



SARKIS

Engenharia Estrutural
Projeto e Consultoria

LAUDO ESTRUTURAL

Obra: **Edifício Galeria Rio Branco**

Cliente: Prefeitura Municipal de Santa Maria

Local: Avenida Rio Branco, 465

Santa Maria - RS

Data: Julho de 2022.



LAUDO ESTRUTURAL

Obra: **Edifício Galeria Rio Branco**

Cliente: Prefeitura Municipal de Santa Maria

Local: Avenida Rio Branco, 465

Santa Maria - RS

Data: Julho de 2022.

1 Introdução e Caracterização do Local

Para apoiar os encaminhamentos dos procedimentos licitatórios para venda do prédio em referência e decidir sobre as medidas de segurança necessárias, a Prefeitura Municipal de Santa Maria contratou a Sarkis Engenharia Estrutural Ltda para atender o termo de referência que, do ponto de vista técnico, está consolidado nos seguintes itens:

“-Caracterização do local

-Avaliação do estado de conservação e condições estruturais

-Análise detalhada de todos os laudos existentes;

-Esgotamento da água de subsolo;

-Inspeção e vistoria da estrutura em todos os pavimentos;

-Levantamento fotográfico das principais patologias e evolução das patologias identificadas nos relatórios da CIENTEC;

-Emissão de Laudo de Avaliação das condições de segurança, quanto à solidez estrutural, bem como outros aspectos do Edifício Galeria Rio Branco, de modo a atualizar o Laudo emitido pela CIENTEC”

-Enquadramento do Grau de Risco das manifestações patológicas nas definições do Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia (IBAPE)



-Entrega do relatório final em uma via impressa e arquivo digital em PDF;

-ART do laudo.

-Demais informações porventura levantadas”

Para atendimento da demanda foram programados os seguintes procedimentos:

- a) Coleta e análise da documentação existente;
- b) Elaboração e análise da anamnese da obra;
- c) Reconstituição digital da planta arquitetônica dos pavimentos com locação dos pilares;
- d) Levantamento da posição dos pilares reportados sobre a planta baixa digital de cada pavimento com numeração dos pilares e dimensões nos pavimentos inferiores;
- e) Esgotamento da água do subsolo e desobstrução dos acessos;
- f) Levantamento fotográfico das sintomatologias das patologias com indicação em planta da posição de tomada das fotos, com especial atenção para repetir as fotos de vistorias anteriores;
- g) Exames complementares se necessários, considerando os exames já realizados nas vistorias anteriores;
- h) Diagnóstico e recomendação para cada tipo de patologia; e
- i) Conclusões.

O local da obra, avenida Rio Branco, 465, nas proximidades da Câmara de Vereadores, pode ser caracterizado pelas condições de uso do espaço urbano como de destinação comercial e residencial, o que é traduzido no projeto arquitetônico original. Os pavimentos térreo e sobreloja foram destinados ao uso comercial.



Os demais pavimentos foram destinados ao uso residencial na concepção original.

As condições do solo na região são muito favoráveis para execução de fundações em sapatas, no caso de subsolos escavados ou estacas relativamente curtas, quando não há previsão de subsolo. Três sondagens recentes na região, feitas pela empresa Geocentro, para a obra da ampliação da Câmara de Vereadores, encontraram índices SPT de 30 a 40 para profundidades inferiores a 3 metros. Os mesmos furos de sondagem, prolongados até 8 e 9 metros de profundidade não encontraram água de lençol freático.

A construção é do tipo estruturada em concreto armado, com paredes cumprindo apenas o papel de vedação sem função estrutural.

Na situação atual se apresenta constituída por dois blocos, separados apenas por junta de dilatação, inacabados, de planta retangular e simétrica, referenciados neste trabalho e nos demais relatórios e consultorias como “bloco da frente” e “bloco dos fundos”.

A junta de dilatação foi executada após a caixa da escada e a caixa do elevador. Essas caixas ficaram solidárias ao bloco da frente.

No bloco da frente, cuja fachada principal está voltada para a Av. Rio Branco (Figura 1), foram construídos 17 andares, que corresponde à previsão do projeto original, sendo estes: subsolo, térreo, sobreloja e 14 pavimentos tipo. Há ainda, acima do último andar, um terraço com uma parte coberta parcialmente construída (Figura 7 e Figura 8). Todos os andares deste bloco possuem paredes externas e internas construídas, porém nuas (sem acabamento), não havendo também nenhum tipo de revestimento final em pisos e forros, com exceção do andar térreo e parte da sobre loja que se encontram parcialmente acabados e algumas lajes dos pavimentos superiores que se encontram revestidas com salpique de cimento e areia. Em alguns pavimentos não foram



construídas todas as paredes internas previstas no projeto arquitetônico. No décimo pavimento tipo a parede da fachada principal (Avenida Rio Branco) também não foi construída (Figura 1).

No bloco dos fundos existe a mesma distribuição dos andares que o bloco de frente, porém a construção foi paralisada na cobertura do quinto pavimento, segundo pavimento tipo (Figura 3 à Figura 5). Além disso, somente o andar térreo possui paredes, estando os demais andares “em osso” (somente estrutura “levantada”).

Em cada bloco estão bem identificados três pórticos formados por cinco pilares cada pórtico e quatro pórticos formados por três pilares cada pórtico. No bloco da frente os esforços horizontais (ação do vento) são suportados adicionalmente pelos pórticos da caixa do elevador e da caixa da escada. Esse é o bloco sujeito à ação do vento, pois o bloco dos fundos foi interrompido em baixa altura e não tem paredes, que recebem a pressão do vento, exceto no pavimento térreo.

No que se refere à aplicação da “Norma de Inspeção Predial Nacional” produzida pelo IBAPE a dificuldade é que ela é direcionada para prédios habitados. A redação do caput do item 4.4 da referida norma, que transcrevemos na sequência em itálico com comentários em negrito, esclarece bem o assunto:

“4.4 Grau de Risco

Critério de classificação das anomalias e falhas existentes na edificação, constatadas em uma inspeção predial, considerado o risco oferecido aos usuários (a obra não tem usuários), ao meio ambiente (como não tem usuários não existe esse risco) ao patrimônio (o prejuízo principal já foi causado, pode-se dizer que a ausência de providências pode trazer algum



acréscimo mínimo nesse tópico), dentro dos limites da inspeção predial.”

Considerando a definição do item 4.4.3 e o período de validade dessa inspeção, pelos critérios da classificação do grau de risco pelo IBAPE seria “mínimo” (*baixo ou nenhum comprometimento do valor imobiliário*).

Para melhor entendimento da caracterização do local seguem fotos atualizadas de caráter geral.



Figura 1 – Foto nordeste da fachada principal

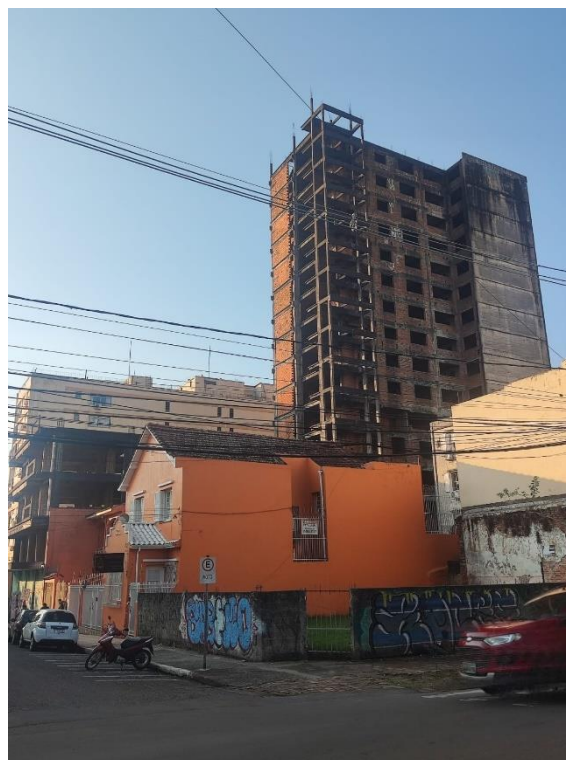


Figura 2 – Foto sul do bloco da Frente



SARKIS

Engenharia Estrutural
Projeto e Consultoria



Figura 3 – Foto noroeste da fachada dos fundos



Figura 4– Foto sudoeste da fachada dos fundos



Figura 5 – Detalhe das armaduras de espera bloco dos fundos



SARKIS

Engenharia Estrutural
Projeto e Consultoria



Figura 6 – Foto dos pórticos do bloco dos fundos



Figura 7 – Foto da laje do terraço



Figura 8 – Foto da laje do terraço



2 Análise da Documentação e Anamnese

Pela documentação recuperada e informações colhidas com o professor emérito Arquiteto José Antonio Brenner, autor do projeto arquitetônico, foi possível estabelecer a anamnese da obra que segue, suficiente para a finalidade deste Laudo.

A obra teve início em meados dos anos 60, entre 1964 e 1965.

O projeto estrutural, que não foi possível recuperar, foi elaborado pela renomada projetista estrutural da época, professora engenheira Leda Gobetti da disciplina de concreto armado da então URGS, assistente do professor Ivo Wolf, outro expoente estadual na área de projeto estrutural. Segundo o relato do professor José Antonio Brenner o projeto teria sido desenvolvido com a participação do esposo da Engenheira Leda Gobetti, também engenheiro.

Na época vigorava a histórica Norma Brasileira NB 1, precursora de todas as normas da atual ABNT, e a prática da construção civil tinha algumas características diferentes da atual.

A obra transcorreu em ritmo normal durante um bom tempo. Depois, devido a demandas judiciais, foi diminuindo o ritmo até paralisar totalmente em 1970.

Importante registrar também, que na época de elaboração do projeto estrutural desse prédio, os projetos arquitetônicos já previam em cada pavimento a continuidade dos pilares desde o subsolo até a cobertura. Não se usava nada parecido com viga de transição, comum atualmente.

Não existiam computadores nem calculadoras avançadas. Era corrente o uso de régua de cálculo para as operações mais avançadas e a calculadora manual para as 4 operações.

A NB 1 e a EB 3 (Especificação Brasileira 3 que tratava dos aços para concreto armado) impunham várias condições cumulativas de segurança para compensar as imprecisões matemáticas estruturais presentes nos processos de análise e



dimensionamento da época. A inexistência dos recursos computacionais de hoje não permitia uma análise mais acurada e econômica. A opção das normas era pelo excesso de segurança.

A obra foi parcialmente ocupada no andar térreo e sobreloja por atividades comerciais durante algum tempo, como se deduz pelos resquícios dessa ocupação deixada nos acabamentos e pela nossa lembrança e de moradores nas redondezas.

Várias consultorias foram realizadas ao longo dos anos.

A mais antiga que foi localizada pela Prefeitura e nos arquivos da Sarkis Engenharia é de fevereiro de 2006, contratada pelo representante do Condomínio, senhor Bartolomeu Ceccim Segundo e realizada pela Sarkis Engenharia Estrutural.

Essa consultoria relata e se reporta às consultorias anteriores, especialmente as da CIENTEC, que foram tomadas como base para propor os métodos e materiais a serem usados na recuperação da estrutura. Os procedimentos recomendados continuam válidos com atualização dos materiais e procedimentos em virtude do avanço da tecnologia. São os seguintes documentos que foram analisados nessa consultoria:

Relatório 133635 de 20/12/1992 da CIENTEC - Não encontrado.

Avaliação da Segurança da Marquise de 30/11/1993 da Sarkis Engenharia Estrutural - encontrado nos arquivos da Sarkis Engenharia. Esse relatório descreve detalhadamente a investigação realizada para emitir o laudo de segurança estrutural para a marquise. Foram descritos e fotografados os poços de inspeção executados na marquise para identificar espessura da laje, posição, espaçamento e profundidade da armadura, concluindo ao final pela segurança com grande folga do elemento investigado inclusive considerando a carga de uma eventual propaganda comercial na ponta da marquise (200 kgf/m).



Relatório 15704/50306 de 22/08/2005 da CIENTEC –

Encontrado nos arquivos da Sarkis Engenharia. Esse relatório se reporta aos relatórios anteriores da Sarkis Engenharia e da própria CIENTEC. Como no relatório anterior da CIENTEC, de 1992, não tinha sido possível o acesso ao subsolo inundado, ele faz a complementação daquele relatório, elencando ao final as recomendações sobre medidas emergenciais, bem como de médio e de longo prazo que devem ser adotadas para garantir a conservação da estrutura. No geral considera a estrutura global passível de recuperação e sem risco estrutural a curto prazo. Estabelece uma periodicidade máxima de 5 anos para novas inspeções e avaliações.

Posteriormente mais três documentos foram emitidos sobre a obra, localizados nos arquivos da Prefeitura:

Relatório 29577/117647 de 14/12/2010 da CIENTEC. Esse relatório segue o mesmo padrão do de 2005, inclusive atendendo a periodicidade das inspeções recomendada naquele relatório (cinco anos). As conclusões e recomendações são também, praticamente as mesmas, inclusive com algumas simplificações. O acréscimo importante de informação trazida nesse relatório foram os ensaios de frente de carbonatação com aplicação de fenolftaleína no subsolo e a de esclerometria para estimar a resistência do concreto. O ensaio de frente de carbonatação será repetido como se verá adiante, pois a frente de carbonatação tende a avançar com o tempo. O ensaio de esclerometria pode ser aproveitado o resultado da época, pois a tendência é apresentar resultados melhores com o envelhecimento do concreto. Importante ressaltar que a constatação resultante de várias experiências do consultor e do responsável técnico deste relatório no projeto de recuperação de pontes antigas é corroborada pelos resultados encontrados pela CIENTEC (página 18, fck estimado em 28 MPa ou 280 kgf/cm²). Na época a NB 1 limitava o uso no cálculo ao equivalente de fck de 135 a 150 kgf/cm². Por outro lado, as especificações para construção em concreto armado determinavam um consumo mínimo de 300kg de cimento por



m³ de concreto. Em condições normais, esse consumo resulta numa resistência bem maior como a encontrada no exame da CIENTEC. No caso do projeto estrutural do edifício em análise, teria sido utilizado no máximo o valor de 150 kgf/cm² (talvez 135 kgf/cm²) e na estrutura real a resistência é quase o dobro do necessário. Nesse relatório de 2010 é feita referência ao relatório da CIENTEC de 1992, que não foi encontrado, atribuído a autoria ao Engenheiro Alfiere Félix Gobetti, provavelmente o coautor do projeto estrutural original.

Laudo Técnico de 15/04/2011 do Engenheiro Eduardo Rizzatti. Esse laudo, feito pouco após o relatório e inspeção da CIENTEC, reitera e repete de forma bem simplificada o relatório anterior.

Relatório 39022/179172 de 03/12/2014 da CIENTEC. Esse laudo antecipou em um ano a periodicidade máxima do relatório anterior da mesma Fundação. Repete os procedimentos anteriores e inclusive, nas Constatações (página 18) reproduz em itálico as Conclusões e Recomendações do relatório de 2010 (página 19) acrescentando ao final apenas que o escoamento da água da marquise do bloco da frente estava obstruído, acumulando uma lâmina d'água de 10 a 15 cm resultando numa carga permanente extra norma (NB 5) de 150 a 200 kgf/m². Entretanto, essa constatação comparada com a detalhada avaliação da marquise de 1993, reportada acima, não representa nenhum risco real, tendo em conta a folga de resistência encontrada na ocasião e o fato que parte considerável da carga de norma, usada naquela verificação (Painel ou anúncio na borda da marquise) nunca foi implementada.

3 Investigação Geral

Como investigação geral foram feitas fotos abrangentes e levantamento cadastral para permitir a elaboração de desenhos onde pudessem ser identificadas as posições dos elementos



estruturais e posições de patologias e das fotos tiradas durante o levantamento final.

Como nos relatórios e consultorias anteriores não havia essa identificação para referência, a comparação precisa com a situação anterior foi feita pela semelhança fotográfica entre a situação anterior e a atual.

Para melhor análise dos resultados as fotos de cada pavimento tiveram assinaladas a sua posição em uma planta baixa específica do respectivo pavimento. O levantamento fotográfico de cada pavimento foi reunido em Anexos deste relatório, um Anexo para cada pavimento.

4 Reconstituição Digital das Plantas

Para permitir uma boa análise do comportamento geral da estrutura e correta referência dos elementos fotografados, foram reconstituídas digitalmente as plantas baixas do projeto arquitetônico. Em cima dessas plantas foram locados com as respectivas dimensões os pilares do prédio como eles se apresentam no nível do térreo e da sobre loja. Os pilares foram todos numerados de 01 a 70. Nos pavimentos superiores os pilares diminuem de seção, mas nos desenhos foram representados com a seção dos pavimentos inferiores.

Ao longo das vistorias foram feitas correções no posicionamento de alguns elementos arquitetônicos para indicar com mais precisão a situação real.

Assim foi localizada uma escada de acesso ao subsolo que não constava no projeto, paredes do subsolo foram acrescentadas e outras foram retiradas.

Nos anexos de cada pavimento, mencionados acima, foram incluídas as respectivas plantas, ressalvando que nos pavimentos tipo nem todas as paredes não executadas foram excluídas. O



objetivo das plantas é permitir uma correta identificação dos elementos estruturais fotografados.

5 Desobstrução do Acesso ao Subsolo

Para permitir a vistoria do subsolo foi feito o esgotamento possível da água e a desobstrução das escadas de acesso e da galeria para permitir melhor trânsito dos equipamentos (Figura 9 à Figura 12). A dificuldade de esgotar totalmente a água do subsolo é consequência do acúmulo de lixo macio que encharca e não pode ser sugado.

Entretanto, o esgotamento feito e o uso de botas especiais foram suficientes para realizar os exames necessários no local.

Além das fotos foram feitas filmagens abrangentes e exames com fenolftaleína em dois pilares para determinar o avanço da frente de carbonatação do concreto. No relatório do subsolo foram incluídas fotos retiradas dos vídeos além das fotos estáticas.



Figura 9 – Escada de acesso ao subsolo, próxima ao elevador desobstruída



Figura 10 - Escada da loja da frente de acesso ao subsolo desobstruída

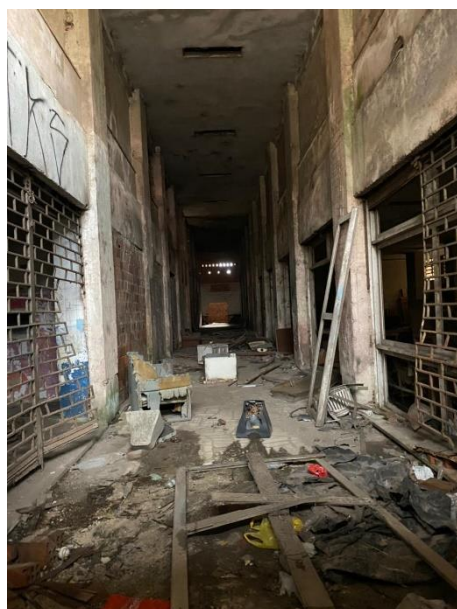


Figura 11 – Entrada da galeria obstruída



Figura 12 – Entrada da galeria desobstruída

6 Exames Complementares

6.1 Carbonatação

Para permitir a comparação com os exames realizados pela CIENTEC foram feitos exames sobre a profundidade da carbonatação do concreto (profundidade em que o concreto perde a capacidade de proteger a armadura da oxidação) nos mesmos locais.

No subsolo foi possível identificar um dos pilares examinados no relatório de 2005 (P46). Como no relatório de 2005 não consta a profundidade da carbonatação, só menciona que foi bem superficial e inferior à profundidade da armadura, não é possível medir a velocidade do fenômeno. De qualquer forma a profundidade da carbonatação medida, agora, pela reação com a fenolftaleína é inferior a 1 mm (Figura 13 à Figura 15) muito longe da profundidade da armadura (em torno de 20 mm). Pode-se afirmar com segurança que a frente de carbonatação não representa risco para os pilares do subsolo pelos próximos 10 a 20 anos. Outro pilar do subsolo (P25) também foi examinado com idêntico resultado (Figura 16 à Figura 18).



Nos pavimentos tipo foi examinado o P37 no 8º (Figura 19 à Figura 22) e no 5º (Figura 23 à Figura 26) com profundidade da carbonatação de 12 mm e 9 mm respectivamente. Ambas as profundidades, medidas com paquímetro, bem confortáveis para proteção da armadura.

No 2º pavimento tipo, bloco dos fundos, foi identificado o mesmo pilar examinado pela CIENTEC em 2014, agora identificado como P43. Feito novo ensaio de carbonatação, foi constatado que a proteção da armadura continua bastante satisfatória (Figura 27).

6.2 Esclerometria

Como o concreto aumenta sua dureza com o tempo, quando não atingido pela lixiviação, foram considerados, na análise da estrutura, os valores obtidos pela CIENTEC em 2010 ($f_{ck} = 28 \text{ MPa} = 280 \text{ kgf/cm}^2$). O ensaio de esclerometria foi realizado, na época, em 7 pilares do subsolo.

Nas regiões atingidas pelos fenômenos mencionados o concreto deve ser desconsiderado ou minorada sua resistência na verificação da segurança estrutural.

Por esse lado também os pilares do subsolo não necessitam de reavaliação pelos próximos 10 a 20 anos, pois não apresentam lixiviação e nos dois pilares (P25 e P39) que tiveram armaduras exposta por alguma ação mecânica ou defeito construtivo, a integridade das barras permanece inalterada apesar dos anos decorridos. A foto do P25 atual está na foto 7 do relatório da CIENTEC de 2010. Praticamente a mesma depois de 12 anos.

6.3 Seção resistente das armaduras.

Com o auxílio de paquímetro foram verificadas as seções remanescentes de algumas armaduras expostas de pilares.

Nos pavimentos tipo do bloco da frente nenhuma armadura exposta de pilar apresentou comprometimento. Na maioria não foi identificada redução de seção. Nas que foram identificadas, a



redução foi mínima, inferior a 5% e bem longe do limite de 10%, considerado seguro para a estrutura parcialmente carregada.

Mesmo nos pilares mais afetados no pavimento térreo, P24 e P25, o comprometimento de algumas barras, que foram possíveis examinar, é mínimo ou inexistente (Figura 28 à Figura 31). As barras não expostas sofreram menos ou nenhuma oxidação, pois não expulsaram o concreto de cobrimento.



Figura 13 – Perfuração do P46 para teste de carbonatação.



Figura 14 – Aplicação da fenolftaleína na abertura do pilar P46.



Figura 15 – Reação da fenolftaleína indicando bom estado de conservação do concreto e proteção da armadura do P46.



Figura 17 - Aplicação da fenolftaleína na abertura do pilar P25.



Figura 16 - Perfuração do pilar P25 para teste de carbonatação.



Figura 18 - Reação da fenolftaleína indicando bom estado de conservação do concreto e proteção da armadura do P25.



Figura 19 - Escarificação do pilar P37 (8º Pav. Tipo) para teste de carbonatação.

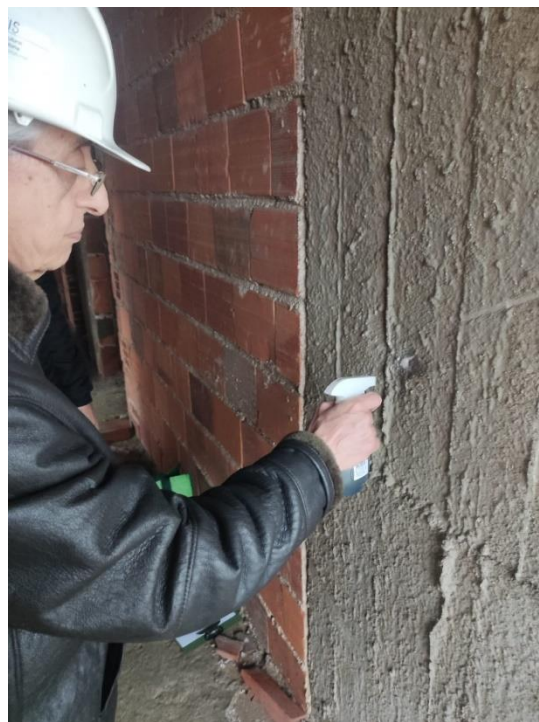


Figura 20 - Aplicação da fenolftaleína na abertura do pilar P37 (8º Pav. Tipo).



Figura 21 - Reação da fenolftaleína indicando bom estado de conservação do concreto e proteção da armadura do P37 (8º Pav. Tipo).



Figura 22 - Medição com paquímetro da profundidade de carbonatação no P37 (8º Pav. Tipo).



Figura 23 - Escarificação do pilar P37 (5º Pav. Tipo) para teste de carbonatação.



Figura 25 - Reação da fenolftaleína indicando bom estado de conservação do concreto e proteção da armadura do P37 (5º Pav. Tipo).



Figura 24 - Aplicação da fenolftaleína na abertura do pilar P37 (5º Pav. Tipo).



Figura 26 - Medição com paquímetro da profundidade de carbonatação no P37 (5º Pav. Tipo).



Figura 27 – Medida da carbonatação no P43 examinado pela CIENTEC em 2014.



Figura 28 – Medição da armadura do pilar P24 com paquímetro



Figura 29 – Detalhe do paquímetro na medição do P24.



Figura 30 – Medição da armadura do pilar P25 com paquímetro



Figura 31 – Detalhe do paquímetro na medição do P25.

7 Diagnóstico e Recuperação por Tipo de patologia.

7.1 Considerações gerais

As patologias identificadas nessa detalhada inspeção são majoritariamente resultantes da exposição prolongada da estrutura de concreto à água da chuva, em consequência do não acabamento da construção. A rigor a estrutura permanentemente mergulhada na água aumenta sua vida útil. Entretanto, quando a água infiltra e lava o concreto a consequência é contrária. Ocorrem dois fenômenos.

O primeiro fenômeno é a lixiviação que consiste na água lavar internamente o concreto, carregando para fora da massa os sais de cálcio, provocando manchas esbranquiçadas na superfície externa.

O segundo fenômeno é a carbonatação, que atinge o concreto de fora para dentro. Ela é provocada pela simples exposição do concreto a agentes atmosféricos variados ou pela umidade do ar.



Esses dois fenômenos têm como consequência a perda da propriedade do concreto proteger a armadura ao mesmo tempo que facilitam a formação de diferença de potencial elétrico. Isso provoca a oxidação da armadura que funciona como ponte entre as zonas de diferentes potenciais elétricos.

Outra quantidade significativa de patologias, especialmente nas lajes, deve-se a deficiências construtivas no cobrimento da armadura. Entretanto, deve-se observar que essa patologia isoladamente não diminui a resistência das peças. Por paradoxal que pareça, essa patologia aumenta a resistência da peça, pois a armadura estará mais distante da zona comprimida da seção de concreto submetida à flexão. A sua correção está relacionada à durabilidade da estrutura, pois, teoricamente a armadura exposta estaria mais sujeita à oxidação. Em vários casos, não ocorrendo outras situações que provoquem oxidação, a armadura exposta se mantém íntegra.

Em várias situações, duas ou as três ocorrências aparecem combinadas provocando a redução da seção resistente da armadura.

7.2 Segurança local e global.

Para uma análise adequada da segurança estrutural de um prédio em construção, deve-se fazer uma distinção entre os sintomas e patologias que afetam a segurança global e os que afetam apenas a segurança localizada de pequenas regiões.

Os pilares e vigas que participam dos pórticos são os responsáveis pela segurança global. A sua eventual ruína colocaria em risco uma região muito grande devido à altura do prédio. Pode-se incluir nessa classificação as marquises das fachadas pelos danos mais reduzidos, mas com reflexo sobre a segurança de pessoas.

As lajes, escadas e vigas longitudinais, devido a sua hiperestaticidade não tem capacidade produzir danos no exterior do prédio. O seu eventual dano em caso de utilização, sem recuperação



prévia, seria restrito aos ocupantes do prédio. Com orientação profissional o prédio pode ser ocupado para vistorias e trabalhos de reforma.

Nas análises de patologias que se fará na sequência também será destacado se a patologia ocorre no bloco da frente, com dezessete pavimentos, ou no bloco dos fundos com apenas cinco pavimentos. Todas as considerações partem da premissa que o prédio não pode ser liberado para acesso irrestrito ou ocupação plena sem a prévia recuperação das patologias.

7.3 Patologia Tipo “a” – Armaduras expostas nas lajes e escadas.

Essas patologias não interferem na segurança global e, portanto, a obrigatoriedade do seu reparo só será necessária quando o prédio for preparado para ocupação definitiva.

As armaduras deverão ser descobertas até a profundidade do concreto íntegro, tratadas com anticorrosivo, verificados os diâmetros remanescentes com paquímetro, depois do tratamento.

Se a redução de diâmetro for superior à 5% (que corresponde a 10% de redução na seção resistente) a armadura deverá ser reforçada ou substituída se estiver seccionada. A finalização se dará com o recobrimento de 1,5 cm de argamassa estrutural tixotrópica se for na face inferior ou vertical do elemento estrutural. Na face superior o acabamento poderá ser feito com graute.

Alternativamente à recomposição das armaduras comprometidas, poderá ser feita a recomposição do concreto, sempre após o tratamento anticorrosivo, e aplicada sobre a superfície acabada manta de fibra de carbono, para recompor a resistência à tração perdida pela armadura.

7.4 Patologia Tipo “b” – Armaduras expostas nas vigas

Essas patologias não interferem na segurança global se forem no sentido longitudinal do prédio e, portanto, o seu



acompanhamento só é necessário quando for preparado o prédio para ocupação definitiva.

Se as vigas forem no sentido transversal do prédio, isso é, fazendo parte dos pórticos mais estreitos e responsáveis pelo contraventamento transversal da estrutura, deverão ser acompanhadas com periodicidade de cinco anos.

A recuperação dessas peças pode ser feita com os mesmos critérios das lajes.

7.5 Patologia Tipo “c” – Armaduras expostas nos pilares

Essas patologias interferem na segurança global, portanto, deverão ser acompanhadas com periodicidade máxima de cinco anos. Alguns pilares em estado mais avançado de deterioração, indicados especificamente, deverão ser recuperados ou acompanhados com periodicidade máxima de 30 meses (2,5 anos). Essa periodicidade se aplica aos seguintes pilares do bloco da frente nos pavimentos térreo e sobreloja: P16, P24 e P25. Quando recuperados, amplia-se imediatamente o interstício de inspeção do prédio para 5 anos se as demais recuperações não forem executadas.

Os pilares P29 e P39 do bloco dos fundos apresentam grau de deterioração semelhante aos mencionados do bloco da frente. Entretanto, como a carga existente nesse bloco é ínfima comparada com a carga considerada no projeto (só foram construídos 3 pavimentos e foram calculados para 16 pavimentos acima), essa parte da construção não necessita de urgência na recuperação.

As armaduras devem ser tratadas da mesma forma que no item 7.3 apenas com o cuidado de fazer a recuperação por faixas verticais não abrangendo mais do que 50% de cada face por etapa. Se for detectado armaduras comprometidas além do limite, o pilar deve ser redimensionado com adição de novas armaduras que restabeleçam a capacidade de resistência original da seção.



Se o pilar for de seção circular as novas armaduras podem ser dispostas ao lado da armadura prejudicada. Se for de seção retangular a armadura pode ser composta por cantoneiras nos cantos do pilar. Em ambos os casos as armaduras serão cobertas com no mínimo 2 cm de graute e sustentadas contra flambagem por mantas de fibra de carbono.

7.6 Patologia Tipo “d” – Dentes deteriorados.

Essas patologias não interferem na segurança global, pois a direção das vigas que se poiam nos dentes é longitudinal ao prédio e, portanto, o seu acompanhamento só é necessário quando for preparado o bloco dos fundos para ocupação definitiva. É recomendável seu escoramento para evitar aumento do dano localizado.

Essa patologia é causada pelo posicionamento dos dentes pressionando o concreto não contido pelas armaduras, causando a quebra do concreto de revestimento e desagregação do resto.

Apesar do tempo decorrido (12 anos) entre o registro da inspeção tomada como referência (2010), não houve aumento perceptível da patologia.

A sua recuperação consiste em escorar e macaquear a viga que se apoia. Demolir e refazer o dente deixando espaço para um aparelho de neoprene (12mm para uma camada de neoprene de 8mm). O novo dente deverá ter dimensões suficientes para que o aparelho não pressione o concreto de cobrimento. Em geral 5 cm de distância da borda é suficiente.

7.7 Patologia Tipo “e” – Falhas de concretagem e quebras de cobrimento.

Essas patologias não interferem na segurança global, pois são de pequenas dimensões. São resultantes de falhas construtivas no lançamento ou vibração de concreto ou ainda pela quebra de concreto por usuários, ou exames realizados nas vistorias anteriores.



A recuperação pode ser feita com a limpeza do local, apicoando a superfície e recomposição com graute.

7.8 Sequência recomendada para recuperação

Na execução dos reforços para recomposição da estrutura deve ser dada prioridade para os pilares P16, P24 e P25 do térreo e sobreloja do bloco da frente, ampliando imediatamente o interstício de inspeção do prédio para 5 anos se as demais recuperações não forem executadas. Os pilares P29 e P39 do bloco dos fundos apresentam grau de deterioração semelhante aos mencionados do bloco da frente. Entretanto, como a carga existente nesse bloco é ínfima comparada com a carga considerada no projeto (só foram construídos 3 pavimentos e foram calculados para 16 pavimentos acima), essa parte da construção não necessita de urgência na recuperação.

Na sequência deve ser feita a limpeza e esgotamento de água do subsolo com intervenções simultâneas na canalização das águas da chuva e proteção contra infiltrações.

As demais recuperações deverão ser feitas de baixo para cima, iniciando no subsolo.

No caso de abordagem de vários andares ao mesmo tempo, deve-se ter cuidado de não acumular excesso de material sobre lajes e vigas mais deterioradas no teto do pavimento abaixo.

Em cada pavimento as vigas, lajes e pilares podem ser recuperados simultaneamente, com os cuidados detalhados no item 7.6, para o caso dos pilares.

8 Análise da Concepção e Funcionamento da Estrutura

8.1 Considerações Gerais

Na análise da segurança da estrutura foram considerados os resultados das inspeções, exames complementares e anamnese da obra.



Cada patologia foi analisada sob o aspecto do risco que oferece para o colapso da estrutura imediato ou próximo.

Também foi considerada a condição de carga atual. O bloco dos fundos tem apenas cinco pavimentos construídos e sem paredes nos pavimentos superiores. O bloco da frente está com todos os pavimentos construídos com paredes, mas sem revestimentos nas paredes e pisos. Ambos os blocos, para efeito da segurança estrutural foram considerados sem ocupação definitiva antes que sejam feitos os reforços e recuperação.

8.2 Concepção da Estrutura

Pela observação em obra e considerando as práticas usuais e normatizadas da época em que foi projetado, a concepção estrutural é de natureza muito eficiente e segura.

Os pilares se desenvolvem sem quebra de continuidade desde o subsolo até a cobertura, inexistindo as chamadas vigas de transição usadas atualmente e que facilitam a deformabilidade da estrutura. As vigas e lajes que ligam esses pilares em cada pavimento formam pórticos de grande rigidez. Isso garante para o prédio um comportamento muito seguro sob a ação dos esforços horizontais provocados pelo vento, inclusive com deformação bem abaixo dos limites preconizados pelas normas.

Devido ao comprimento da obra, superior a 55 metros, a projetista da estrutura introduziu uma junta de dilatação.

A Junta de dilatação entre os blocos, fez com que o bloco da frente, exatamente o que tem maior altura e ação do vento, ficasse com a estrutura da caixa do elevador e da caixa da escada que contribuem significativamente na resistência aos esforços da ação do vento.

Quanto às vigas e lajes submetidas ao contato direto do carregamento observa-se, pelas armaduras que estão expostas, que elas são altamente hiperestáticas, o que elimina o risco de ruptura brusca. As vigas e lajes são do tipo contínua com armaduras



negativas nos apoios e as lajes são armadas em cruz. Estas são características que garantem a redistribuição de esforços em caso de deficiência em alguma seção desses elementos mitigando possíveis danos e eliminando a possibilidade de produzirem o colapso da estrutura.

8.3 Bloco dos fundos.

O funcionamento estrutural do bloco dos fundos para efeito de laudo de segurança estrutural é bem simplificado pelo fato de que as cargas que atuam nessa estrutura representam menos de 20% das cargas de projeto. A sua recuperação só é necessária se houver a opção pela continuação desse bloco. Mesmo considerando os pilares mais afetados do pavimento térreo, eles não perderam mais do que 15% da sua capacidade e a evolução das inspeções mostram um avanço muito lento das patologias, inclusive as dos dentes de ligação. A folga é ainda maior se considerarmos que o concreto real é muito mais resistente do que o considerado em projeto, conforme reportado pelos ensaios da CIENTEC

Essa parte do prédio pode ser reavaliada em interstícios de 10 anos para fins da segurança estrutural.

8.4 Bloco da frente.

O funcionamento estrutural do bloco da frente para efeito de laudo de segurança estrutural considera situações diferenciadas para cada patologia e região.

Pelas considerações anteriores e o acompanhamento das inspeções anteriores da CIENTEC, o subsolo pode passar a ser avaliado em interstícios de 10 anos com toda a segurança.

No pavimento térreo e sobreloja três pilares apresentam situação mais avançada de patologias: P24, P25 e P16.

O ideal, considerando o baixo custo e fácil execução, é a recuperação imediata desses pilares, independente de outros encaminhamentos que possam ser dados para o uso da obra.



O P16 trabalha com baixíssima carga em função de não terem sido executadas as paredes do poço do elevador.

Os P24 e P25 apresentam desgaste moderado na sua resistência. Para as cargas verticais eles permanecem em segurança em função da não execução dos pisos e revestimentos de paredes e ausência de ocupação do prédio combinado com a resistência do concreto superior à considerada no dimensionamento. Para os esforços horizontais (ação do vento) eles são aliviados pois estão na região em que a caixa do elevador e a da escada contribuem com os pórticos da estrutura principal.

Dessa forma não representam risco a curto prazo para a estabilidade da obra. Entretanto é recomendável acompanhar a evolução das suas patologias em intervalos menores.

Para o restante do bloco da frente, o interstício recomendado pela CIENTEC, de 5 anos, permanece adequado para a segurança global. Para esses três pilares, se não forem recuperados antes, o interstício deve ser reduzido pela metade, ou seja, 30 meses.

Nos pavimentos tipo do bloco da frente o interstício poderia até ser estendido para 10 anos, mas como as próximas inspeções tendem a ser mais rápidas e fáceis, com o uso deste laudo como referência, é conveniente manter a periodicidade recomendada pela CIENTEC de 5 anos. Nesses pavimentos são raros os pilares que apresentam patologia. Nos respectivos anexos dos pavimentos tipo, todos os pilares que necessitam alguma intervenção foram fotografados, ainda quando se trate de patologia de baixíssimo risco como falhas de concretagem. Os pilares e vigas da torre de elevador apresentam maior incidência de patologias, mas como estão livres de carregamento, além do peso próprio, apresentam reserva de resistência e podem ser enquadrados na inspeção quinquenal de segurança e serem recuperados se houver utilidade funcional.



9 Conclusões e Recomendações

- 9.1 O Prédio não tem risco de colapso dentro dos períodos especificados para novas inspeções.
- 9.2 Todas as patologias são possíveis de recuperação, restabelecendo as condições originais de segurança e durabilidade.
- 9.3 A principal recomendação é a recuperação dos pilares P16, P25 e P26 no pavimento térreo e sobreloja, dentro de um período de 30 meses, independente da destinação do prédio.
- 9.4 Inspecionar com intervalos de 30 meses os pilares mencionados no item anterior se não forem feitas as suas recuperações.
- 9.5 Inspecionar o bloco dos fundos e o subsolo com intervalos de 10 anos se não forem feitas as suas recuperações.
- 9.6 Inspecionar o restante da estrutura com intervalo de 5 anos se não forem feitas as suas recuperações.
- 9.7 Nos pavimentos tipo do bloco da frente são raras as recuperações necessárias. Os anexos de cada pavimento trazem sempre todos os pilares com alguma patologia.

10 Bibliografia

Normas ABNT

“NBR 6118 – Projeto de Estruturas de Concreto”, 2014.

“NBR 6120 – Carga para Cálculo de Estruturas de Edificações”, 2019.

“NBR 6123 – Forças Devidas ao Vento em Edificações”, 1988/2013.

“NBR 8681 – Ações e Segurança nas Estruturas”, 2003/2004.

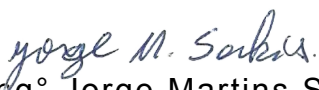
Andrade, C. – “Manual para Diagnóstico de Obras Deterioradas por Corrosão de Armaduras” – Editora PINI, São Paulo, 1992.


Bertolini, Luca – “Materiais de Construção: Patologia – Reabilitação – Prevenção” Editora Oficina de Textos – São Paulo – 2010.

Blake, L. S. – “Civil Engineer’s Reference Book” – 3rd Edition – Butterworths – London – 1977.



- Cánovas, Manoel F. - "Patologia e Terapia do Concreto Armado". Editora Pini – São Paulo, 1988.
- Doran, D.; Douglas, J. e Pratley, R. – "Refurbishment and Repair in Construction" – CRC Press, Glasgow, Scotland – 2009.
- Franz, G. – "Tratado del Hormigón Armado". Tomo I e II – Editorial Gustavo Gili S.A. – Barcelona – 1970.
- IBAPE – "Norma de Inspeção Predial Nacional" – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia – São Paulo – 2012.
- Isaia, G. C. – "Deformação e Fissuração do Concreto em Estruturas Correntes" – Editora UFSM, Santa Maria, 1985.
- Leonhardt, F. e Mönnig, E. "Construções de Concreto". Volumes 2 e 3. Editora Interciência Ltda. Rio de Janeiro - 1973.
- Montoya, P. J. e outros – Hormigón Armado – 10ª edição, Editorial Gustavo Gili – Barcelona.
- Sarkis, J. M. – "Vigas Reforçadas Sob Carregamento: Um Método para Simulação Matemática" – Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Santa Maria – 2001.
- Souza, Vicente C. M. e Ripper, Thomaz – "Patologia, Recuperação e Reforço de Estruturas de Concreto" – Editora Pini – São Paulo – 1998.


MSc Engº Jorge Martins Sarkis
Responsável Técnico
CREA/RS 91614


MSc Engº Paulo Jorge Sarkis
Consultor
CREA/RS 4093