



# METODOLOGIA DE REFORÇO EM PILARES PARA ADEQUAÇÃO DE UTILIZAÇÃO EM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

**Manuel Fernando S. F. dos Santos<sup>1</sup>**

[manuelfernando@id.uff.br](mailto:manuelfernando@id.uff.br)

**Orlando Celso Longo<sup>2</sup>**

[orlandolongo@gmail.com](mailto:orlandolongo@gmail.com)

**Danielli C. B. Cintra<sup>3</sup>**

[daniellicbc@gmail.com](mailto:daniellicbc@gmail.com)

**Luciane Ferreira Alcoforado<sup>4</sup>**

[lucianealcoforado@gmail.com](mailto:lucianealcoforado@gmail.com)

## ÁREA: REABILITAÇÃO E LEGISLAÇÃO

### Resumo

Edificações com mais de três pavimentos na cidade do Rio de Janeiro estão sujeitas, desde o segundo semestre de 2013, ao Decreto-lei nº 37.423\13, com regulamentação da Lei Complementar nº 126\13 e 6400\13, tornando obrigatório a todos os prédios a realização de uma autovistoria quinquenal por meio de profissional habilitado junto aos conselhos regionais. Nessa premissa no início do ano de 2016, um apart-hotel localizado na orla da Barra da Tijuca, edificado em meados dos anos de 1980, se deparou com a surpresa de apresentar pilares subdimensionados sob a nova realidade de ocupação do edifício. Com seu projeto estrutural regido pela NB1-78, quando reavaliado por métodos computacionais adotando à NBR 6118 (ABNT, 2014) revelou-se a necessidade de realizar reforço estrutural em dez pilares de seus dois blocos do subsolo até seu pilotis. O grande desafio foi conciliar o reforço que se deu por incremento de seção transversal das peças e inserção de perfis metálicos, com o mínimo de prejuízo aos moradores e locatários, inseridos ainda em sua realidade orçamentária, sem a descaracterização do projeto estrutural original. Aglutina-se ao curto prazo, o fato de que várias unidades se encontravam locadas para a utilização no período das Olimpíadas e a descoberta ao longo da intervenção de dois pilares com fissuras passantes no primeiro pavimento dentro das unidades. Para os acréscimos mínimos na seção dos pilares, o reforço foi realizado com CFC.

Palavras-chave: Adequação de cargas

Reforço estrutural

Incorporação de estrutura metálica

Reforço com CFC

1. M.Sc. no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense

2. Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense

3. Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

4. Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

# **METODOLOGÍA DE REFUERZO EN PILARES PARA ADECUACIÓN DE UTILIZACIÓN EN CONDOMINIO RESIDENCIAL**

**Manuel Fernando S. F. dos Santos<sup>1</sup>**

[manuelfernando@id.uff.br](mailto:manuelfernando@id.uff.br)

**Orlando Celso Longo<sup>2</sup>**

[orlandolongo@gmail.com](mailto:orlandolongo@gmail.com)

**Danielli C.B. Cintra<sup>3</sup>**

[daniellicbc@gmail.com](mailto:daniellicbc@gmail.com)

**Luciane Ferreira Alcoforado<sup>4</sup>**

[lucianealcoforado@gmail.com](mailto:lucianealcoforado@gmail.com)

## **AREA: REHABILITACIÓN Y LEGISLACIÓN**

### **Resumen**

Las edificaciones con más de tres pavimentos en la ciudad de Río de Janeiro están sujetas desde el segundo semestre de 2013 al Decreto-ley no 37.423 \ 13, con reglamentación de la Ley Complementaria no 126 \ 13 y 6400 \ 13, haciendo obligatorio a todos los edificios la realización de una auto-reconocimiento quinquenal por medio de profesional habilitado junto a los consejos regionales. En esta premisa a principios del año 2016, un apart hotel situado en la orilla de la Barra da Tijuca, edificado a mediados de los años 1980, se encontró con la sorpresa de presentar pilares subdimensionados bajo la nueva realidad de ocupación del edificio. Con su proyecto estructural regido por la NB1-78, cuando reevaluado por métodos computacionales adoptando a la NBR 6118 (ABNT, 2114) se reveló la necesidad de realizar refuerzo estructural en diez pilares de sus dos bloques del subsuelo hasta su pilotis. El gran desafío fue conciliar el refuerzo que se dio por incremento de sección transversal de las piezas e inserción de perfiles metálicos, con el mínimo de perjuicio a los moradores y locatarios, insertados aún en su realidad presupuestaria, sin la descaracterización del proyecto estructural original. Se aglutina a corto plazo, el hecho de que varias unidades se encontraban locadas para la utilización en el período de las Olimpiadas y el descubrimiento a lo largo de la intervención de dos pilares con fisuras pasantes en el primer pavimento dentro de las unidades. Para los aumentos mínimos en la sección de los pilares, el refuerzo fue realizado con CFC.

Palabras clave: Adecuación de cargas  
Refuerzo estructural  
Incorporación de estructura metálica  
Refuerzo con CFC

---

1. M.Sc. no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

2. Coordenador do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

3. Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

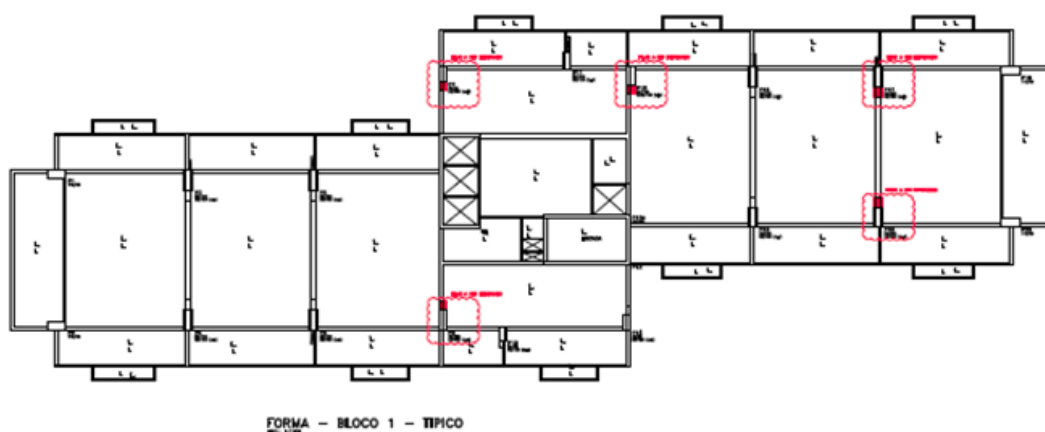
4. Professora do Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal Fluminense.

## 1 - Introdução

O cumprimento da realização de auto vistoria em edifícios construídos à mais de cinco anos na cidade do Rio de Janeiro, detectou a deficiência de dimensionamento em um condomínio, edificado nos anos iniciais da década de 1980 do século passado. Inicialmente projetado para servir como apart-hotel, viu ao longo do tempo a mudança gradual de utilização, para um edifício residencial. Composto de um embasamento que compreende o subsolo, térreo e pilotis, de onde nascem as duas torres com 16 pavimentos cada, as mudanças internas realizadas pelos proprietários nas unidades, à revelia da administração, tais como fechamento e incorporação das áreas das varandas e remoção de alvenarias, originaram o surgimento de trincas que levaram à demanda de reforço estrutural em cinco pilares em cada bloco.

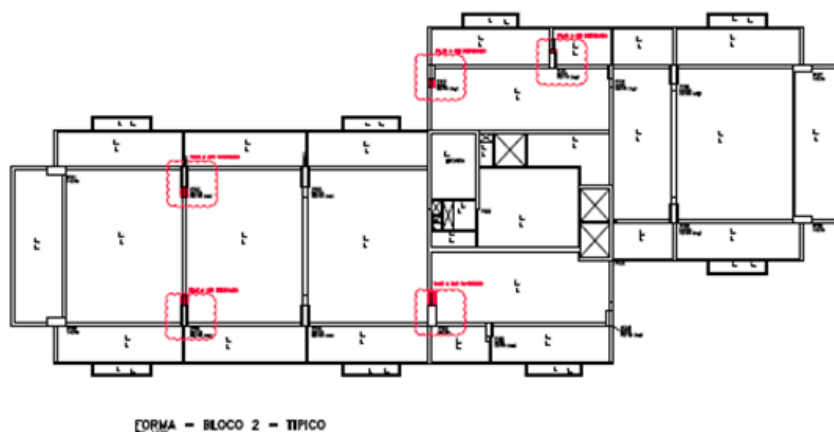
A opção da realização do reforço nos pilares assinalados na Figura 1 e Figura 2, partiu de uma solução mais contemporânea de modo à permitir sua viabilização econômica, mas as características atuais de utilização não permitiram que todas as peças envolvidas obtivessem a mesma solução clássica, sendo necessário adequação em função de seu ambiente.

Figura 1 – Planta baixa do pavimento tipo do bloco nº. 1 .



Fonte: Construtora do empreendimento

Figura 2 – Planta baixa dos bloco nº.2 .



## **2 - Análise da Estrutura**

O objetivo inicial da análise estrutural era comparar as cargas adotadas no projeto original, a NB-1\78 e NB-5 \78 da ABNT, com as cargas atuais existentes e as diversas modificações executadas. Foram modelados na sua totalidade e independentemente cada bloco pelo software TQS (versão 17.1). Com base nesses dois modelos e com as plantas originais de forma e armadura do projeto estrutural, foi obtido o diagnóstico sobre a capacidade estrutural existente nos pavimentos a partir do teto do pilotis, segundo a norma brasileira NBR-6118\2014. Foi assumido pela empresa consultora responsável pela análise do projeto inicial, que pelo vulto do empreendimento e época de sua construção a resistência de 18,0 MPa para o concreto empregado e aço CA-50 B para as armaduras, já que não foram encontrados os projetos da estrutura originais. Após estes 30 anos de existência é razoável admitir que o concreto tivesse um acréscimo de 10% em sua resistência.

A metodologia de dimensionamento seguiu a normatização brasileira de concreto armado, e no que tange ao reforço estrutural foram seguidas as prescrições do Bulletin 40 da FIB (2007).

Na verificação ficou constatado que no bloco 1, apenas 30 % das peças apresentavam  $f_{ck}$  superior a expectativa de 19,8 Mpa e que no bloco 2, 40% dos pilares atendiam a premissa estabelecida, apresentando uma seção transversal insuficiente, mesmo com a taxa máxima de armadura de 4%.

As bitolas de aço existentes no projeto original, algumas em polegadas, tem dimensões diferentes das atuais em milímetros, o que provoca no dimensionamento atual condições mais desfavoráveis, especialmente nos lances mais carregados dos pilares, além disso, atualmente os cobrimentos são maiores o que também reduz à resistência a flexão.

A análise comparativa entre a NB1-78 de projeto, e a NBR 6118\2014 demonstrou que quatorze pilares apresentavam algum tipo de insuficiência no Bloco 1, e onze pilares de modo análogo no Bloco 2.

Na análise final, ficou constatada a necessidade de reforço, inicialmente em dez pilares nos dois blocos. No bloco 1, nos pilares P7, P9, P12, P17 e P18, e P23, P24, P27, P29, P31 do bloco 2. Todos tiveram suas seções aumentadas em função da nova avaliação de cargas observadas, do seu bloco de fundação até o teto do pilotis. A Figura 2 apresenta um trecho dessa análise pelo diagrama.

No pilar P27, ao do nível térreo ocorreu a inclusão de um perfil metálico W 200 x 86, de modo a diminuir a seção, já que o mesmo se encontra neste pavimento dentro da cozinha do restaurante, os demais trechos tiveram seu reforço de modo tradicional, com inclusão suplementar de armadura de flexão e cisalhamento e recobertas com concreto.

Na análise das fundações, não foi constatada a necessidade de quaisquer reforços, já que o conjunto existente apresentava capacidade resistente suficiente.

No decorrer da execução do reforço, foi verificado ainda a necessidade de reforço do P4 e P7, no primeiro pavimento do Bloco 1. Este reforço por ser realizado dentro das unidades, se

deu por meio do encamisamento com fibra de carbono (CFC) já que a modalidade tradicional de reforço não poderia ser executada na unidade, sob o risco da perda de área útil significativa nas unidades, além do surgimento de arestas indesejáveis.

### 3 – Reforço das Peças

#### 3.1 – Bloco 1

Os pilares P7, P9, P12, P17 e P18 receberam reforço pelo de aumento de suas armaduras e seções. Foi utilizado concreto convencional bombeado de 25,0 MPa, fornecido por usina tradicional de mercado. A opção pelo traço de concreto elevado em relação ao projeto inicial deu-se pelo fato de que um concreto com menor resistência elevaria o ônus final do reforço, optando assim pela viabilidade econômica.

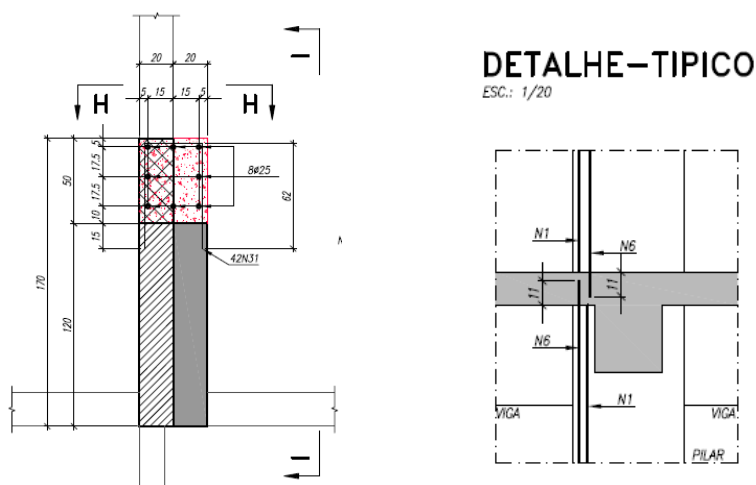
Os pilares tiveram suas seções acrescidas em três pavimentos, do subsolo, passando pelo térreo até o nível pilotis. Os diferentes acréscimos de seção e armadura esta demonstradas na Tabela 3.

**Tabela 1 – Reforço de pilares no Bloco 1.**

BLOCO 1			
Peça	Seção Original (m)	Seção Acrescida (m)	Barras de aço CA 50 Acrescidas (unid.)
P7	0,90 x 0,40	0,50 x 0,40	8 $\phi$ 25,0 mm
P9	1,20 x 0,40	0,50 x 0,40	8 $\phi$ 25,0 mm
P12	1,10 x 0,40	0,60 x 0,40	10 $\phi$ 25,0 mm
P17	1,20 x 0,50	0,60 x 0,50	10 $\phi$ 25,0 mm
P18	1,20 x 0,50	0,60 x 0,50	10 $\phi$ 25,0 mm

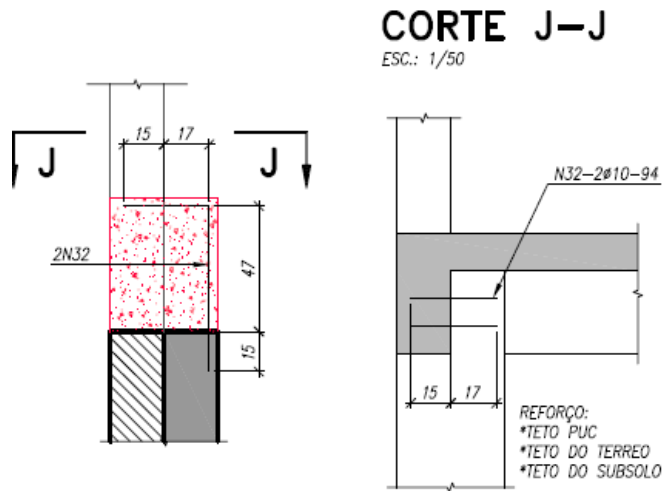
As figuras a seguir demonstram um detalhe típico do reforço realizado nas peças .

**Figura 3 – Detalhe típico de reforço das peças em planta e corte.**



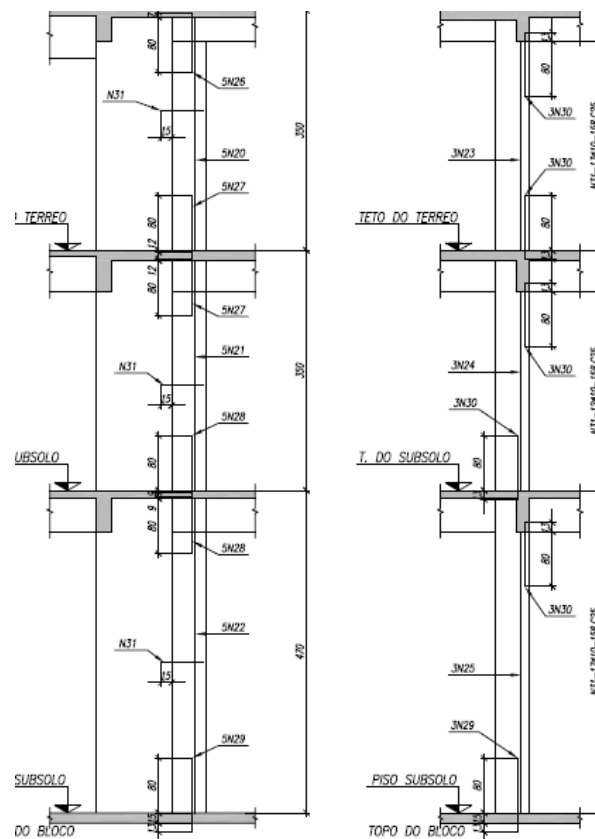
Fonte: Consultoria do Projeto

Figura 4 – Detalhe típico do corte transversal .



Fonte: Consultoria do Projeto

Figura 5 – Detalhe típico do corte dos pavimentos.



Fonte: Consultoria do Projeto

A altura de pé-direito é maior no pavimento subsolo com 4,70 m e 3,50 m no pavimento térreo e pilotis.

A opção da utilização de fibra de carbono nos pilares P4 e P7 será descrita em um parágrafo específico.

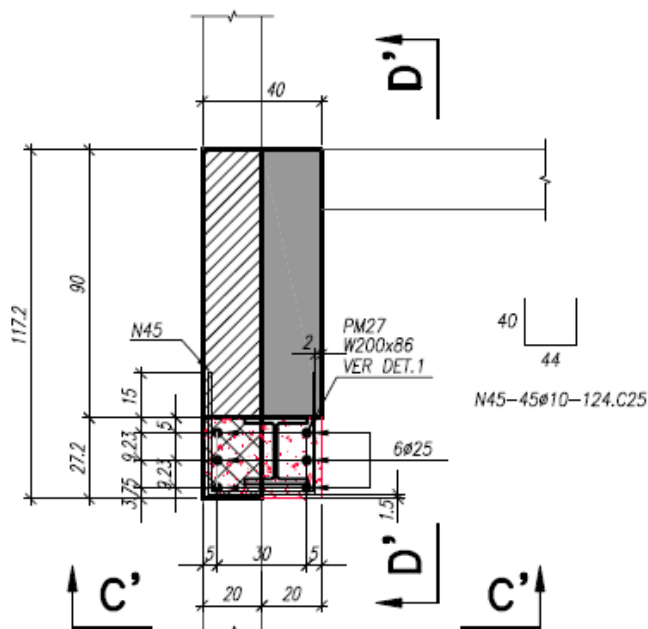
### 3.2 – Bloco 2

De modo análogo ao outro bloco, os pilares receberam incremento de sua seção através da incorporação de novas armaduras e concreto. O P27, pela particularidade de se encontrar na cozinha do restaurante, não permitia o incremento de seção necessária, com risco de obstruir a passagem na mesma. Um perfil metálico permitiu que a seção pudesse ser reduzida, mas para proteção do ambiente agressivo, o mesmo foi revestido com concreto.

**Tabela 4 – Reforço de pilares no Bloco 2.**

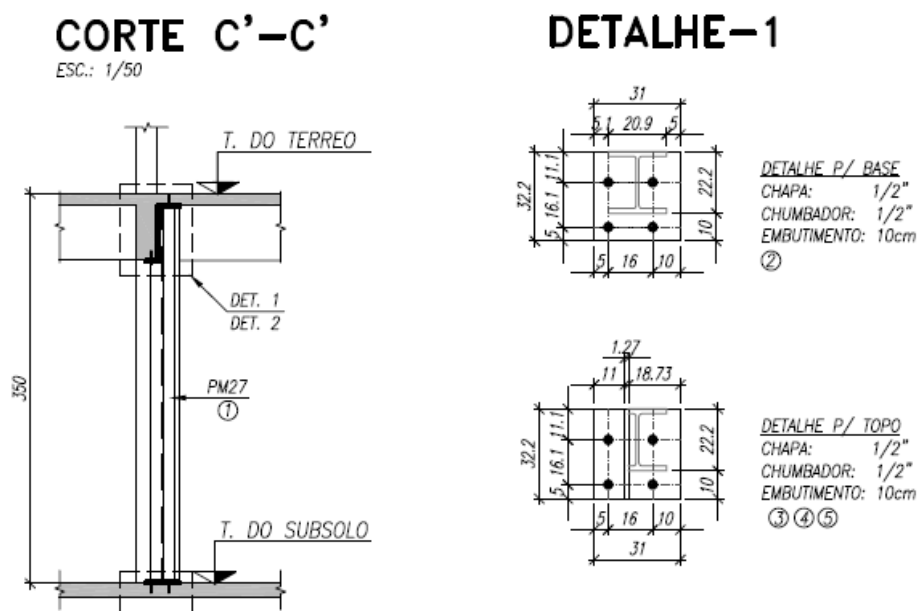
BLOCO 2			
Peça	Seção Original ( m )	Seção Acrescida (m)	Área de aço CA 50 Acrescida (unid.)
P23	1,20 x 0,50	0,60 x 0,50	10 $\phi$ 25,0 mm
P24	1,20 x 0,50	0,60 x 0,50	10 $\phi$ 25,0 mm
P27	1,40 x 0,40	0,50 x 0,40	6 $\phi$ 25,0 mm
P29	1,20 x 0,50	0,80 x 0,50	10 $\phi$ 25,0 mm
P31	0,90 x 0,50	0,20 x 0,40	8 $\phi$ 25,0 mm

**Figura 6 – Reforço P 27 com perfil metálico W 200 x 86 em planta.**



Fonte: Consultoria do Projeto

Figura 7 – Corte do P 27 com perfil metálico.



Fonte: Consultoria do Projeto

## 4 – Metodologia de execução

### 4.1 – Reforço em concreto

Definido o tipo de reforço das peças, foram iniciados os serviços de adequação das peças em conjunto com a administração do condomínio, já que as peças implicavam na realização de serviços em mais de vinte áreas específicas diferentes, tais como, sauna, cozinha do restaurante e salão de convenções entre outras.

A proximidade dos jogos olímpicos era um fator preponderante a execução dos serviços, tendo em vista que diversas unidades estavam locadas e não poderia haver interdições em áreas críticas como garagem, cozinha ou sala de convenções.

Os serviços tiveram as seguintes etapas:

- Remoção de revestimentos;
- Corte e apicoamento das superfícies de concreto;
- Execução de perfuração para incorporação das novas armaduras;
- Aspersão das impurezas dos furos realizados;
- Aplicação de resina epóxica tixotrópica para incorporação das armaduras;



- Corte, preparo e colocação das armaduras nas peças;
- Fixação das armaduras em aço CA 50;
- Lavagem ou aspersão de material pulverulento das superfícies de concreto;
- Aplicação de formas metálicas para aplicação da nova camada de concreto;
- Aplicação de concreto Fck 25,0 Mpa auto adensável;
- Remoção das formas metálicas;
- Aplicação de argamassa tixotrópica no topo dos pilares.

**Figura 8 – Superfície do pilar apicoada e furada, aguardando armação de reforço.**



Fonte: Autores

**Figura 9.a e Figura 9.b – Marcação da furação e armadura de arraque do reforço .**



Fonte: Autores

Figura 10.a e Figura 10.b – Início da armação de re e armadura de arraque do reforço .



Fonte: Autores

Figura 11.a e Figura 11.b – Inseção do pilar metalico na cozinha do restaurante .



Fonte: Autores

Figura 12.a e Figura 12.b – Instalação da forma e fechamento superior com argamassa tixotrópica.



Fonte: Autores

Figura 13.a e Figura 13.b – Reforço concluído na sala de convenção e cozinha, sem revestimento.



Fonte: Autores



#### 4.1 – Reforço em CFC

Ao término dos serviços de reforços dos pilares, uma reforma no primeiro pavimento detectou uma trinca passante no pilar P4, e outra no P7. Como o reforço realizado restringia-se a partes comuns do edifício, por questões de viabilidade econômica descartou-se a execução do reforço com fibra de carbono. A solução adotada inicialmente implicaria na criação de ressaltos e perda de área útil na unidade, sendo descartada. O reforço viabilizou-se com o compósito de modo a permanecer inalterada a disposição arquitetônica dos ambientes.

**Figura 14.a e Figura 14.b – Trinca existente no P4 e P7.**



**Fonte: Autores**

O envelopamento da seção requer uma preparação prévia, com remoção de materiais do revestimento que apresentem baixa resistência, bem como o arredondamento dos cantos das peças, evitando a formação de ângulos retos para a aplicação da manta.

**Figura 15 – Arredondamento das quinas do P4.**



**Fonte: Autores**

A trinca existente, foi tratada com injeção de resina epóxica de média viscosidade para consolidação do maciço de concreto. As superfícies são limpas com ar comprimido para remoção de materias pulverulentos que podem prejudicar a aderencia da manta a área de concreto.

**Figura 16.a e Figura 16.b – Aplicação de resina e aspensão das superfícies..**



**Fonte: Autores**

Após a limpeza, é aplicada a primeira camada de primer epóxico para isolamento da superfície e serve de base para aplicação de uma camada de epóxi saturante.

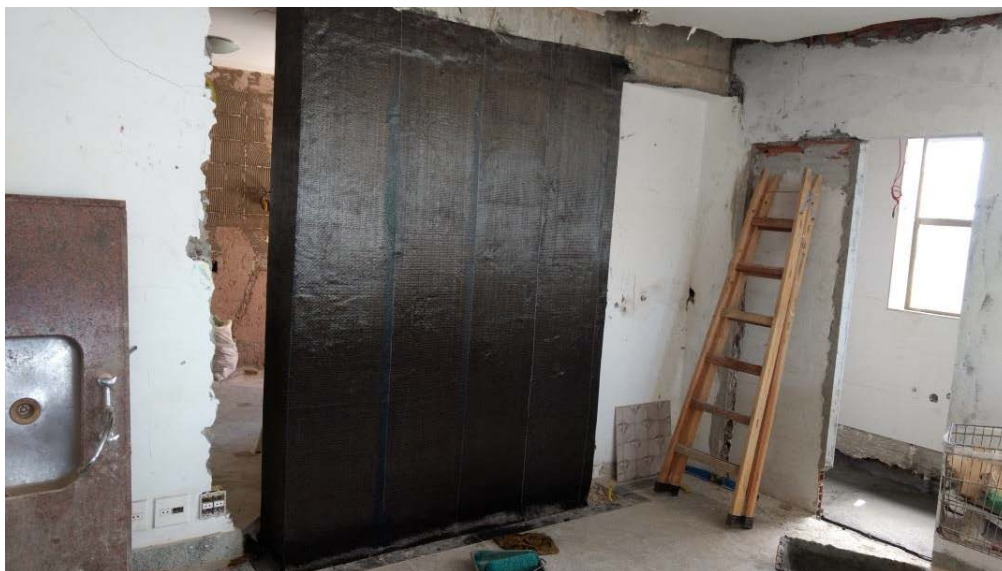
**Figura 17 – Pilar com as duas camadas de epóxi aplicadas.**



**Fonte: Autores**

Nessa fase, a superfície deve estar completamente lisa e apresentar aspecto vítreo, para a aplicação do adesivo estrutural que receberá a primeira camada de CFC. A primeira camada é aplicada no sentido vertical da peça, com sobreposição de 5 cm sobre as camadas. A fibra deve ser pressionada energicamente sobre a superfície, de modo a não ocorrer a retenção de bolhas de ar entre a resina e a camada de fibra. O procedimento deve ser repetido até que as bolhas sejam removidas.

**Figura 18 – Pilar P7 com a primeira camada de CFC.**



**Fonte: Autores**

A próxima camada deve ser aplicada de modo que as fibras fiquem perpendiculares a primeira aplicação. Uma nova camada de adesivo é aplicada, de modo análogo a anterior.

**Figura 19 – Início da aplicação da segunda camada de fibra.**



**Fonte: Autores**

Em um período não inferior a vinte e quatro horas, é aplicada uma camada final de epóxi para suturação e proteção das fibras. Essa camada final permite a aplicação de pinturas de qualquer natureza ou execução de revestimento das peças.

**Figura 20 – Peças com camada final de acabamento epoxico.**



**Fonte: Autores**

O compósito empregado apresenta fibras unidirecionais, com as características abaixo;

- Gramatura de 300 g/m<sup>2</sup>;
- Espessura de 0,166 mm;
- Resistência máxima à tração de 4900 Mpa;
- Módulo de Elasticidade de 230 GPa ;
- Alongamento de ruptura de 2,1% .

## 5 – Considerações finais

A opção do Condomínio pela adoção de um sistema de reforço mais conservador atendeu aos anseios econômicos de seus moradores, mesmo com o sacrifício arquitetônico de diversos cômodos em suas áreas comuns. Ao término do reforço, a descoberta de trincas não previstas no projeto original dentro de unidades obrigou o emprego de uma tecnologia mais moderna, sem prejuízo arquitetônico nas áreas internas dos apartamentos.

## **Referências**

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NB-1\1978: Projeto de Estruturas de Concreto.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NB-5\1978: Cargas para o Cálculo de Estruturas e Edificações

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR-6118: Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

FIB.Bulleti 40 “ FRP Reinforcement for RC Structures”. Bulletin 09\ 2007.