

Avaliação, análise e reforço da estrutura de edificação em concreto armado: estudo de caso em Brasília**Evaluation, analysis and structural reinforcement of a concrete building: case study in Brasília**

DOI:10.34117/bjdv5n10-007

Recebimento dos originais: 17/09/2019

Aceitação para publicação: 02/10/2019

Matheus Nunes Reis

Mestrando em Estruturas e Construção Civil pela Universidade de Brasília e Pós-graduando pelo IPOG

Instituição: Universidade de Brasília

Endereço: SHVP Rua 4 Chác. 297 Lote 1 – Bairro Vicente Pires CEP 72006-332, Brasília-DF Brasil

E-mail: matheusnreis95@gmail.com

Jorge Antonio da Cunha Oliveira

Doutor em estruturas e construção civil pela Universidade de Brasília

Instituição: Centro Universitario de Brasília

Endereço: SQN 208 Bloco K APTO 406 – Bairro Asa Norte Cep 70853 110, Brasília-Df Brasil

E-mail: Jorge.oliveira@ceub.edu.br

Jocinez Nogueira Lima

Mestre em Estruturas e Construção civil pela Universidade de Brasília

Instituição: Centro Universitário de Brasília

Endereço: SHVP, Rua 5, Chácara 118, Lote 9, Casa 4. Vicente Pires CEP 72006-040 Brasília-DF Brasil

E-mail: jocinez.lima@ceub.edu.br

RESUMO

Neste trabalho foi feita análise estrutural da edificação presente no Clube Monte Líbano, localizado em Brasília, para verificar o desempenho estrutural do edifício, visto que o intuito é realizar a construção de um novo pavimento sobre esta edificação. A metodologia consistiu em ensaios não destrutivos (esclerometria e avaliação de penetração de carbonatação com fenolftaleína); na elaboração do projeto arquitetônico as built e do projeto estrutural, visto que o clube não possui nenhum registro de projetos estruturais. Além destes foram executadas inspeções visuais e verificações in loco da estrutura identificando as principais manifestações patológicas encontradas no edifício, e ainda a análise e dimensionamento da estrutura com o auxílio dos softwares Eberick V10, SAP2000 V17 e o Visual Metal. As lajes, vigas e pilares demonstraram deformações compatíveis e armaduras suficientes para resistir aos esforços solicitantes. Porém ao acrescentar o pavimento superior verificou-se a necessidade de reforço em diversos elementos. Para alívio de cargas foi escolhida estrutura metálica e cobertura com telha termoacústica, eliminando a necessidade de reforços mais sofisticados. Em acréscimo, são apresentados os projetos arquitetônicos, os projetos de reforço estrutural da edificação e os projetos de estruturas metálicas do novo pavimento proposto. Ademais, são citadas algumas medidas corretivas necessárias para o restabelecimento do desempenho adequado das áreas afetadas.

Palavras-chave: Avaliação, Análise, Reforço, Concreto Armado

ABSTRACT

In this paper was done a structural analysis of the “*Monte Líbano*” club, located in Brasília, aiming to verify the structural performance of the building, once the owner wants to build a new floor above the existing one. The methodology consisted in non-destructives tests (esclerometry and carbon penetration with phenolphthalein); in the elaboration of architectural and structural as built. In addition, visual inspections and on-site verification of the structure were carried out, identifying the main pathological manifestations found in the building, as well as the analysis and design of the structure with the help of Eberick V10, SAP2000 V17 and Visual Metal software. The slabs, beams and pillars demonstrated compatible deformations and armor sufficient to withstand the applicant efforts. However, when adding the upper deck, it was verified the need of reinforcement in several elements. For load relief was chosen metal structure and roof with thermoacoustic tile, eliminating the need for more sophisticated reinforcements. In addition, the architectural projects, the structural reinforcement projects of the building and the metal structures projects of the proposed new pavement are presented. In addition, some corrective measures are necessary to restore the adequate performance of the affected areas.

Keywords: Evaluation, Analysis, Reinforcement, Reinforced Concrete

1. INTRODUÇÃO

Tomar nota das condições estruturais de uma edificação é imprescindível na prevenção de acidentes e de maiores danos, os quais podem levar parte ou conjunto de elementos à instabilidade e até possível ruptura, como pode ocorrer no caso recorrente de adições de novos pavimentos numa estrutura pré-existente.

A edificação estudada no Clube Monte Líbano é mais um exemplo que mostra a importância da inspeção, análise e diagnóstico antes de qualquer alteração a ser realizada na concepção estrutural. Segundo Helene (1988) é possível avaliar sem dificuldades as manifestações patológicas devido ao maior conhecimento de mecanismos agressivos aos materiais e à tecnologia desenvolvida na atualidade.

2. DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A edificação em estudo é um prédio de uso comercial, localizado na SCES Trecho 2, SHCS, Brasília – DF, com as seguintes coordenadas geográficas: latitude 15°49’9.65”S e longitude 47°50’45.77”O.

O edifício localizado no Clube Monte Líbano é constituído de um único pavimento, com uso comercial, que atualmente é utilizado para depósito de materiais.

A Figura 01 apresenta uma vista geral da fachada lateral esquerda do prédio.



Figura 01 – Vista da edificação avaliada no Clube Monte Líbano. (Fonte: autores)

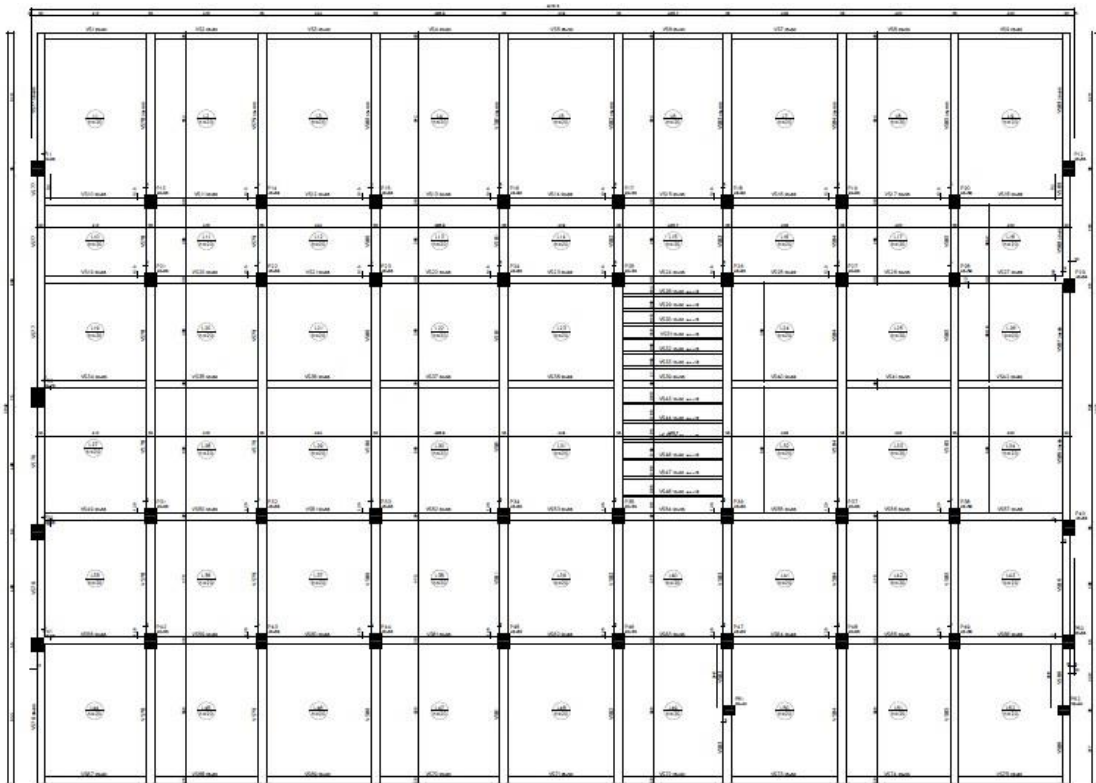


Figura 02 –Planta de forma do pavimento superior da edificação. (Fonte:ECTA engenharia)

Dados da edificação em análise no Clube Monte Líbano:

- Tipo do Imóvel: Comercial;
- Tipo da Edificação: Térrea;

- Estrutura: Concreto armado;
- Alvenaria de Vedação da Fachada: Blocos cerâmicos;
- Revestimento das Fachadas: emboço em argamassa mista, com acabamento em pintura (textura).

3. MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS

Cabe ressaltar que o levantamento in loco foi utilizado para identificar as características gerais e específicas da edificação. As manifestações patológicas foram identificadas através de inspeções visuais executadas. Em seguida, como metodologia de estudo, as áreas comuns foram desmembradas em regiões para facilitar o levantamento técnico do edifício, através de avaliação, identificação e documentação de manifestações patológicas e falhas construtivas existentes.

As principais manifestações patológicas encontradas nas dependências das edificações foram sinais de infiltrações, trincas/fissuras, lixiviação, deslocamento e carbonatação do concreto, como também armaduras expostas ocasionando a corrosão do aço. As figuras 03 à 11 mostram as principais patologias encontradas.



Figura 03 –Trincas na laje de piso. (Fonte: autores)



Figura 04 –Armadura exposta e corroída na platibanda. (Fonte: autores)



Figura 05 –Junta de dilatação deteriorada na platibanda. (Fonte: autores)



Figura 06 –Fissuras na fachada lateral esquerda da edificação. (Fonte: autores)



Figura 07 –Mancha de infiltração na laje e no pilar. (Fonte: autores)



Figura 08 –Ligação de pilar metálico com viga. (Fonte: autores)



Figura 09 –Deslocamento de revestimento argamassado. (Fonte autores)



Figura 10 –Rachadura na junção da viga com parede de alvenaria e com o pilar. (Fonte: autores)

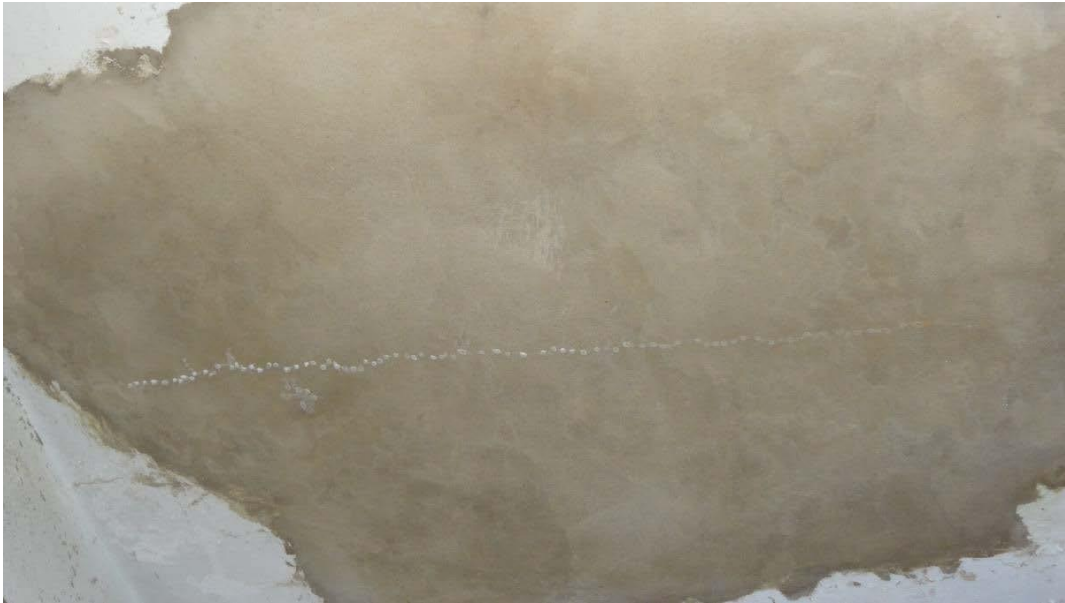


Figura 11 –Laje com eflorescência. (Fonte: autores)

4. ENSAIOS NÃO DESTRUTIVOS

Para complementação da avaliação também foram realizados ensaios não destrutivos, como a esclerometria e a avaliação de penetração de carbonatação com fenolftaleína. Importante ressaltar que todos os ensaios foram realizados de acordo com as normas nacionais e internacionais. Para o trabalho no Clube Monte Líbano foram realizados ensaios de esclerometria nos pilares P14 e P28 para estimar a qualidade do concreto endurecido. A localização destes elementos estruturais pode ser consultada na forma do pavimento superior em anexo.

Os resultados de ambos ensaios são apresentados na tabela 01.

Empresa / Projeto	Clube Monte Líbano																Obra:	Clube Monte Líbano				Esclerômetro:	Controls, model 53-C0181/N, serial n° 13006635, $\alpha = 0^\circ$		
Data do Ensaio:	27/04/2017																Localização:	Diversos							
ÍNDICES ESCLEROMÉTRICOS																	RESISTÊNCIAS A COMPRESSÃO (MPa)								
LOCAL ENSAIADO	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	IE(*1)médio	IE médio x K(*2)	Resistência a Média	Dispersão do Esclerômetr	Resistência Mínima	Resistência Máxima			
Pilar - P14	22	17	23	25	24	24	24	24	23	22	22	24	26	23	20	24	23	22	24,0	6,0	18,0	30,0			
Pilar - P28	30	31	32	32	30	28	34	32	27	31	30	29	30	30	28	30	30	29	30,0	6,5	23,5	36,5			
Observações:	(*1) IE médio = Índice esclerométrico médio.																								
	(*2) k = Coeficiente de correção do índice esclerométrico (k=0,95).																								
	(*3) Índices Esclerométricos com o asterisco foram descartados pois diferem em +10% quando comparados ao IE médio (NBR 7584).																								
	Para a correlação entre o Índice Esclerométrico e a Resistência à Compressão do Concreto foi utilizada a correlação do próprio equipamento.																								

Tabela 01 –Resultados dos ensaios de esclerometria. (Fonte: autores)

Analisando os resultados pôde-se observar que de acordo com o ensaio de esclerometria os concretos da edificação analisada apresentam boa dureza superficial. Porém quando esses resultados são comparados com os resultados da avaliação da penetração de carbonatação com fenolftaleína em que houve a carbonatação do concreto de toda a superfície aplicada esses

resultados não podem ser levados em consideração. Segundo a NBR 7584/2012, a influência da carbonatação na dureza da superficial do concreto é significativa e promove a superestimação da resistência.

Ao correlacionar estes resultados, os autores aconselharam a utilização de resistência de 15 Mpa para a edificação. Este valor de Resistência à compressão do concreto foi utilizado somente na elaboração do projeto estrutural para a verificação da construção de um novo pavimento, e não para o projeto de reforço estrutural.

A carbonatação do concreto é o termo utilizado para a penetração de dióxido de carbono em elementos de concreto. Esta penetração passa a ser preocupante quando ultrapassa os limites de cobrimento das armaduras, pois pode causar a corrosão destas armaduras, deixando a estrutura vulnerável.

Para medir a alteração do ph do concreto faz-se a aspersão de um indicador de ph. No caso do Clube Monte Líbano foi utilizada uma solução de fenolftaleína. Ao aplicar fenolftaleína nos pilares a região de concreto não carbonatada (ph entre 8,3 e 9,5) assume uma coloração rosa. Já a região carbonatada não apresenta alteração de coloração (ph inferior a 8,3).

As figuras 12 e 13 apresentam a realização de aspersão de fenolftaleína nos pilares P14 e P50 da edificação em estudo.



Figura 12 – P14 antes da aplicação da fenolftaleína (esquerda) e após aplicação (direita) . (Fonte: autores)



Figura 13 – P50 antes da aplicação da fenolftaleína (esquerda) e após aplicação (direita) . (Fonte: autores)

Cabe enfatizar que os ensaios foram realizados nos pilares sem o emboço, direto no concreto. Após a avaliação da penetração de carbonatação do concreto nos pilares pode-se observar que no pilar P14 existe a presença de alguns pontos de cor rosa clara, porém toda a sua superfície está carbonatada. Assim como no pilar P50, em que após a aplicação da substância continuou incolor o que também indica a carbonatação do concreto. Dessa forma chegou-se à conclusão de que houve carbonatação do concreto em toda a superfície em que se aplicou a fenolftaleína.

5. ANÁLISE DO PROJETO ESTRUTURAL E REFORÇO

A análise estrutural se baseia nas normas NBR 6118-2014 – Projeto de Estruturas de Concreto – Procedimentos e NBR 6120-2000 (corrigida) – Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações. Esta análise foi feita com base nos dados coletados no levantamento in loco, nas inspeções visuais, na elaboração do projeto arquitetônico as built, bem como nos ensaios de esclerometria e avaliação da carbonatação do concreto.

Dessa forma foi possível fazer o projeto estrutural com o auxílio do software Eberick V10, de dimensionamento e análise estrutural.

De acordo com a análise computacional, as dimensões das vigas, as armaduras, as fissuras e as flechas, estão de acordo com a NBR 6118-2014, atendendo aos Estados Limites Último e de Serviço. Porém quando se acrescenta o pavimento superior observa-se que algumas vigas e lajes não atendem os estados limites de serviço e Último.

Assim conclui-se que a estrutura projetada não suporta a implantação de um novo pavimento, sendo necessário um plano de recuperação com reforço estrutural de vigas, pilares e lajes. Dessa forma o projeto de reforço estrutural foi proposto neste estudo, assim como o projeto estrutural do

novo pavimento. Os materiais e carregamentos estão de acordo com as especificações do projeto estrutura original coletados in locu.

Para a modelação do projeto estrutural do novo pavimento foi utilizado o software SAP2000 V17 com o Método dos Elementos Finitos, para a análise e dimensionamento da estrutura em uma análise estática linear, e o software Visual Metal. Deste modo, optou-se por uma estrutura metálica e a cobertura com telha termoacústica, por ter o peso próprio menor é mais leve que o concreto armado, facilitando o transporte e a montagem, assim como ter menor sobrecarga sobre a estrutura existente podendo reduzir o custo do reforço estrutural. Além de ter alta resistência e conseguir vencer grande vãos, podem ser produzidas com aços resistentes à corrosão e assim aumentar a vida útil da edificação.

Nas figuras 14, 15, 16, 17 e 18 são apresentados a planta baixa do projeto arquitetônico, a imagem em 3D do projeto estrutural as built, a forma do pavimento superior do projeto de reforço estrutural da edificação, o projeto de estruturas metálicas do novo pavimento proposto e a imagem em 3D do projeto de estruturas metálicas.

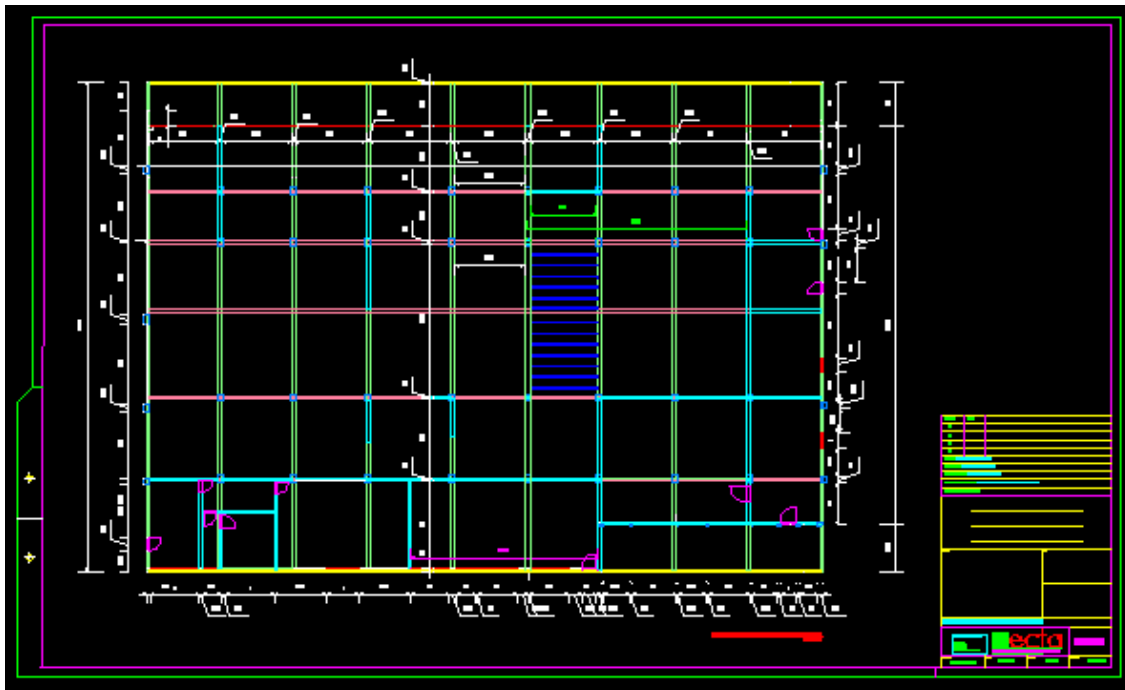


Figura 14 –Planta baixa do projeto arquitetônico *as built*. (Fonte: ECTA engenharia)

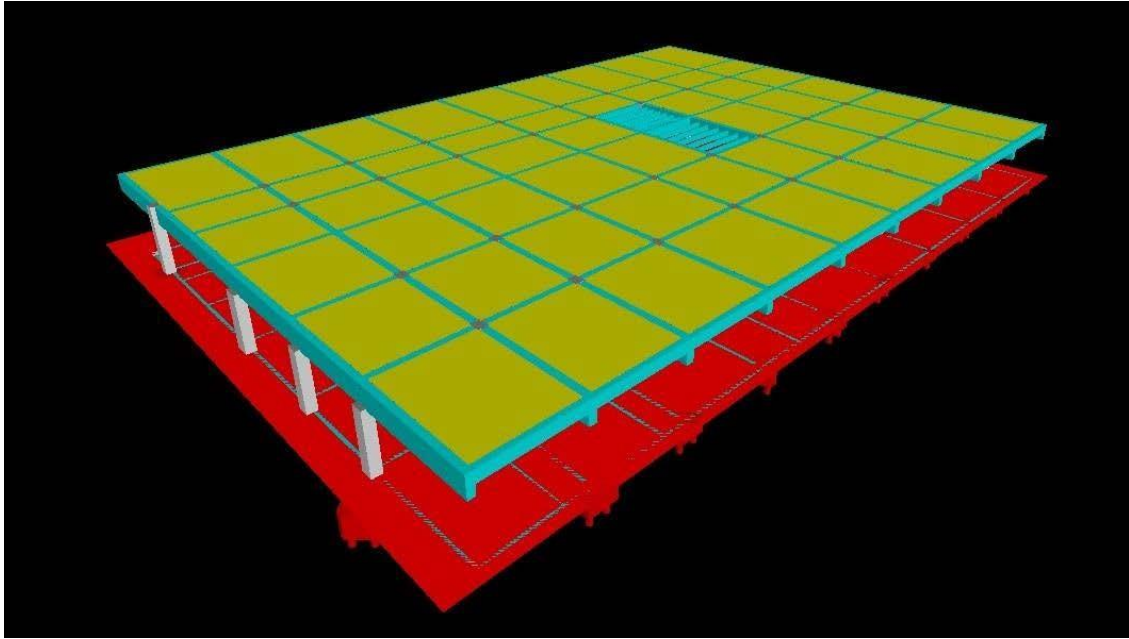


Figura 15 –Imagem em 3D do projeto estrutural *as built* (Eberick). (Fonte: Autor)

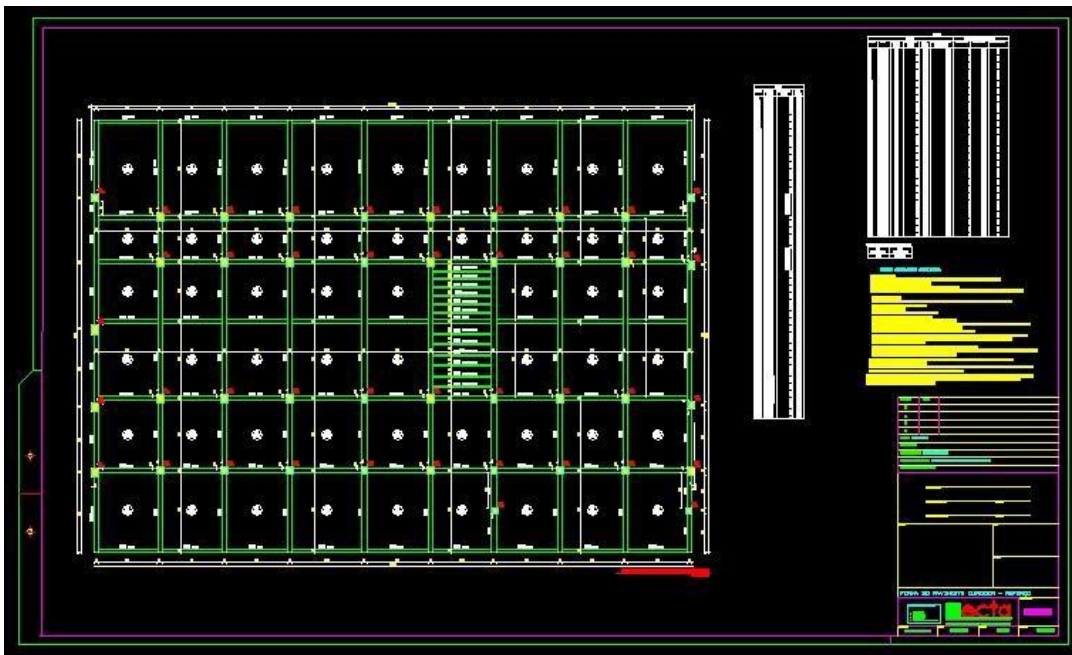


Figura 16 –Forma do pavimento superior do projeto de reforço estrutural da edificação (Eberick). (Fonte: Autor)

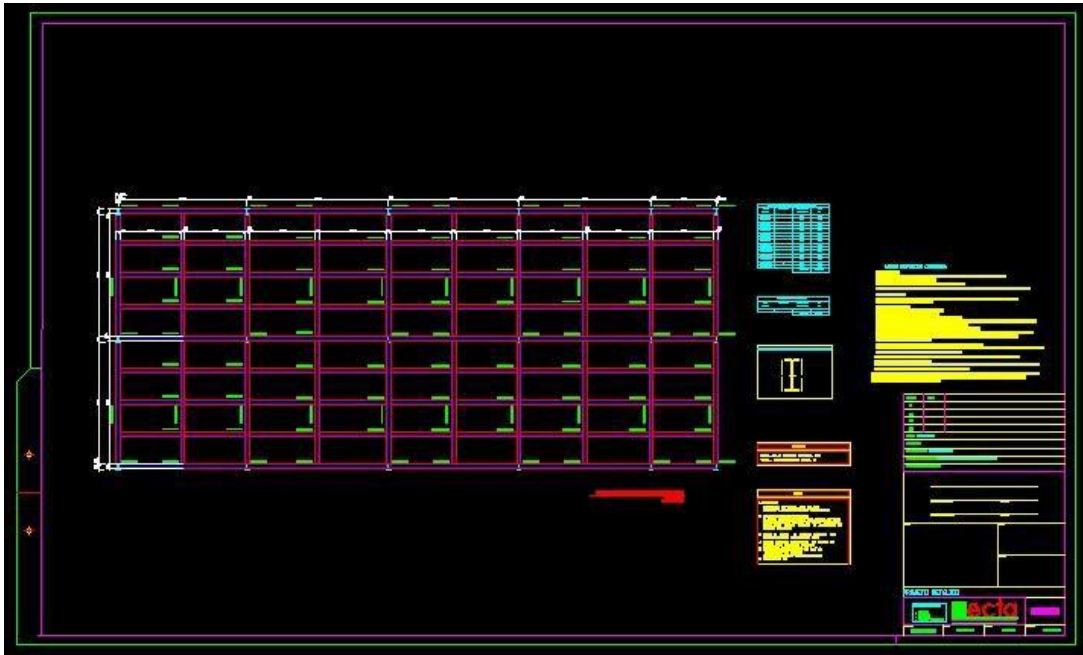


Figura 17 –Forma do pavimento superior do projeto de estruturas metálicas do novo pavimento proposto (Eberick). (Fonte: Autor)

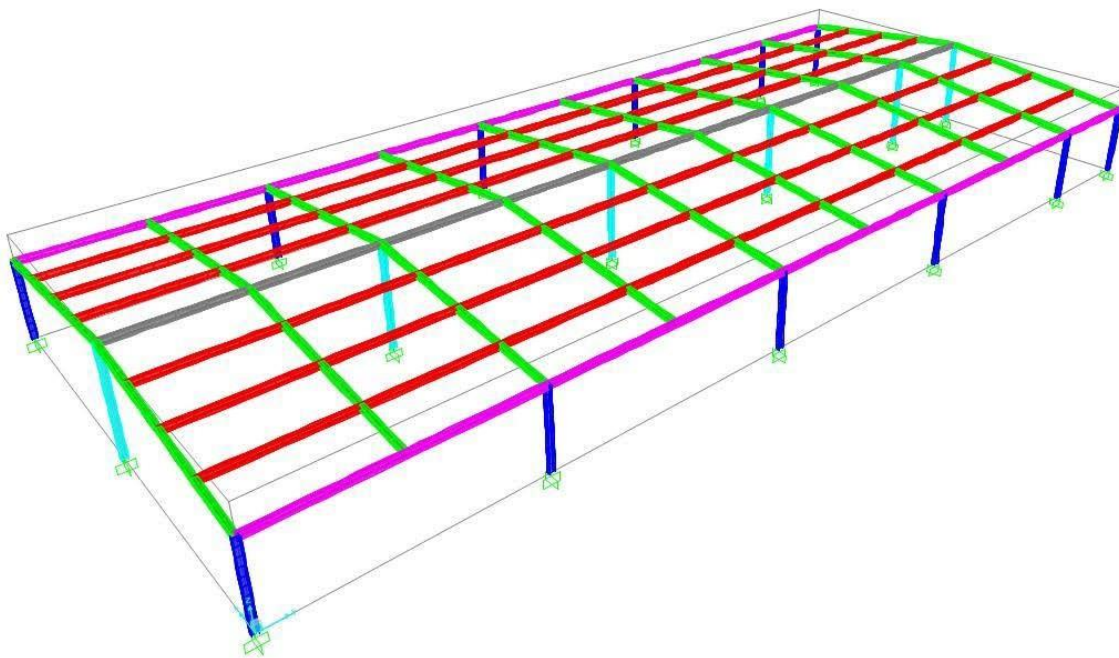


Figura 18 –Imagem 3D da estrutura metálica do novo pavimento (SAP 2000). (Fonte: Autor)

Não se dispõe de dados acerca do controle tecnológico do concreto e dos materiais: dosagens utilizadas, tipo de cimento e do agregado, relação a/c, resultados dos ensaios de compressão do concreto, de tração e dobramento do aço, etc. Também não foram localizadas informações referentes à elaboração da mistura do concreto, que indicassem se a trabalhabilidade estava adequada às dimensões das peças e à taxa de armadura, dados sobre o adensamento e cura do

concreto, etc. Por isso foram realizados ensaios não destrutíveis do concreto, verificações in loco e inspeções visuais na edificação localizada no Clube Monte Líbano.

Recomenda-se um estudo do solo para conhecer a fundação dessa edificação, para a determinação dos tipos de solo, se este possui o desempenho adequado e suporta as cargas atuantes na estrutura atual, se suportaria as novas cargas provenientes da construção de um novo pavimento, como também a necessidade de reforço estrutural das fundações.

6. CONCLUSÕES

Deve-se dar uma atenção especial às estruturas de concretos quando se é observado armaduras expostas, rachaduras, trincas/fissuras e infiltrações, pois podem se propagar e diminuir a vida útil da estrutura.

Nesta edificação as manifestações patológicas mais graves são a corrosão das armaduras expostas, o possível recalque do solo, gerando movimentação da estrutura, a carência de impermeabilização adequada, assim como, a falta de manutenção periódica do edifício como um todo, o que ocasionou o surgimento de rachaduras, fissuras/trincas, e dessa forma originaram-se as infiltrações na estrutura.

De acordo com a análise computacional, as lajes, vigas e pilares possuem deformações compatíveis e armaduras suficientes para resistir aos esforços solicitantes. Porém ao acrescentar o pavimento superior verifica-se a necessidade de reforço em diversos elementos, e ainda se recomenda a realização de uma prova de carga, para verificarmos os estados limites de utilização e as flechas admissíveis.

Sendo assim, de uma maneira geral, o agravamento dessas patologias pode ser atribuído a problemas executivos, à falta de um plano de manutenção preventiva eficiente e ao desgaste natural dos elementos estruturais.

Diante do apresentado neste estudo de caso fica evidente a importância de estudos preliminares das condições estruturais a fim de evitar maiores danos ou até mesmo acidentes devido à má utilização de edificações e/ou construções de novos pavimentos. Além disso, reforça-se a relevância da existência de registros de projetos estruturais.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 6118 (2014). *Projeto de estruturas de concreto – Procedimento*. Rio de Janeiro, 2014.

ABNT NBR 7584: *Concreto Endurecido – Avaliação da dureza superficial pelo esclerômetro de reflexão*. Rio de Janeiro, 2012.

ABNT NBR 6120 – 2000 (Corrigida) – *Cargas para o Cálculo de Estruturas de Edificações – Procedimento* . Rio de Janeiro, 1980.

HELENE, P. R. L. *Manual prático para reparo e reforço de estruturas de concreto*. 1.Ed. São Paulo, Pini, 1988.