



# Gestão & Gerenciamento

## **ANÁLISE DOS ENSAIOS DE COMPRESSÃO AXIAL DA UNIDADE DE ALTA COMPLEXIDADE EM ONCOLOGIA – UNACON DO HOSPITAL REGIONAL DE ARAGUAÍNA - TO**

*REINFORCEMENT AND RECOVERY STUDY OF THE BUILDING THAT WILL  
WILL HOUSE THE HIGH COMPLEXITY ONCOLOGY – UNACON OF THE  
REGIONAL HOSPITAL OF ARAGUAÍNA - TO*

**Vinícius Araújo Gonçalves**

Mestrando; Universidade de Brasília , Brasília, DF, Brasil;

[viniciusaraujo.eng@gmail.com](mailto:viniciusaraujo.eng@gmail.com)

**João da Costa Pantoja**

D.Sc. (FAU, UnB) Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brasil;

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

## Resumo

O presente artigo apresenta um estudo de caso sobre as anomalias estruturais detectadas por vistorias realizadas num edifício de concreto armado que abrigará um hospital oncológico, descrevendo os insaios in situ como o ensaio de compressão axial feita pela extração do testemunhos. Além disso, descreve a proposta de reabilitação e apresenta o resultado dos laudos dos ensaios. Pelos laudos concluiu-se que todos os trinta elementos estruturais avaliados possuem sua capacidade portante muito abaixo do esperado e a estrutura se encontra em estado crítico, necessitando urgentemente de recuperação.

**Palavras-chaves:** proteção contra corrosão; reabilitação; perda de capacidade resistente; estrutura de aço;

## Abstract

*This article presents a case study on the structural anomalies detected by surveys carried out in a reinforced concrete building that will house an oncological hospital, describing the in situ tests as the axial compression test carried out by extracting the cores. In addition, it describes the rehabilitation proposal and presents the results of the test reports. Based on the reports, it was concluded that all thirty structural elements evaluated have a bearing capacity much lower than expected and the structure is in a critical state, in urgent need of recovery.*

**Keywords:** corrosion protection; rehabilitation; loss of resistant capacity; steel structure (;).

## 1 Introdução

---

O Hospital Regional de Araguaína (HRA) é uma unidade de média e alta complexidade, classificado como unidade hospitalar de Porte III\*, que atende pacientes do Tocantins, Pará e do Maranhão, e que junto com o Hospital Geral de Palmas (HGP) são os mais importantes de todo o estado.

No que tange ao tratamento oncológico (câncer), o HRA conta com uma Unidade de Alta Complexidade em Oncologia - UNACON, que devido ao mal estado de conservação do edifício e das manifestações patológicas apresentadas em mais de quinhentas estruturas, apresentou a necessidade de interdição do espaço físico e a recuperação das mesmas instantaneamente.

A unidade hospitalar está localizada no sul do estado do Tocantins, em uma edificação existente, sem registros de sua execução e com 16 anos de utilização por parte do hospital em parte da estrutura, onde o restante da estrutura encontra-se atualmente desocupada.

Segundo a NBR 6118:2003, as estruturas de concreto devem ser projetadas e construídas de modo que sob as condições ambientais previstas na época do projeto e quando utilizadas conforme preconizado em projeto, conservem suas segurança, estabilidade e aptidão em serviço durante o período correspondente à sua vida útil. Entretanto quando essas condições não são respeitadas, podem acarretar em graves complicações que comprometem as condições de salubridade da edificação, o conforto psicológico dos usuários, além do risco de provocar danos contra a saúde e a segurança das pessoas.

Souza e Ripper (1998) atrelam a qualidade dos serviços de recuperação ou de reforço das estruturas de concreto à análise precisa das causas que os tornaram necessários e do estudo detalhado dos efeitos produzidos. E que, a partir destes dois pontos, passa-se então à escolha da técnica adequada para a reabilitação da estrutura. Ou seja, estabelece-se uma

relação de causa- efeito, aonde o produto final é resultado de um estudo das possíveis variáveis e o que elas são capazes de provocar na estrutura.

Para tratar problemas envolvendo corrosão de armaduras não é diferente. É necessário indentificar a maior quantidade de variáveis que influenciam esse fenômeno. Helene (1981) afirma que para que ocorra a corrosão necessariamente dependerá de três principais fatores, são eles: qualidade do concreto (Fck, cobertura e fator água/cimento), porosidade da pasta de cimento (e sua relação com a umidade), e a agressividade do meio, aonde deve-se existir um eletrólito, uma diferença de potencial e oxigênio. Podendo ser acelerada por agentes agressivos contidos ou absorvidos pelo concreto, quebrando ou apenas não permitindo a formação da película de passivação, acelerando o processo corrosivo.

O presente artigo visa ressaltar a importância da consideração destes fatores na proteção das armaduras de concreto armado contra estes ataques químicos, apresentando os principais tipos de ensaios e análises realizadas na edificação hospitalar, objeto deste estudo de caso, permitindo com a interpretação dos resultados traçar a melhor alternativa para correção, seja ela uma recuperação, um reparo localizado ou um reforço estrutural.

## **2 Cenário atual**

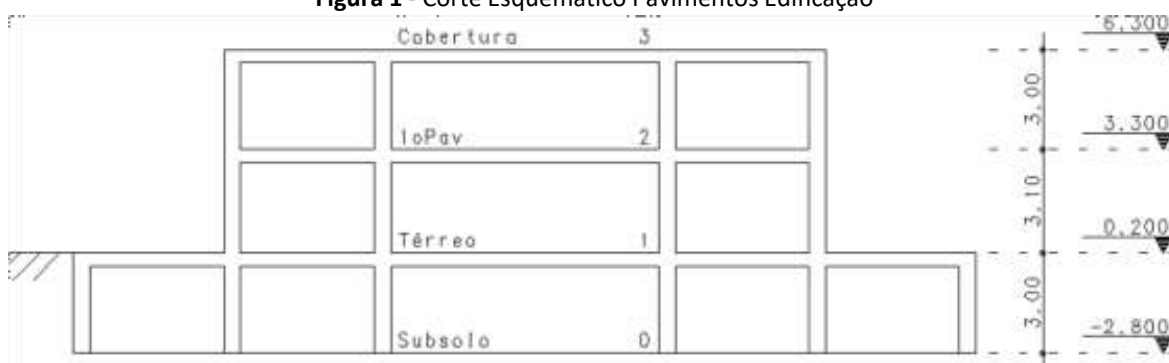
---

Devido ao mal estado de conservação do edifício e das manifestações patológicas apresentadas em sua estrutura, foi determinada pela 2º Vara de Fazenda Pública e Registros da Comarca de Araguaína – TO, a elaboração de um laudo técnico, que foi realizado considerando o preconizado na Norma de Manutenção de Edificações, NBR 5674/2012 da ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas).

O laudo caracterizou-se pela inspeção predial, indentificando as anomalias (irregularidades relativas à construção e suas instalações) provenientes de falhas (diz respeito à manutenção, operação e uso do imóvel), com análise de risco ao usuário, ao ambiente e ao patrimônio, frente ao desempenho dos sistemas construtivos e elementos vistoriados da edificação. Sob análise às plantas baixas dos pavimentos (por levantamento arquitetônico, não foi possível determinar com exatidão o ano da construção e os tipos de fundação utilizadas na estrutura.

O edifício da Unidade de Radioterapia – UNACON de Araguaína é uma edificação existente, onde não existem muitas informações técnicas, projetos, memoriais, diários de obra a respeito do tempo e como o edifício fora construído, desta forma todos os estudos iniciais foram baseados na estrutura existente e nos documentos fornecidos pela Secretaria de Saúde, responsável pela gestão da edificação.

A edificação da UNACON é uma estrutura com um subsolo, pavimento térreo, um pavimento superior e o pavimento de cobertura, figura 1.

**Figura 1 - Corte Esquemático Pavimentos Edificação**

Fonte: Autor (2021)

O laudo apresentou um levantamento quantitativo dos elementos estruturais, com objetivo de dar suporte para a empresa a ser contratada na realização de serviços de ensaios não destrutivos na estrutura do edifício. O levantamento catalogou os elementos estruturais aparentes e os apresentaram em Plantas de Forma. Nos locais onde não foi possível visualizá-los, foram feitos rasgos na alvenaria a fim de localizar outros elementos. Posteriormente, com os dados encontrados no levantamento, foram elaboradas plantas de forma de cada pavimento da edificação, identificando a quantidade e locação de pilares e vigas, bem como a definição de panos de laje.

Ressalta-se que em alguns pontos do prédio, mesmo após rasgo em alvenaria, não foi possível localizar pilares, e que este levantamento não caracterizou a análise da capacidade portante dos elementos estruturais encontrados.

**Tabela 1 – Quantitativa de elementos identificados**

PAV/ ELEMENTO	VIGAS	PILARES	LAJES
Subsolo	48 unid.	45 unid.	46 unid.
Pav. Térreo	40 unid.	56 unid.	47 unid.
Pav Superior	50 unid.	63 unid.	47 unid.

Fonte: dados da pesquisa (2021)

Com a utilização de mais de 16 anos, a UNACON é constituída por lajes, vigas e pilares de concreto armado, rebocados e revestidos, e no caso das lajes, revestidas com forros.

A exposição da estrutura de concreto, diante da ausência de manutenção ao longo de sua vida útil, à agressividade química por efeito da carbonatação e ação de cloretos, contribuiu para o processo de corrosão da armadura e segregação dos componentes do concreto, caracterizando falha de desempenho e requerendo uma intervenção técnica de imediato, de forma a reabilitar a estrutura.

As falhas ou ausência de manutenção da estrutura acarretaram na redução de sua vida útil projetada. Nas vistorias efetuadas foram verificadas as seguintes anomalias e falhas de manutenção da estrutura: exposição das armaduras inferiores com recobrimento insuficiente em processo de corrosão em estado avançado nas lajes e vigas. Nos pilares do subsolo e do pavimento superior: trincamento, deslocamento, perda de seção e rachaduras nas bases,

conforme testemunhos fotográficos.

**Figura 2** – Situação dos pilares da edificação



Fonte: Autor (2021)

Após a inspeção, foi feita a classificação quanto ao grau de risco como CRÍTICO, considerando o risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente; perda excessiva de desempenho, funcionalidade e comprometimento da vida útil da edificação. Foi necessária recuperação em prazo imediato da estrutura de concreto, tendo em vista o alto grau do potencial de risco aos usuários.

**Figura 3** – Situação dos pilares da edificação



Fonte: Autor (2021)

Baseado no levantamento das manifestações patológicas como um todo, que possibilitou a compreensão da estrutura, e também, os principais trechos que estavam apresentando anomalias mais evidentes, foram definidos através de critérios de amostragem, recomendados por norma, quais os elementos estruturais a serem ensaiados e o local definido para a realização do ensaio.

### **3 Reabilitação de Estruturas**

---

Um problema comumente observado é que com frequência surgem dúvidas do que leva a necessidade de reparar ou reforçar uma determinada estrutura e se, no momento da reabilitação estrutural, é preciso optar por alguma técnica de reforço no elemento em questão ou se um simples reparo já acarretaria na solução do problema. Helene (1998) afirma que restaurar a segurança do elemento e aumentar sua durabilidade e vida útil, tem sido cada vez mais comum por uma série de razões: estruturas mais esbeltas, solicitações mais intensas, ambientes mais agressivos, consciência e maior conhecimento dos responsáveis pela manutenção das estruturas, recuperação ou aumento do valor do imóvel, inviabilidade de demolição e reconstrução, mudanças de uso na construção civil e outros mais. Entretanto estes conceitos ainda são malcompreendidos mesmo no meio técnico.

Muitos autores definem os termos —Reforço e —Recuperação, os classificam e os separam de diversas formas, mas o que se sabe é que quando um elemento estrutural foi projetado para resistir a um determinado carregamento e, por algum motivo, ele necessita aumentar a capacidade portante dele, a técnica é chamada de Reforço. Quando um elemento, por algum motivo, perdeu a capacidade portante que ele tinha inicialmente e é necessário intervir de forma que esse elemento volte a ter a capacidade portante inicial, o termo é Recuperação.

Red Rehabilitar (2003) entende-se Recuperação como ações que visam reconduzir a estrutura à sua condição original de uso: reduzindo ou interrompendo o processo de deterioração e recuperando a integridade da estrutura, e Reforço estrutural como as intervenções que ocorrem quando existem erros de projeto, e/ou execução na estrutura que não atendem as solicitações de carregamento para a qual fora executada, ou quando se pretende alterar o uso previsto em projeto para a mesma, neste caso a capacidade portante deste elemento estrutural é aumentada, e, para ambos existem diversas técnicas.

### **4 Metodologia**

---

Neste tópico são apresentados os equipamentos e materiais que foram utilizados para a realização dos ensaios, as variáveis estudadas, tais como os métodos dos ensaios com a utilização de recomendações normativas. O desenvolvimento experimental desde artigo constituiu na realização do ensaio, nos resultados obtidos e na interpretação dos resultados para analisar a viabilidade técnica da utilização destes ensaios normativos.

Em busca de uma melhor compreensão e análise da estrutura existente, serão realizados ensaios de compressão axial com a extração de testemunhos, para posterior emissão de laudos técnicos constando a interpretação dos resultados.

A extração de testemunhos é um ensaio destrutivo, e serve para avaliar a resistência do

---

concreto de uma estrutura, é o método, reconhecidamente, mais confiável e preciso entre os métodos de inspeção. Este ensaio foi realizado em 30 elementos, sendo 15 pilares e 15 vigas, conforme figuras 4 e 5:

**Figura 4** – Situação dos pilares da edificação



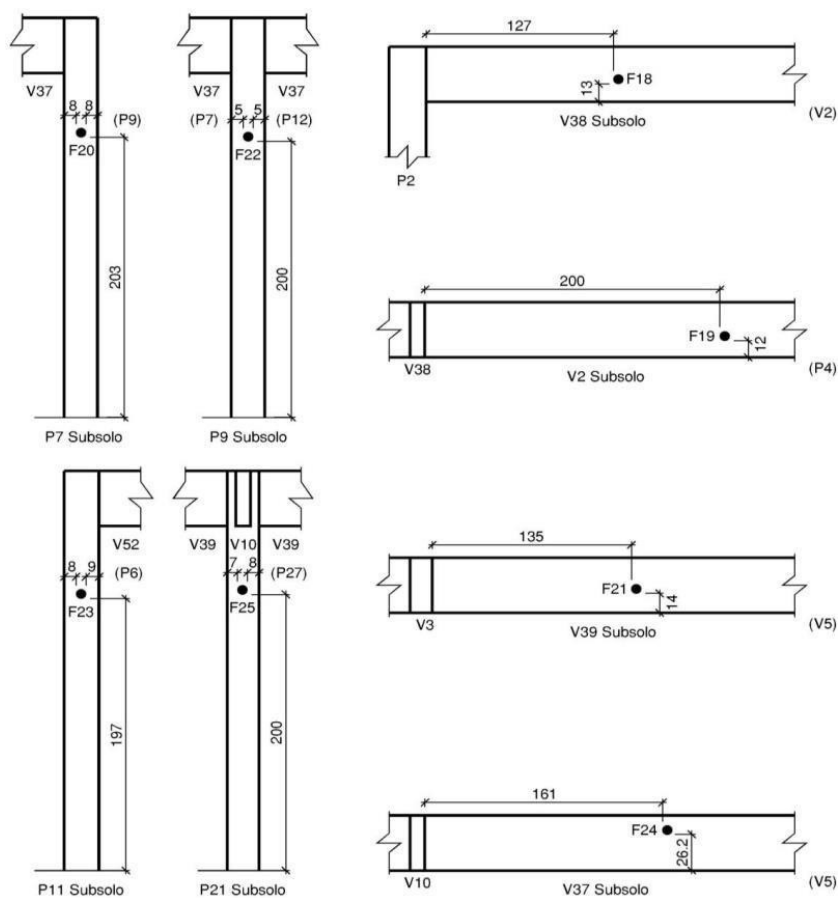
Fonte: Autor (2021)

**Figura 5** – Situação dos pilares da edificação



Fonte: Autor (2021)

As faces das estruturas onde foram realizadas as extrações dos testemunhos, foram especificadas no projeto de forma do Térreo, fornecido pelo interessado. As localizações das extrações estão indicadas, com uma círculo de cor preta, no croqui, conforme figura 5.

**Figura 5** – Croqui com indicação da extração do corpo de prova

Fonte: Autor (2021)

Esse ensaio é realizado em estruturas acabadas, quando existem dúvidas quanto à resistência e o desempenho do concreto lançado, ou para analisar o estado atual de uma estrutura e sua durabilidade, que é o caso do presente projeto. Foi realizado devido à falta de informações sobre projeto estrutural e execução da obra. Esse ensaio foi realizado de acordo com a ABNT NBR 7680:2015 – —Concreto — Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto - Parte 1: Resistência à compressão axial.

No ensaio é importante conseguir converter o valor de resistência à compressão do testemunho, obtido em uma peça real sob condições de cura natural e submetido às condições de carregamento em serviço, em um valor equivalente ao obtido em um corpo de prova moldado nas condições normatizadas.

De acordo com a ANBT NBR 7680:2015, é visto a formação de lotes e quantidade de testemunhos a serem extraídos. Deve-se tomar cuidado no que tange a qualidade dos testemunhos extraídos, pois a maior parte das normas em vigor exige que as amostras extraídas representem um lote examinado.



**Figura 6 – Formação dos lotes de testemunhos**

Tipo de controle (conforme ABNT NBR 12655)	Mapeado (rastreadibilidade)		Formação de lotes	Quantidade de testemunhos por lote	
	No lançamento	Por ensaios não destrutivos			
Amostragem total	Sim	Opcional	Cada lote corresponde ao volume de uma betonada ou de um caminhão betoneira	Aplicado em um elemento estrutural	2
				Aplicado em mais do que um elemento estrutural	3
	Não	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos*	Até 8 m <sup>3</sup>	3**
				Maior que 8m <sup>3</sup> e menor que 50 m <sup>3</sup>	4
Amostragem parcial	Indiferente	Sim	Conforme o mapeamento. Cada lote deve corresponder ao conjunto contido em um intervalo restrito de resultados dos ensaios não destrutivos*	Até 8 m <sup>3</sup>	4
				Maior que 8m <sup>3</sup> e menor que 50 m <sup>3</sup>	6
Casos excepcionais	Vale o critério de amostragem parcial conforme ABNT NBR 12655 (concreto preparado na obra)				

\* Para o índice esclerométrico e velocidade de propagação de onda ultrassônica, recomenda-se que seja adotado como dispersão máxima do conjunto de resultados o intervalo de  $\pm 15\%$  do valor médio.

\*\* Em se tratando de um único elemento estrutural, a quantidade de testemunhos deve ser reduzida a dois, de forma a evitar danos desnecessários

Fonte: ABNT NBR 7680 (2015)

## 5 Análise e discussão dos resultados

Os testemunhos cilíndricos de concreto foram extraídos e estocados em ambiente de laboratório, exposto ao ar, na temperatura ambiente de 26,1°C e umidade relativa de 37%, seu período de estocagem foi de dez dias. Na figura 07 apresenta exemplo dos corpos de prova extraídos, com a nomenclatura (F) fundação, (P) pilar e (V) viga, a numeração e a localização do local aonde foi extraído.

**Figura 7 – Corpos de prova extraídos**

Fonte: Autor (2021)

**Tabela 2 – Resultado das análises das extrações dos testemunhos**

Nº	Amostra	$f_{ck}$ (MPa)	Diâmetro médio (mm)	Altura média (mm)	Massa esp. aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Carga (tf)	$f_{ci, ext}$ inicial (MPa)	Coeficientes de correção				$f_{ci, ext}$ (MPa)
								$k_1$	$k_2$	$k_3$	$k_4$	
1	P7 1º pav - F1	NI	66,5	129,3	2178	3,85	10,9	-0,005	0,101	0,05	-0,04	12,0
2	P50 1º pav - F2	NI	66,6	130,8	2215	7,48	21,0	-0,003	0,101	0,05	-0,04	23,3
3	P73 1º pav - F3	NI	66,6	128,9	2225	6,46	18,2	-0,005	0,101	0,05	-0,04	20,1
4	V13 1º pav - F5	NI	66,6	127,2	2148	3,29	9,3	-0,008	0,101	0,05	-0,04	10,2
5	V37 1º pav - F6	NI	66,6	93,9	2148	2,87	8,1	-0,051	0,101	0,05	-0,04	8,6
6	V26 1º pav - F7	NI	66,6	91,8	2208	6,89	19,4	-0,054	0,101	0,05	-0,04	20,5
7	V41 1º pav - F8	NI	66,6	89,8	2204	4,94	13,9	-0,05	0,101	0,05	-0,04	14,6
8	V2 1º pav - F9	NI	66,8	96,9	2142	4,45	12,5	-0,04	0,101	0,05	-0,04	13,3
9	P7 Cob - F10	NI	66,6	78,5	2273	5,62	15,8	-0,090	0,101	0,05	-0,04	16,1
10	P42 Cob - F11	NI	66,6	93,5	2140	3,33	9,4	-0,052	0,101	0,05	-0,04	9,9
11	P46 Cob - F14	NI	66,6	87	2283	7,34	20,6	-0,062	0,101	0,05	-0,04	21,6
12	V12 Cob - F15	NI	66,6	70	2154	6,24	17,5	-0,127	0,101	0,05	-0,04	17,3
13	V41 Cob - F16	NI	66,7	99,3	2161	9,03	25,30	-0,041	0,101	0,05	-0,04	27,1
14	V32 Cob - F17	NI	66,6	121,5	2249	5,91	16,6	-0,015	0,101	0,05	-0,04	18,20
15	V38 Sub - F18	NI	81,7	152,3	2303	8,33	15,6	-0,011	0,083	0,05	-0,04	16,90
16	V2 Sub - F19	NI	81,7	151,1	2207	6,65	12,4	-0,012	0,083	0,05	-0,04	13,4
17	P7 Sub - F20	NI	66,7	131,3	2103	5,11	14,3	-0,002	0,101	0,05	-0,04	15,90
18	V39 Sub - F21	NI	81,6	158,4	2148	6,12	11,5	-0,005	0,083	0,05	-0,04	12,50
19	P9 Sub - F22	NI	66,7	132,3	2231	4,12	11,6	-0,002	0,101	0,05	-0,04	12,80
20	P11 Sub - F23	NI	66,7	129,1	2354	7,46	20,9	-0,005	0,101	0,05	-0,04	23,2
21	V37 Sub - F24	NI	81,8	148,7	2372	11,74	21,90	-0,015	0,083	0,05	-0,04	23,6
22	P21 Sub - F25	NI	66,7	126,3	2251	5,53	15,50	-0,009	0,101	0,05	-0,04	17,1
23	P30 Sub - F26	NI	66,6	130,8	2210	7,60	21,4	0,003	0,101	0,05	-0,04	23,70
24	V14 Sub - F27	NI	66,6	124,9	2275	4,40	12,4	-0,010	0,101	0,05	-0,04	13,60
25	V20 Sub - F28	NI	66,7	128,9	2086	4,86	13,60	0,006	0,101	0,05	-0,04	15,10
26	V33 Sub - F29	NI	66,6	133,3	2262	5,91	16,60	0,000	0,101	0,05	-0,04	18,50
27	P57 Sub - F30	NI	66,7	128,8	2136	4,66	13,10	-0,006	0,101	0,05	-0,04	14,50
28	P35 Sub - F31	NI	66,6	128,3	2128	3,55	10,0	-0,006	0,101	0,05	-0,04	11,00
29	P47 Sub - F32	NI	66,6	126,3	2240	3,70	12,4	-0,006	0,101	0,05	-0,04	11,30
30	V34 Sub - F33	NI	66,6	154,3	2441	4,14	5,53	-0,006	0,101	0,05	-0,04	13,45

Fonte: Autor (2021)

O reforço de pilares por aumento de seção transversal, também conhecido como encamisamento, consiste no acréscimo de uma camada de concreto sobre o pilar original visando o aumento de diversas propriedades, como: capacidade resistente, ductilidade, rigidez.

A técnica de reforço pode ser feita envolvendo total ou parcialmente a seção original da estrutura. Nesse caso foi feita o envolvimento total da seção original da estrutura. Foi executado com o acréscimo de uma camada de concreto, com adição de armaduras longitudinais e transversais definidas a partir das novas solicitações a serem suportadas pela estrutura reforçada, sejam elas sob a forma de esforços de compressão, tração, flexão, torção, entre outros.

## 6 Conclusão

---

Por falta de manutenção ao longo de sua vida útil, a durabilidade da Unidade de Assistência de Alta Complexidade – UNACON está comprometida por haver nichos de segregação e exposição das armaduras inferiores, com recobrimento insuficiente em processo de corrosão da ferragem em estado avançado nas lajes, vigas e pilares do subsolo e pavimento superior. Há fissuras nas bases de pilares, apresentando destacamento do concreto e perda da seção resistente; há furos em vigas sem projeção prévia, com armação exposta em processo lento de oxidação.

Em suma, a conclusão dos resultados obtidos classificou a edificação com GRAU DE RISCO CRÍTICO, tendo em vista o risco de provocar danos contra a saúde e segurança das pessoas e do meio ambiente, a perda excessiva de custo de manutenção e recuperação, com o comprometimento da vida útil da edificação e do valor imobiliário. Apresentou a necessidade de interdição da edificação e a recuperação das estruturas imediatamente. Ainda, orientou a reavaliação da estabilidade das estruturas de maneira instrumentalizada, consciente de possíveis anomalias estruturais não aparentes às análises visuais enunciadas, com sugestão ao acompanhamento de Engenheiro especialista em estruturas de concreto armado durante a recuperação.

## 7 Referências Bibliográficas

---

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7680-1 (Versão Corrigida: 2015): Concreto - Extração, preparo, ensaio e análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1: Resistência à compressão axial.** Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas.. **NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto –Procedimentos.** Rio de Janeiro, 2002.

HELENE, P. **Manual para Preparo, Reforço e Proteção de Estruturas de Concreto.** 2.ed., São Paulo, PINI, 2000.

HELENE, P. **Manual de reabilitação de estruturas de concreto: reparo, reforço e proteção.** São Paulo: Red Reabilitar, 2003, 718 p.

SOUZA, Vicente Custódio de; RIPPER, Thomaz. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** 1ª ed. São Paulo, Pini, 1998.