concreto – procedimento é correto falar que o conceito de concreto estrutural é o termo que se refere ao espectro completo das aplicações do concreto como material estrutural. Pode-se destacar os elementos de concreto simples estrutural, os elementos de concreto armado, os elementos de concreto protendido. Em elementos de concreto simples estrutural não se usa a armadura ou não possuem a quantidade mínima de aço exigido para o concreto armado. Em elementos de concreto armado, o que depende totalmente da junção concreto e armadura. Já em elementos de concreto protendido, o concreto é usado com mecanismos de alongamento/protensão, que dê condições para impedir ou limitar a fissuração de uma viga sendo assim, proporcionando melhor desempenho da estrutura ao todo [9].

A norma NBR 6118:2023 estabelece que as estruturas de concreto devem ser planejadas e construídas de maneira a garantir a segurança, estabilidade e adequação ao serviço ao longo de sua vida útil. O conceito de vida útil aplica-se tanto à estrutura como um todo quanto às suas partes individuais. As estruturas de concreto devem ser duráveis, o que exige a colaboração e ações coordenadas de todos os envolvidos nos processos de projeto, construção e utilização. O cumprimento das normas estabelecidas é considerado o mínimo necessário para atender a esses requisitos [9].

Segundo a NBR 15575:2021 – Edificações habitacionais – desempenho, Parte 01: Requisitos gerais – da ABNT, a Vida Útil do Projeto (VUP) mínima para estruturas de concreto deve ser seguida pela NBR 8681:2013 – Ações e segurança nas estruturas –

Procedimento, que deverá obedecer aos valores das ações variáveis, indicados valores que correspondem de 25% a 35% de probabilidade de serem ultrapassadas no sentido desfavorável, durante um período de 50 anos [11].

A composição de uma estrutura inclui os elementos essenciais como pilares, vigas e lajes, que suportam as cargas provenientes de diversas fontes, como paredes, pessoas, máquinas, entre outros. Sua responsabilidade está em receber e distribuir de maneira uniforme todas as cargas para o solo, a fim de evitar efeitos imprevistos na estrutura e em seu entorno [5].

Os elementos constituintes de uma estrutura que é capaz de receber esforços, podem ser separados nos seguintes elementos: [9]

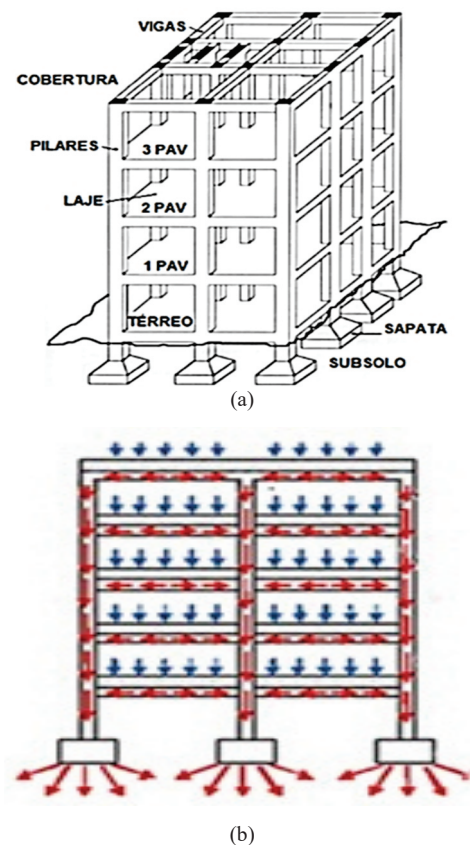
- **Laje:** Elemento bi dimensionado que atua recebendo esforços perpendiculares ao seu plano trabalhando em uma ou duas direções;
- **Vigas:** É o elemento que se é solicitado por esforços perpendiculares ao seu eixo longitudinal (trabalha a flexão). As vigas podem receber os esforços transmitidos pelas lajes, peso das paredes (carga distribuída), assim transferindo as cargas para os pilares e vigas mais próximas;
- **Pilar:** Um elemento gerado como um poste de concreto com cargas que atuam paralelamente ao eixo longitudinal, usado geralmente para receber as cargas das vigas e lajes (cargas verticais) e transferirem para outros elementos como fundações que são dimensionadas para receber todos os esforços sofridos e distribuir ao solo;
- **Fundação:** Elemento final da estrutura, recebe todos os esforços já submetidos a estrutura sendo capaz de conduzir as cargas para o solo, assim aliviando a estrutura para um melhor desempenho.

As cargas são calculadas por base na NBR 6120:2019 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, que separa as cargas em permanente e

acidental. Sendo a carga permanente aquelas que tem efeito permanente na estrutura, tais como paredes divisórias, lajes, telhado e entre outros. Já as cargas acidentais são as que são móveis, pessoas, veículos, vento, algum acidente não esperado etc [12].

A Figura 1, apresenta a distribuição de carga em uma estrutura de um prédio de três pavimentos mais térreo, composta por subsolo, sapatas, lajes, pilares, coberturas e vigas. A Figura 1(b) é um complemento da Figura 2(a), onde mostra de forma frontal que possui demandas de cargas, que na parte que está em azul está sofrendo cargas na parte da laje, sendo distribuídas para a parte das vigas onde tem como objetivo chegar a carga até os pilares mais próximos que estão em vermelho, as setas vermelhas indicam que estão levando as cargas para os pilares, onde os pilares estarão recebendo as cargas e a transmitindo para a fundação, onde a fundação terá como objetivo distribuir a carga que foi recebida ao solo.

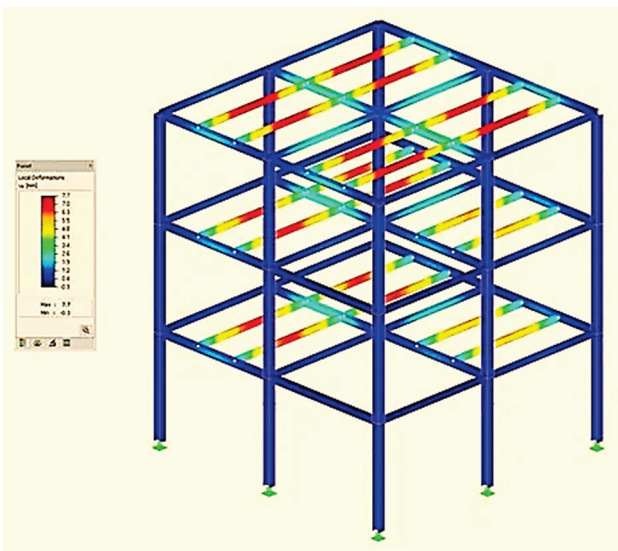
Figura 1: Fluxo de cargas de uma estrutura de concreto armado: (a) estrutura real; (b) esquema de transferência de cargas desde as lajes até a fundação.



A Figura 2, apresenta uma estrutura feita por métodos computacionais onde as cores representam a maneira que a distribuição de cargas ocorre em uma estrutura. Observa-se que a parte em vermelho simboliza o centro de uma laje, onde o fluxo de carga é maior devido a longa distância do seu ponto de apoio que são as vigas, originando-se a carga crítica da laje tomando cerca de 77% da sua carga máxima suportada, ao decorrer da estrutura a análise mostra que ao percorrer a distância e chegar mais próximo as vigas as cargas começam a se distribuir nas vigas e pilares, amenizando a carga da laje próxima a viga ficando somente com cerca de 26% da sua carga máxima utilizada [9].

Após a descarga das lajes nas vigas, elas se descarregam nos pilares onde as cores são azul escuras decorrendo da baixa carga aplicada sobre eles, podendo chegar de 24% a 28% de sua carga total, logo descarregando por último todos os pilares nas suas fundações onde a carga é passada ao solo de maneira uniforme para não ocorrer danos ao solo, chegando a 29% de sua carga, assim finalizando o processo de distribuição de cargas [9].

Figura 2: Análise estrutural



Fonte: Dlubal (2023).

A estrutura considerada “ideal” começa com um pré-dimensionamento estrutural, tornando de extrema importância para dimensionar os elementos estruturais,

podendo através do pré-dimensionamento conseguir êxito na compatibilização da arquitetura com o projeto estrutural, verificando espaços, pesos próprios de elementos usados na estrutura, onde seria a melhor possibilidade de travamento da estrutura resultando em uma edificação mais segura e ideal, evitando futuras patologias e transtornos.

De modo geral, as patologias são doenças quando se trata comumente da área da saúde. Originada na palavra grega *phatos*, sofrimento, doença e do termo latino *logia* que significa, em nossa língua, estudo. Dessa forma, pode-se assegurar que patologia significa a natureza de doenças e seus sintomas [8].

O entendimento dos problemas patológicos é essencial na Engenharia Civil, uma vez que esses vêm tornando-se comum nas edificações. O surgimento dessas patologias influencia diretamente e de uma forma negativa a estética, a economia, bem como a vida útil da estrutura [8].

Com os grandes desenvolvimentos, conhecimentos, equipamentos e técnicas de observação de estruturas, bem como a grande evolução tecnológica, ficou mais acessível identificar e diagnosticar com precisão a maioria dos problemas patológicos [7].

O problema patológico está associado em falhas ocorridas durante o processo e na execução de uma ou mais etapas a serem realizadas na construção, seja no projeto, na execução ou na utilização da edificação, os quais podem destacar-se no início da obra, durante ou após a conclusão.

Parâmetros de Cálculo

Relação h/d (k1)

Quando a proporção $h/d = 2$ não é atendida, a resistência à compressão do testemunho deve ser ajustada, utilizando o coeficiente indicado na Tabela 1. Essa correção deve ser mencionada no relatório do teste. Para valores da proporção altura/diâmetro entre os constantes, os coeficientes de correção podem ser calculados por meio de interpolação linear. para garantir resultados satisfatórios nos ensaios.

Tabela 1: Valores de k1 em relação (h/d)

h/ d	2,00	1,88	1,75	1,63	1,50	1,42
k1	0,00	-0,01	-0,02	-0,03	-0,04	-0,05

Fonte: ABNT NBR 7680-1 (2015).

Efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho (k2)

O efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho e o uso do fator de correção são aspectos fundamentais na Norma Brasileira Regulamentadora NBR 7680-1:2015. Tem como finalidade garantir resultados precisos e comparáveis independentemente do diâmetro dos testemunhos [10].

O fator (k2) tem a função de fazer a correção a resistência à compressão dos testemunhos de concreto com base em seu diâmetro, sendo crucial para garantir que os resultados dos ensaios sejam comparáveis e representativos, independentemente do diâmetro do testemunho utilizado [10]. Como mostra os parâmetros na Tabela 2.

Tabela 2: Valores de k2 em função do efeito do broqueamento em função do diâmetro do testemunho

Diâmetro do testemunho (dt) (mm)	<25	50a	75	100	>150
k2	Não permitido	0,12	0,09	0,06	0,04

Fonte: ABNT NBR 7680-1 (2015).

Direção da extração em relação ao lançamento do concreto (k3)

Deve-se levar em conta a importância da direção de extração dos testemunhos em relação ao lançamento do concreto. Cujas o fator de correção k3, que tem a finalidade em ajustar a resistência à compressão conforme a direção da extração [10].

Os valores a serem adotados em testemunhos extraídos paralelamente (lajes) ao lançamento não possui a necessidade de correção adota-se (k3 = 0,00), enquanto testemunhos extraídos perpendicularmente podem precisar de ajustes (pilares, cortinas, paredes moldadas no local), (k3 = 0,05) para assegurar resultados precisos. Sua

aplicação é crucial para a conformidade com a norma e a segurança das estruturas de concreto [10].

Efeito da umidade do testemunho (k4)

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora NBR 7680-1:2015, estabelece os procedimentos para ensaios de corpo de prova de concreto, incluindo a influência da umidade dos testemunhos, sendo representada pelo fator de correção k4. A umidade do testemunho pode afetar diretamente a resistência a compressão. Na maioria dos casos os testemunhos devem ser rompidos saturados onde deve-se adotar (k4 = 0) em caso de testemunhos secos ao ar deve-se adotar (k4 = -0,04), está será a correção deverá ser aplicada ao resultado [10].

METODOLOGIA

O estudo de caso proporcionou uma pesquisa exploratória sobre o tema desenvolvido e sobre assuntos relacionados importantes. Nesta pesquisa foi feito um estudo sobre o concreto armado, estrutura de concreto armado.

A partir do estudo teórico, o trabalho realizou um estudo de caso com o intuito de analisar através de inspeções visuais e ensaios normatizados para vermos a resistência do concreto armado para posterior análise dos dados obtidos afim de identificar possíveis origens e causas para tais patologias, possibilitando então as sugestões de reparos dessas patologias.

Local de Estudo

O local selecionado para o estudo de caso é a sede da Associação Goianiense de Deficientes Físicos (AGODEF) que fica localizada na região Oeste da cidade de Goianésia de Goiás. Tal construção, foi iniciada e posteriormente interrompida no ano de 2016, devido à falta de recursos. No entanto, há previsões de retomada para construção em 2025.

O local escolhido é uma obra de porte médio, conforme apresentado na Figura 3.

Figura 3: Futura sede da Associação Goianiense de Deficientes Físicos (AGODEF)



Fonte: Próprios autores (2023).

Os ensaios dos corpos de prova, fundamentais para esta análise, foram realizados nas instalações da UniEvangélica, localizada em Anápolis, Goiás. Este processo de ensaio é crucial para garantir a integridade estrutural e a continuidade segura da construção, fornecendo dados precisos e relevantes sobre as condições atuais da obra.

Procedimento de coleta de dados

Em um primeiro instante foi realizada uma vistoria do local contemplando a coleta de dados através de levantamento fotográfico das patologias com sua devida descrição e localização.

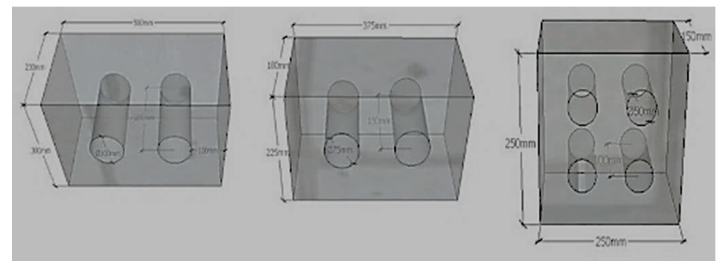
Posteriormente foram realizadas extrações de 06 corpos de prova cilíndricos, conforme a Norma Brasileira Regulamentadora 7680:2015 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto: Resistência à compressão axial (NBR 7680:2015) da ABNT. Tendo em vista que no local, de acordo com os diretores, não foram realizados ensaios a resistência à compressão do concreto a NBR 7680:2015 estipula que os resultados obtidos pelo procedimento estabelecido nesta norma podem ser utilizados para verificação da segurança estrutural em obras existentes.

Para realização da extração dos testemunhos cilíndricos, foi usada uma extratora acompanhada de cálice e coroa diamantada ou material abrasivo, desde que possibilite realizar o corte sem provocar excessivamente a estrutura. O equipamento deve conter uma refrigeração, a base de água, de forma a evitar vibrações no local do corte

e impedir ondulações no corpo de prova, o lote no qual será retirado o testemunho cilíndrico deve ser isento de fissuras, segregação e ondulações, caso aconteçam os mesmos devem ser descartados. Para a retirada do testemunho em seu topo deverá sofrer um esforço provocado por uma ferramenta que caiba nas interfaces entre o testemunho e o orifício, em posições intercaladas, utilizando uma ferramenta como alavanca. Após a extração do testemunho, é feito uma retificação através de uma serra metálica, assim garantindo a regularização da base e topo [10].

A Figura 4 apresenta como deve ser retirado o testemunho cilíndrico e a Figura 5 apresenta o equipamento que deve ser utilizado para a correta extração do testemunho.

Figura 4: Exemplar de como tirar molde de testemunhos cilíndricos



Fonte: Researchgate; Célia (2020).

Figura 5: Equipamento para a retirada de testemunho de estrutural



Fonte: Próprios autores (2024).

A extração não poderá prejudicar o desempenho estrutural e a durabilidade da construção. A reconstituição do local da extração deve ser no mínimo restabelecer as condições iniciais da estrutura, deverá preencher com concreto compatível com o especificado elemento

estrutural e devem ser tomados os cuidados necessários para que o procedimento tenha êxito, conforme a Figura 6.

Figura 6: Reconstrução do local das amostras retiradas.



Fonte: Zappa Engenharia (2020).

Os testemunhos após a sua extração, sofreram ensaios de acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora 5739:2018 – Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos (ABNT, 2018), deve se atentar antes e após a ruptura, deverá ser carregado até sua total desagregação, deve ser anotada e documentadas com fotos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme a Norma Brasileira Regulamentadora 7680-1:2015 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto: Resistência à compressão axial, após sua extração e seu rompimento passará, por uma análise para haver aceitação do concreto a partir dos resultados, sendo assim necessário estabelecer critérios para que haja comparação e correções, cuja a norma estabelece procedimentos para determinar a resistência à compressão axial, que serão cruciais para avaliar a qualidade e a segurança das estruturas de concreto (NBR 7680:2015). Como mostra a Tabela 1.

Tabela 3: Dados dos corpos de provas

Corpos de prova	Carga (kgf)	Seção (cm ²)	Tensão de Ruptura (MPa)
01 Pilar 1	12.440	78,54	15,5 (MPa)
02 Pilar 1	18.560	78,54	23,2 (MPa)
03 Pilar 2	15.730	78,54	19,6 (MPa)
04 Pilar 2	9.650	78,54	12,0 (MPa)
05 Pilar 3	16.650	78,54	20,8 (MPa)
06 Pilar 3	13.900	78,54	17,4 (MPa)

Fonte: Próprios autores (2024).

A Tabela 3 tem como objetivo principal mostrar os resultados obtidos no ensaio de compressão, seguindo todas as orientações da NBR 7680:2015, na qual mostra a idade dos corpos de prova e a carga máxima que cada corpo de prova suportou, sendo possível obter a tensão de ruptura em MPa.

Assim após a extração dos corpos de prova e ensaios já realizados, foi possível realizar os cálculos com parâmetros e análises para alcançar resultados mais verídicos e com maior margem de resistência do concreto [13].

Cálculo do k/l e k1

O fator de esbeltez é a relação entre a altura (h) e o diâmetro (d) dos corpos de prova cilíndrico. Este fator é essencial para garantir resultados satisfatórios nos ensaios.

De acordo com a Norma Brasileira Regulamentadora 7680:2015 – Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto: Resistência à compressão axial, estipula que o fator de esbeltez dos corpos de prova deve estar entre 1,5 e 2,0. Essa faixa é estabelecida para garantir a precisão nos resultados de resistência à compressão.

A correção tem como finalidade trazer a qualidade do concreto, para que os corpos de prova estejam dentro da faixa de esbeltez adequada para haver resultados precisos de resistência. Conforme mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Influência do limite (h/d) e (k1)

Corpos de prova	d (diâmetro médio)	h (Altura média)	Relação (h/d)	Coefficiente de correção (k1)
01 Pilar 1	100	190	1,9	-0,01
02 Pilar 1	100	185	1,85	-0,02
03 Pilar 2	100	188	1,88	-0,01
04 Pilar 2	100	198	1,98	-0,01
05 Pilar 3	100	175	1,75	-0,02
06 Pilar 3	100	193	1,93	-0,01

Fonte: Próprios autores (2024).

A Tabela 4 apresenta o diâmetro dos corpos de prova que foram extraídos e a altura de cada corpo de prova que foi tirado de acordo com a NBR 7680:2015 que estipula como fazer as relações (h/d) que diz quais são os coeficientes de correções de cada corpo de prova, segundo a NBR 7680:2015 as correções dos corpos de prova tem

que ficar entre 1,5 e 2,0 na qual é estabelecida para atingir maior precisão nos resultados que serão obtidos através dos ensaios de compressão.

Cálculos dos resultados

Com base nos coeficientes estabelecidos, para verificar a uniformidade dos resultados, deve-se calcular a média aritmética dos resultados individuais corrigidos. Se algum resultado divergir mais de 15% de média, ele deverá ser analisado com mais rigor (NBR 7680:2015).

Como mostra na Equação 1.

$$F_{ci,ext} = [1 + (k1 + k2 + k3 + k4)] * f_{ci,ext, inicial} \quad (1)$$

Resultado corrigido de resistência obtido na ruptura de cada testemunho extraído ($F_{ci,ext}$).

Resultado de resistência obtido na ruptura de cada testemunho extraído ($F_{ci,ext,inicial}$).

Avaliação da resistência do concreto entregue para fins da sua aceitação

Para a avaliação do controle de qualidade do concreto entregue, todos os resultados obtidos durante os ensaios fossem corrigidos pelos coeficientes $k1$ a $k4$, neste caso devem ser considerados conforme a seguinte equação. Como mostra na Equação 2.

$$F_{ci,ext} = F_{c,ext,pot} \geq F_{ck} \quad (2)$$

A maior resistência corrigida entre os testemunhos ($F_{ci,ext,pot}$).

Para sua aceitação do concreto, este valor corrigido deve ser comparado com a resistência característica (f_{ck}), onde neste caso o valor de f_{ck} informado foi de 25 MPa. Como mostra na Equação 2.

Na Tabela 3 mostra os resultados obtidos após todos os cálculos com os parâmetros adequados para sabermos a resistência do concreto para assim podermos poder continuar a obra com as correções necessárias na estrutura. Assim obedecendo a NBR 7680:2015, visto que estipula todos os parâmetros e métodos a ser seguido para obter um resultado confiável e próximo da realidade ali existente.

Tabela 4: Resultado obtido final

Corpos de prova	$F_{ci,ext,I,nc}$ (MPa)	h/d	k1	k2	k3	k4	$F_{ci,ext}$ (MPa)	$F_{ci,ext,pot}$ (MPa)
01 Pilar 1	15,5	1,9	-0,01	0,06	0,05	-0,04	16,43	
02 Pilar 1	23,2	1,85	-0,02	0,06	0,05	-0,04	24,36	
03 Pilar 2	19,6	1,88	-0,01	0,06	0,05	-0,04	20,78	
04 Pilar 2	12	1,98	-0,01	0,06	0,05	-0,04	12,72	24,36
05 Pilar 3	20,8	1,75	-0,02	0,06	0,05	-0,04	21,84	
06 Pilar 3	17,4	1,93	-0,01	0,06	0,05	-0,04	18,44	

Fonte: Próprios autores (2024).

CONCLUSÃO

Este estudo teve como objetivo avaliar a resistência à compressão do concreto utilizado na sede da Associação Goianiense de Deficientes Físicos (AGODEF), em Goianésia, Goiás, seguindo a Norma Brasileira Regulamentadora 7680-1:2015. Através da aplicação meticulosa desta norma, executamos a extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto, focando em determinar a resistência à compressão axial e identificar possíveis causas de patologias estruturais.

O fator de esbeltez, definido como a relação entre a altura (h) e o diâmetro (d) dos corpos de prova cilíndricos, é crucial para assegurar a precisão dos resultados dos ensaios de compressão. Conforme a NBR 7680:2015, os corpos de prova devem ter um fator de esbeltez entre 1,5 e 2,0.

Durante os ensaios, analisamos os coeficientes de correção ($k1$) variando entre -0,01 e -0,02, conforme mostrado na Tabela 1. A correção de esbeltez é fundamental para garantir que os resultados reflitam a real qualidade do concreto, ajustando a resistência dos corpos de prova para valores dentro da faixa aceitável.

Efeito do Broqueamento em Função do Diâmetro do Testemunho ($k2$) a NBR 7680:2015 estabelece que o diâmetro dos testemunhos impacta significativamente os resultados dos ensaios de compressão. Os coeficientes de correção ($k2$) foram aplicados para garantir que os resultados sejam precisos e comparáveis, independentemente do diâmetro dos testemunhos, com valores variando de 0,04 a 0,12 para diâmetros de 25 a 150

mm, conforme detalhado na Tabela 2. Esta padronização é crucial para a confiabilidade dos dados obtidos.

Direção da Extração em Relação ao Lançamento do Concreto (k_3) a direção de extração dos testemunhos em relação ao lançamento do concreto é outro fator importante, com a NBR 7680:2015 especificando que testemunhos extraídos paralelamente ao lançamento (lajes) não necessitam de correção ($k_3 = 0,00$), enquanto os extraídos perpendicularmente (pilares, cortinas) requerem ajustes ($k_3 = 0,05$). Esta correção assegura a precisão e representatividade dos resultados, refletindo com fidelidade a resistência estrutural.

Efeito da Umidade do Testemunho (k_4) a umidade dos testemunhos é uma variável crítica que afeta a resistência à compressão. De acordo com a NBR 7680:2015, testemunhos rompidos em estado saturado não necessitam de correção ($k_4 = 0$), enquanto os secos ao ar requerem uma correção negativa ($k_4 = -0,04$). A aplicação dessa correção é vital para evitar que a umidade residual interfira nos resultados dos ensaios.

Os resultados dos ensaios foram corrigidos utilizando os coeficientes (k_1 , k_2 , k_3 , k_4) para obter a resistência corrigida ($F_{c,ext}$) de cada corpo de prova.

Esta análise permitiu a comparação dos resultados corrigidos com a resistência característica especificada (f_{ck}). A média dos resultados corrigidos ($F_{c,ext,pot}$) foi encontrada ligeiramente abaixo do f_{ck} de 25 MPa, com um valor de 24,66 MPa, indicando que o concreto não atende plenamente aos requisitos de resistência.

Os resultados indicam que o concreto não teve uma boa resistência, visto que se trata de uma obra antiga, no qual o proposto para a obra foi o concreto com 25Mpa com 28 dias, podendo alcançar uma resistência maior ao passar dos anos. Com base nos ensaios realizados na UniEvangélica, em Anápolis, Goiás, podemos perceber que o concreto não obteve a resistência ideal, sendo necessário algumas ações corretivas, na qual cogitamos as seguintes correções:

1. Reforços Estruturais: Aplicação de técnicas de reforço estrutural nas áreas críticas

identificadas para garantir a integridade e segurança da estrutura.

2. Controle de Qualidade: Implementação de um controle de qualidade rigoroso durante a retomada da obra, assegurando que todos os materiais e procedimentos estejam em conformidade com as normas técnicas estabelecidas.
3. Monitoramento Contínuo: Estabelecimento de um plano de monitoramento contínuo para avaliar a evolução das patologias e a eficácia dos reparos realizados, garantindo a manutenção da segurança estrutural ao longo do tempo.

A aplicação destas recomendações visa assegurar a integridade estrutural da sede da AGODEF, permitindo a conclusão segura e eficaz da construção. Este estudo destaca a importância de seguir rigorosamente as normas técnicas para garantir a qualidade e durabilidade das obras de concreto armado, contribuindo significativamente para a segurança e longevidade das estruturas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. PARIZOTTO, L. **Concreto armado**. [Digite o Local da Editora]: Grupo A, 2017. *E-book*. ISBN 9788595020917.
2. RIBEIRO, D. **Corrosão e degradação em estruturas de concreto**. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2018. *E-book*. ISBN 9788595152359. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152359/>>. Acesso em: 17 nov. 2023.
3. TEATINI, J. C. **Estruturas de concreto armado**. Grupo GEN, 2016. *E-book*. ISBN 9788595155213.
4. SILVA, D. R. F.; TELES, E. C.; BARROS, E. N. S. Patologias em estruturas de concreto armado em ambiente industrial. **Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, ano 5, ed. 10, v. 6, p. 14-41, out. 2020.
5. KARVAT. "Sistemas Estruturais 1" 2016. Disponível em: <<http://paginapessoal.utfpr.edu.br/karvat/>>.

Acesso em: 17 nov. 2023. **Revista Especialize On-line IPOG**, Goiânia, v. 1, n. 10, dez. 2015.

6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.575**: edificações habitacionais: desempenho: requisitos para os sistemas estruturais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
7. ARANHA, P. M. S. **Contribuição ao estudo das manifestações patológicas em estruturas de concreto armado na região amazônica**. 1994.
8. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: concreto: ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
9. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118**: Projeto de estruturas de concreto: procedimentos. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.
10. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7860**: concreto: extração, preparo, ensaio e análise de testemunho de estrutura de concreto. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.
11. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8681**: ações e segurança nas estruturas. Versão Corrigida: 2014. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.
12. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120**: cargas para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.
13. PEREIRA E.; MEDEIROS M. H. F. Ensaio de “Pull Out” para avaliar a resistência à compressão do concreto: uma alternativa aos ensaios normalizados no Brasil. **Rev. IBRACON**. v. 5, n. 6, dez. 2012.
14. SOUZA, V. C. M.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto**. São Paulo: Pini, 1998.