

STRUCTURAL REINFORCEMENT IN PILLARS. A CASE STUDY OF STRUCTURAL RECOVERY IN CONDOMINIAL BUILDING

Otávio Giovani de Oliveira Moura¹, Italo Jorge Tavares Jimenez², Priscila Bentes Damasceno³, Charles Ribeiro de Brito⁴

^{1,4} Centro Universitário do Norte – UNINORTE - *Laureate Universities*, Brasil, Rua Igarapé de Manaus, 211 – Centro, Manaus/AM

^{2,3} Instituto de Tecnologia e Educação Galileo da Amazônia (ITEGAM), Av Joaquim Nabuco, 1950 – Centro, Manaus/AM.

Email: otaviogiovani@hotmail.com, italo.jimenez@itegam.org.br, priscilabentes.d@hotmail.com, charles.rito@uninorte.com.br.

Received: March 22th, 2019

Accepted: April 22th, 2019

Published: June 30th, 2019

Copyright ©2016 by authors and Institute of Technology Galileo of Amazon (ITEGAM). This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



ABSTRACT

Over time, the evolution of innovations in materials and techniques for the execution of buildings has been observed. However, any construction carried out by man must comply with the pre-established safety requirements, in the face of excessive pathologies and deformations that in the last cause the work to collapse. In this context, there was an overload in the pillars of the work Liverpool, English Reserve of the city of Manaus, and because of this, the present work aims to expose the structural reinforcement carried out in this object of study, so that it will bring more security to its users. In this way, they were made through visits and data collection, photographic records and documents as well as forms provided by the construction company. A structural reinforcement execution method was used for the abutments of this work, as well as the modeling and rupture tests of the concrete used and the reinforced abutments, and it was verified that the reinforcement was successful, since it was possible to distribute the loads previously concentrated, and provide security to its users meeting the safety criteria and current legislation.

Keywords: concrete pillar, structural reinforcement, constructive methods.

REFORÇO ESTRUTURAL EM PILARES. UM ESTUDO DE CASO DE RECUPERAÇÃO ESTRUTURAL EM EDIFICAÇÃO CONDOMINIAL

RESUMO

Ao longo do tempo, observa-se a evolução de inovações dos materiais e técnicas para execução das edificações, porém qualquer construção realizada pelo homem deve atender aos requisitos pré-estabelecidos principalmente de segurança, frente a patologias e deformações excessivas que em últimos casos, podem causar o colapso da obra. Neste contexto, evidenciou-se uma sobrecarga nos pilares da obra Liverpool, Reserva Inglesa da cidade de Manaus, e por conta disso, o presente trabalho tem como objetivo expor o reforço estrutural realizado neste objeto de estudo, de forma que este venha trazer mais segurança a seus usuários. Desta forma, realizaram-se por meio de visitas e coleta de dados, registros fotográficos e documentos bem como formulários cedidos pela construtora da obra. Buscou-se um método de execução de reforço estrutural para pilares da referida obra, além dos ensaios de modelagem e rompimento do concreto utilizado e dos pilares reforçados, e verificou-se que o reforço realizado obteve êxito, uma vez que foi possível distribuir as cargas antes concentradas, e proporcionar segurança aos seus usuários atendendo os critérios de segurança e legislação vigente.

Palavras chaves: pilar de concreto, reforço estrutural, métodos construtivos.

I. INTRODUÇÃO

Ao longo da história da Engenharia Civil, observa-se a evolução de inovações dos materiais e técnicas para execução das edificações, porém qualquer construção realizada pelo homem deve atender aos requisitos pré-estabelecidos de conforto, durabilidade, resistência, ou economia, entre outros [1, 2]. No entanto, dentre os pré-requisitos existentes, o que mais deve ganhar importância é seguir as exigências da segurança, frente a patologias e deformações excessivas que em últimos casos, podem causar o colapso da obra [3].

Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2003), as edificações devem garantir a seus usuários, a segurança, a estabilidade e a aptidão em serviço durante sua vida útil [4]. Assim, entende-se por vida útil de projeto, “[...] o período de tempo durante o qual se mantêm as características das estruturas de concreto, desde que sejam atendidos os requisitos de uso e manutenção prescritos pelo projetista e pelo construtor [...]” [5].

É comum casos de ruína de pilares (Figura 1) por falha de projetos, de execução ou de uso, chegando-se às vezes à medida extrema de implosão de prédios [6, 7]. Uma solução para esse tipo de incidente poderia, eventualmente, ser o reforço das estruturas[8], temática deste estudo.

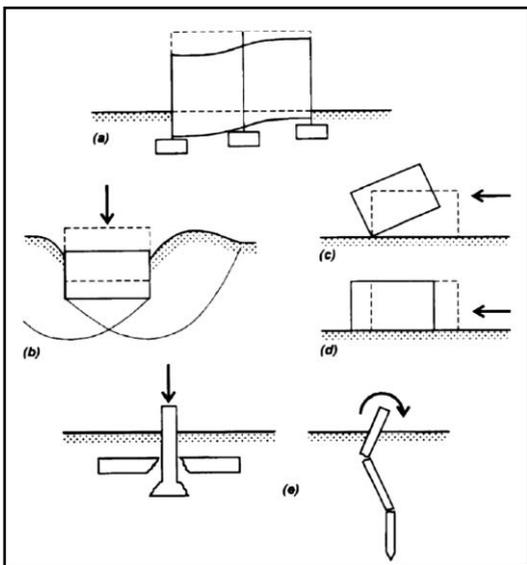


Figura 1: (a) Deformação excessiva, (b) colapso do solo, (c) tombamento, (d) deslizamento, (e) colapso estrutural resultantes de projetos deficientes.

Fonte: [9].

A necessidade de reforço de estrutura está geralmente associada a trabalhos sob uma construção existente ou na sua contiguidade imediata, que são as alterações nas condições de fronteira ou de vizinhança do terreno de fundação de um edifício, ou causada pela degradação no tempo das condições de fundação de uma estrutura já existente[10].

O reforço dos pilares é uma intervenção no sistema estrutural da edificação original visando aumentar a segurança da torre. Ela se torna necessária em virtude do mau desempenho ou do aumento do carregamento por mudanças do tipo de uso da edificação, tornando as estruturas existentes ineficientes, a autora ainda salienta que a ausência de investigações geotécnicas ou a má interpretação dos resultados da investigação também são causas para o mau desempenho das estruturas [11].

O primeiro caso, cada vez mais frequente em zonas urbanas, surge não só da necessidade de circulação e de mobilidade, traduzindo-se na execução de túneis ou de passagens inferiores,

mas também da criação de parques automóveis, com a construção de diversos níveis de caves[10, 12].

No entanto, em um pequeno número de casos, a necessidade de consolidação e de reforço coloca-se somente num período limitado de tempo, geralmente no decurso da reabilitação de edifícios, como sucede nas operações de contenção de paredes de fachada [13].

De forma genérica, pode-se afirmar que a necessidade de consolidação e reforço de estruturas se coloca essencialmente em três situações distintas: Quando ocorre a alteração das condições do terreno de fundação (arrastamento de finos, abaixamento do nível freático, descompressão do solo); No caso de insuficiência da estrutura; Como consequência de um aumento das cargas atuantes, ou ainda uma combinação destas condições[14].

Segundo [15], o autor afirma que reforço dos pilares é uma intervenção no sistema estrutural nesta obra. Para [16, 17], os pilares são os elementos estruturais com função de transmitir as cargas da estrutura as bases onde ela se apoia. Além disso, os autores [17, 18] a base necessita de resistência e rigidez apropriadas para não sofrer ruptura e não apresentar deformações exageradas ou diferenciais.

Neste contexto, a recuperação e reforço das estruturas surgem como um forte segmento de mercado da indústria da construção civil, e vem atender a necessidade de reestabelecer as condições originais das estruturas danificadas (recuperação), ou promover adequações da capacidade resistente das estruturas em função do uso (reforço) [19, 20].

A questão de reforços estruturais é de grande recorrência na literatura técnica, no entanto, cada caso de reforço apresenta suas peculiaridades, impossibilitando o processo de generalização do problema [21].

É de grande importância investigações científicas e estudos nesta área, principalmente para definir melhor as técnicas e as formas de se avaliar o trabalho conjunto dos materiais envolvidos nos reforços, bem como suas propriedades, destacando assim, a justificativa do presente tema bem como o objetivo central que é analisar o reforço estrutural dos pilares de uma obra localizada na cidade de Manaus-AM, buscando caracterizar o processo de restauração das estruturas dos pilares e analisar quanto à eficiência do método de dosagem para o concreto auto adensável utilizado em reforços de pilares.

II. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa teve início no dia 14 do mês de janeiro de 2019, por meio de estudos na literatura e adoção da NBR 6118 (2003) [22] que versa sobre estruturas de concreto e NBR 5738 (1994) [23] moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concretos, para o estudo do concreto à ser usado, todas com registros na ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

Coletaram-se diversos dados dos quais foram verificados os pilares a serem reforçados que estão numerados, por estarem torcidos e fora de especificação com base em suas medidas de eixo conforme projeto dos pilares e através de debates entre os profissionais da empresa, também por meio registro fotográfico, e através de documentos e formulários cedidos pela construtora da obra.

A visita no primeiro momento foi acompanhada por um encarregado e dois carpinteiros que faziam os serviços diversos no campo em estudo, dessa forma, através de conferências nos eixos dos pilares foram verificadas medidas dos eixos, esquadros, plumo e nivelamentos.

O processo foi feito em pontos específicos deixados na laje comumente chamados de testemunhos, onde verificou-se que

havia em alguns destes falhas na execução por isso teriam que passar por reforços estruturais.

Também foram realizadas conferências topográficas para se obter um melhor resultado, sendo essa etapa o acompanhamento feito pelo mestre de obra encarregado e o restante da equipe incluindo engenheiros, técnicos e estagiários.

Por meio de debates entre os profissionais da empresa, também por registros fotográficos, e através de documentos e formulários cedidos pela construtora da obra, as quais são: laudos dos testes de capacidade de concreto em 3, 7 e 28 dias de cura, fotos dos pilares sendo reforçados, foi possível tornar possível o aprofundamento desse estudo.

A análise dos dados obtidos consistiu na seleção dos mesmos para identificar e separar os que respondiam e possuíam relação com os objetivos propostos neste estudo, sendo também necessário estabelecer um tipo de concreto adensável para o referido reforço conforme NBR 5738(1994) [23] e NBR 5739(1994) [24]. Após leitura seletiva e crítica dos dados, os mesmos foram organizados, tabulados, interpretados e discutidos.

II.1. CARACTERIZAÇÃO E LOCALIZAÇÃO

Nesta obra, verificaram-se os deslocamentos de eixo de alguns pilares e por conta disso, viu-se a necessidade do reforço estrutural.

Portanto, nesta seção serão expostos os procedimentos para o reforço estrutural dos pilares desta obra, bem como as dosagens para o concreto utilizado no serviço de reforço.

A obra em estudo é compreendida por um conjunto habitacional contendo quatro torres, como pode ser visto na Figura 2.



Figura 2: Torres do empreendimento, Manaus-AM.
Fonte: Autores, (2019).

No entanto, desta obra, selecionou-se a Torre 3 para objeto de estudo (Figura 3).



Figura 3: Torre 3, objeto de estudo.
Fonte: Autores, (2019).

II.2. ADEQUAÇÃO DE SEÇÃO DOS PILARES

Para o reforço de pilares da Torre 3 foi necessário uma adequação de seção dos pilares.

Inicialmente, verificou-se na planta de formas, a localização do reforço de cada pilar. O procedimento foi realizado no pilar 332 e 336, onde apicou-se e escarificou-se a superfície dos mesmos, de modo que pudesse ser retirada a textura lisa (Figura 4).



Figura 4: Pilares escarificados no segundo subsolo da torre 03.
Fonte: Autores, (2019).

Na sequência, posicionou-se o reforço conforme planta de formas e locou-se o gabarito para início da intervenção (Figura 5).



Figura 5: Locação da nova seção.
Fonte: Autores, (2019).

Fez-se uma limpeza rigorosa da superfície do concreto existente eliminando partículas soltas e poeira, demarcando os furos na estrutura existente (Figura 6).



Figura 6: Marcação e execução dos furos, limpeza e fixação das ferragens do arranque.
Fonte: Autores, (2019).

Após a demarcação dos furos, executaram-se os mesmos, nos blocos dos pilares para fixação das esperas com brocas compatíveis com os chumbadores, sem danificar as armaduras (Figura 7).



Figura 7: Lançamento das esperas do segundo subsolo.
Fonte: Autores, (2019).

Executaram-se os furos entre os pavimentos para passagem dos ferros longitudinais com brocas compatíveis. Com os furos limpos e secos, introduziram-se as esperas (chumbadore) nas fundações utilizando adesivo epóxi (RE 500), conforme orientação do fabricante.

Posicionou-se as novas barras longitudinais e foi possível fixá-las aos chumbadores. Na interface concreto novo/concreto antigo, demarcou-se e executar os furos para conectar os estribos com brocas compatíveis com os conectores, sem danificar as armaduras existentes. Por conseguinte, limpam-se todos os furos com jato de ar comprimido antes de utilizar o adesivo (Figura 8).



Figura 8: Limpeza dos furos.
Fonte: Autores, (2019).

Com os furos limpos e secos, introduziram-se os estribos nos pilares, aplicando adesivo estrutural epóxi.

Na concretagem, todas as faces do concreto existente a ficar em contato com o concreto novo foram limpas com jato de água. Preparou-se a forma com compensados de 12 ou 14mm, para poder concretar com facilidade (Figura 9).



Figura 9: Preparo das formas para concretagem.
Fonte: Autores, (2019).

A forma foi estanque e foi aplicado um desmoldante na mesma. Calafetou-se bem a forma com espuma de poliuretano,

principalmente na interface com a estrutura existente e molhou-se com abundância antes e depois da concretagem (Figura 10).



Figura 10: Forma para concretagem.
Fonte: Autores, (2019).

Por fim, concretou-se toda a faixa utilizando concreto auto adensável com resistência igual a de projeto 30 MPa, finalmente, teve-se o reforço dos pilares concluídos (Figura 11).



Figura 11: Reforço dos Pilares totalmente finalizados.
Fonte: Autores, (2019).

O mesmo procedimento foi realizado com o pilar 311, pilar 316, pilar 322, pilar 325 da Torre 3.

III.3 ENSAIOS DE RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO

Para a garantia de que o reforço estrutural será eficaz, foi realizados ensaios de segurança normalizados pela ABNT, a fim de garantir a resistência dos concretos à compressão.

Realizaram-se ensaios de rompimento e modelagem, nos concretos e pilares reforçados.

Para tal, se utilizou uma prensa hidráulica, com escala de 0 a 120 toneladas, calibrada e aferida por uma empresa especializada do segmento de metrologia.

III. RESULTADOS

O resultado do ensaio de Modelagem seguido pela NBR 5738 (1994) está disposto na Figura 12, e o de Rompimento, NBR 5739 (1994), na Figura 13, a seguir.

SÉRIE	CP'S	DATA	HORA	LOCAL	ESPALHA.
01	06	23/03/15	14: 00	DOS. EXPERIM - CONCRETO Traço - Areia e Brita zero natural Cimento - Cemex CP I - 32 420Kg/m ³	400 mm

Figura 12: Ensaio de Moldagem do concreto.
Fonte: Autores, (2019).

DATA	IDADE (Dias)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)		Maior valor ou média	Concreto:	
		INDIVIDUAL			Não usinado	
26/03/15	03	37,9	37,7	37,9	Fck: 30 MPa	
30/03/15	07	44,1	43,3		44,1	Lançamento: Convencional
20/04/15	28	-	-		-	Cimento: Nassau CP I - 32
Concreto Confeccionado no Laboratório.					Slump especificado: 200 ± 20	

Figura 13: Ensaio de Rompimento do concreto.
Fonte: Autores, (2019).

A seguir tem-se o resultado dos ensaios com o Pilar 332 (Figura 14 e 15), demonstrado na seção anterior após reforço estrutural.

SÉRIE	CP'S	DATA	HORA	LOCAL	SLUMP
02	03	23.04.15	19:00	Pilar 332 - Torre 3 - 1ª Fase	200 mm

Figura 14: Ensaio de Moldagem do Pilar 332.
Fonte: Autores, (2019).

DATA	IDADE (Dias)	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO (Mpa)		Maior valor ou média	Concreto:	
		INDIVIDUAL			Não Usinado	
26.04.15	03	34,0		34,0	Fck: 30 MPa	
30.04.15	07	41,2			41,2	Lançamento: Bombeado
21.05.15	28	43,9			43,9	Cimento: Cemex CPIS 32
					Slump especificado: 220+/-20 mm	

Figura 15: Ensaio de Rompimento do Pilar 332.
Fonte: Autores, (2019).

Os demais pilares reforçados também obtiveram êxito em seus resultados.

Evidenciou-se uma sobrecarga nos pilares de obra da cidade de Manaus, mais especificamente na Torre 3. Por conta disso, levou-se em conta que um padrão de desempenho satisfatório da estrutura ou elemento, pode ter diferentes tipos de soluções (Figura 16), sendo preciso uma boa análise do tipo de intervenção a ser utilizada e qual o método mais viável a ser aplicado.

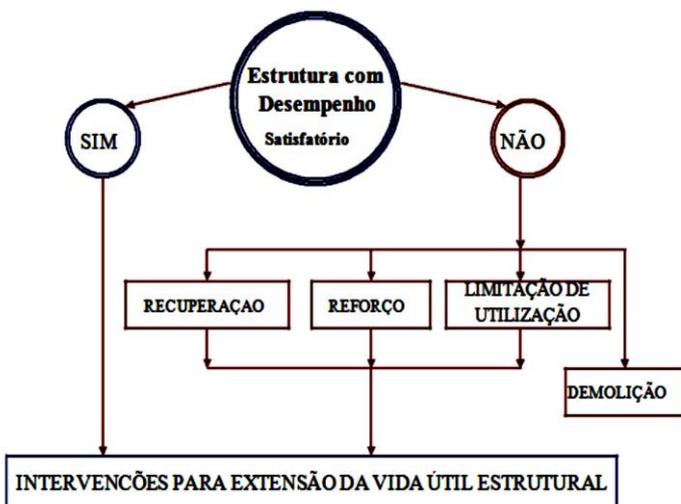


Figura 16: Hipóteses para solução de estruturas com desempenho insatisfatório.
Fonte: Adaptado de [25].

No caso deste estudo de campo, verificou-se que a solução mais adequada seria o reforço estrutural dos pilares. Para tal, abordou-se de toda a metodologia apresentada anteriormente para esta atividade.

Verificou-se que este reforço abrangeu atividades simples, como: a) Identificação dos pilares a serem refoçados; b) Apicoamento, escarificação a superfície do pilar; c) Retirada da textura lisa; d) Posicionamento do reforço conforme planta de formas; e) Locação o gabarito para início da intervenção; f) Limpeza da superfície do concreto; g) Marcação dos furos; h) Execução dos furos nos blocos dos pilares; i) Execução dos furos entre os pavimentos; j) Posicionamento das novas barras longitudinais; k) Limpeza de todos os furos com jato de ar; l) Introdução dos estribos nos pilares; m) Aplicação do adesivo epóxi; n) Realização da concretagem.

IV. CONCLUSÃO

Para solucionar o problema dos pilares do edifício se propôs a execução de um reforço que foi acompanhada de forma bastante atenciosa por parte dos profissionais envolvidos no projeto.

A correta escolha da técnica a ser utilizada numa recuperação estrutural, é que vai garantir o sucesso do trabalho realizado, pois a escolha errada pode acabar piorando o problema.

Há uma infinidade de técnicas e procedimentos para se adotar num trabalho de reforço ou recuperação, e que a cada dia, surgem novas técnicas e aprimoramentos, portanto fica este estudo a possibilidade para complementação com as novas descobertas da área que muito ainda há de se pesquisar como comparativo entre reconstrução e outras soluções de reforço e a elaboração de uma nova proposta para estrutura alterando o sistema construtivo.

Contudo, poderia ter sido feito um acompanhamento de desnível pós-execução da obra, mas este fato não teve nenhuma influencia negativa em sua execução, já que foram feitas visitas depois do reforço estrutural realizado.

V. REFERENCES

- [1] J. C. Carvalho, "Estudo comparativo entre fachadas em alvenaria de bloco cerâmico revestidas com argamassa e fachadas executadas com placas cimentícias," Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2015.
- [2] R. G. d. Melo, "Building information modeling (BIM) como ferramenta na compatibilização de projetos para construção civil," 2014.
- [3] A. P. A. Reis, "Reforço de vigas de concreto armado por meio de barras de aço adicionais ou chapas de aço e argamassa de alto desempenho," São Carlos. Dissertação (Mestrado)-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 1998.
- [4] O. M. Gonçalves, V. M. John, F. A. Picchi, and N. M. Sato, "Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações," Coletânea habitare, vol. 3, pp. 42-53, 2003.
- [5] C. A. d. M. Borges, "O conceito de desempenho de edificações e a sua importância para o setor da construção civil no Brasil," Universidade de São Paulo, 2008.

- [6] M. Y. Omar, A. Adorno, and A. Reis, "Análise experimental de pilares de concreto armado reforçados com concreto auto-adensável (CAA)," Simpósio EPUSP Sobre Estruturas de Concreto, vol. 6, 2006.
- [7] J. L. d. Silva, "Metodologia de projeto de fundações por estacas incluindo probabilidade de ruína," Universidade de São Paulo, 2006.
- [8] P. A. d. A. Rocha, "Reforço e reparação de pilares de edifícios de betão armado em zonas sísmicas," 2011.
- [9] D. de Alencar Velloso and F. de Rezende Lopes, Fundações, volume 1: critérios de projeto, investigação de subsolo, fundações superficiais: Oficina de Textos, 2004.
- [10] A. J. Beber, "Comportamento estrutural de vigas de concreto armado reforçadas com compósitos de fibra de carbono," 2003.
- [11] B. B. L. Silva, "Recuperação e Reforço de Estruturas em Concreto: Estudo de caso do reforço estrutural realizado no Hotel Café Royal em Varginha/MG," 2017.
- [12] A. P. A. Reis, "Reforço de vigas de concreto armado submetidas a pré-carregamento e ações de longa duração com aplicação de concretos de alta resistência e concretos com fibras de aço," São Carlos. Tese (Doutorado)-Escola de Engenharia de São Carlos-Universidade de São Paulo, 2003.
- [13] D. J. Q. da Silva Magalhães, "Sistemas construtivos de reabilitação e reforço de fundações," 2014.
- [14] G. Bittarello, "Colapso progressivo de estruturas de concreto pré-moldado," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- [15] C. Chastre, "Materiais e tecnologias de reforço de estruturas de betão-potencialidade e limitações," in REHABEND 2014-Congresso Latinoamericano "Patología de la construcción, Tecnología de la rehabilitación y gestión del patrimonio". Santander. 10p, 2014.
- [16] L. M. Pinheiro, "Fundamentos do concreto e projeto de edifícios," 2007.
- [17] K. K. P. Refati, "Inspeção em estruturas de alvenaria em blocos estruturais," Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2013.
- [18] L. Tavares, "Reforço Estrutural de Fundações e sua Importância para a Reabilitação e Conservação do Patrimônio Histórico," 2014.
- [19] A. R. Takeuti, "Comportamento resistente imediato e ao longo do tempo de pilares reforçados por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho," Universidade de São Paulo, 2003.
- [20] L. E. Moreira and J. Ripper, "Tópicos para uma ciência do objeto utilitário," in Tenth International Conference on Non-Conventional Materials and Technologies-NOCMAT-2008, Cali, 2008.
- [21] G. Galle, "Métodos de reforço passivos em elementos lineares fletidos em concreto armado: estudo comparativo do acréscimo de capacidade portante através de programa computacional," 2011.
- [22] N. ABNT, "6118. Projeto de estruturas de concreto," Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.
- [23] A. B. d. N. Técnicas, "NBR-5738: Moldagem e cura de corpos de prova cilíndricos ou prismáticos de concreto," ed: ABNT Rio de Janeiro, 1994.
- [24] A. NBR, "5739-Ensaio de compressão de corpos-de-prova cilíndricos de concreto: método de ensaio," Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- [25] A. R. Takeuti, "Reforço de pilares de concreto armado por meio de encamisamento com concreto de alto desempenho," São Carlos, 1999.