MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS OCASIONADAS POR ERROS DURANTE A CONSTRUÇÃO: ESTUDO DE CASO

I. SOARES
Engenheira Civil
Instituição: Universidade Federal do Amazonas
Estado: Amazonas - Brasil
e-mail: ivanalrs@ufam.edu.br

E. BORGES
Engenheiro Civil
Instituição: Universidade Federal do Amazonas
Estado: Amazonas - Brasil
eugenio.borges@outlook.com

RESUMO

As manifestações patológicas ocasionadas por erros de execução durante a obra podem causar sérios problemas. As falhas construtivas aparecem, na maioria das vezes, quando a edificação se encontra em pleno uso, devendo então ser realizadas ações corretivas. Os procedimentos destas ações geram custos desnecessários e transtorno aos usuários da edificação. No entanto, muitos desses problemas podem ser evitados no início da obra, ou seja, durante a própria construção. O processo construtivo de uma edificação deve estar atento às normas vigentes, pois estas descrevem o método de execução que garante o desempenho e a vida útil do empreendimento. O objetivo do estudo foi de demonstrar as consequências acarretadas a uma edificação quando o processo de construção é realizado em desacordo com as Normas Brasileiras. Dessa forma, foi desenvolvida uma análise das manifestações patológicas, na fase de execução, por meio de estudo de caso em uma edificação comercial na cidade de Manaus. Os dados para o estudo foram coletados na edificação ainda durante a fase de execução e foram realizados também ensaios de esclerometria e extração de testemunhos nos elementos de concreto armado. Para cada anomalia observada foi identificado o procedimento que descumpriu a norma e que incorreu no erro. Os resultados apresentados demonstraram que os procedimentos construtivos errôneos acarretaram as manifestações patológicas na edificação. A conclusão da pesquisa observou que os métodos construtivos realizados em desacordo com as normas podem provocar as manifestações patológicas e causar prejuízos e danos ao proprietário da edificação e à vizinhança.
Palavras-chave: Manifestações patológicas. Esclerometria. Falhas construtivas.

ABSTRACT

The pathological manifestations caused by execution errors during the building process can cause serious problems. Constructive failures show up, in most cases, when the building is in full use, and corrective actions must then be taken. These procedures generate unnecessary costs and inconvenience to the building users. However, many of these problems can be avoided from the very beginning of the construction job, that is, the during the construction itself. The construction process of a building must observe and comply with current rules and regulation, as they describe the method of execution that guarantees the performance and the life expectancy of the project. The objective of the study was to demonstrate the impact imposed to the building when the construction process is carried out in disagreement with the Brazilian Standards. Thus, an analysis of the pathological manifestations was developed, in the execution phase, by means of a case study in a commercial building in the city of Manaus. The data for the study were collected in the building during the execution phase and also the sclerometry and the extraction of samples were carried out on the reinforced concrete elements. For each anomaly observed, the procedure that failed to comply with the standard, the error committed was identified. The results presented demonstrated that the erroneous constructive procedures led to the pathological manifestations in the building. he conclusion of the research pointed out that the constructive methods performed in disagreement with the rules and regulations can provoke the pathological manifestations and cause losses and damages to the owner of the building and to the neighborhood.
Keywords: Pathological manifestations. Sclerometry. Constructive failures.

1. INTRODUÇÃO

O acelerado crescimento da construção civil associado ao incremento das inovações tecnológicas alavancou o mercado da construção e passou a exigir, por parte dos usuários, uma segurança maior das edificações. A segurança de uma edificação está relacionada à forma como esta foi projetada, executada e aos materiais utilizados. Logo, faz-se necessário que a criação do projeto preveja as possíveis interferências que poderão afetar o produto final durante a execução.

O corpo de uma edificação é composto por uma estrutura que sustenta todo o carregamento proveniente da finalidade do uso, das alvenarias, revestimentos, instalações e outros que compõem a construção. Essa estrutura é executada, usualmente, em concreto armado, pois conforme Nadalini e Bispo (2017), esse material proporciona vida útil à construção, além de ser considerando de baixo custo e composto por uma matéria prima abundante, de fácil adaptação a diversos lugares e circunstâncias.

O concreto armado, para Nadalini e Bispo (2017), é um material composto por concreto e aço, onde o aço resiste às tensões de tração, e o concreto às tensões de compressão, podendo ser afetado por qualquer manifestação patológica que ataque um desses materiais. Dessa forma, a falta do controle tecnológico do concreto na fase de projeto ou execução, ou na sua utilização, pode gerar problemas estéticos ou comprometimento da segurança e utilidade da estrutura.

De acordo com Fonseca et al. (2015) as manifestações patológicas podem ser originadas ainda nas fases de projeto, materiais, execução, utilização e manutenção. As falhas podem ocorrer ainda na concepção da estrututura, estudo preliminar ou no projeto executivo. As manifestações patológicas além de causar transtorno para a edificação podem também elevar o custo da obra.

Partindo das considerações acima, esse artigo teve o objetivo de estudar as manifestações patológicas ocasionadas na estrutura de concreto armado de uma edificação localizada na cidade de Manaus. O estudo buscou identificar o erro que gerou a manifestação por desrespeito às normas brasileiras.

O estudo foi realizado em duas etapas, sendo a primeira etapa aquela em que se tratou da inspeção visual com os registros fotográficos e em que se buscou identificar as manifestações patológicas na estrutura de concreto armado e os danos causados aos vizinhos e à própria edificação.

Na segunda etapa, foram realizados ensaios destrutivos de retirada de 3 testemunhos para cada elemento: laje, viga e pilar, conforme NBR 7680-1 (ABNT, 2015); ensaios não destrutivos de esclerometria para 5 amostras de cada elemento: laje, viga e pilar de acordo com a NBR 7584 (ANBT, 2012), que serviram para identificar a resistência à compressão do concreto, que é um parâmetro para dimensionamento da estrutura. Conforme Souza et al (2015), esse parâmetro é determinante para identificar as características sobre a qualidade do concreto. Também foi realizado ensaio de sondagem a percussão, conforme NBR 6484 (ABNT, 2001), para análise das características do solo.

Os elementos ensaiados foram eleitos conforme a área mais crítica das manifestações patológicas e de maior concentração de carga.

Também foi realizada uma consulta NBR 14931 (ABNT, 2004) que trata dos procedimentos para execução de estrutura de concreto, Plano Diretor de Manaus (MANAUS, 2012) e Projeto Arquitetônico. Esses documentos serviram para fazer uma relação entre as manifestações patológicas encontradas e o procedimento que foi contra os requisitos normativos e que acarretaram as anomalias.

2. METODOLOGIA

2.1 O estudo de caso

O trabalho foi realizado em uma edificação comercial de 2 pavimentos localizado na cidade Manaus-AM, que apresentava danos causados aos vizinhos e à própria edificação no período da execução da obra. O projeto arquitetônico tinha a proposta para uma edificação de 2 pavimentos, sendo um subsolo com pé direito de 5,60 m e área de 1.850,85 m^2 destinado a um depósito, estacionamento, hall de entrada, guarita, cozinha, sala de descanso, refeitório, banheiro escritório e com 1 doca para carga e descarga; e pavimento térreo, com pé direito de 5,10 m e área de 1.580,02 m^2 destinado a depósito, show room, recepção, lavabo, copa e espaço administrativo.

A obra foi construída em concreto armado convencional (Figura 1) com fechamento lateral e fundos em alvenaria de bloco de concreto; apresentava-se inacabada e com problemas técnicos construtivos que acarretaram manifestações patológicas na edificação.

Figura 1 – Fachada da edificação



A obra foi iniciada no ano de 2012 e paralisada no ano de 2014 em virtude da gravidade dos problemas de execução. Os afastamentos projetados em relação às edificações vizinhas não estavam de acordo com a legislação do município de Manaus e acarretaram danos aos vizinhos. A obra em estudo sofreu intervenção da Defesa Civil e foi paralisada.

A obra não tinha registro de projeto estrutural, instalações elétricas, hidrossanitárias, combate à incêndio e outros necessários a esse tipo de edificação.

3. RESULTADOS

3.1 Falhas na escavação do solo

O limite de afastamento dos fundos não fora respeitado e houve uma escavação para execução de um subsolo. Dessa forma, o alicerce do muro vizinho ficou instável e desabou parcialmente (Figura 2). De acordo com Plano Diretor de Manaus (2012), o afastamento de fundos deveria ser de 5 m. A camada de maciço de solo deveria ter sido contida por uma cortina de concreto armado para resistir ao empuxo e manter a condição de equilíbrio da edificação vizinha.

Figura 2 – Desabamento parcial do muro



O deslocamento do solo também provocou manifestações patológicas na estrutura de outro imóvel vizinho, ocasionadas pelo recalque da fundação existente que acarretou no surgimento de trincas nas vigas e pilares (Figura 3).

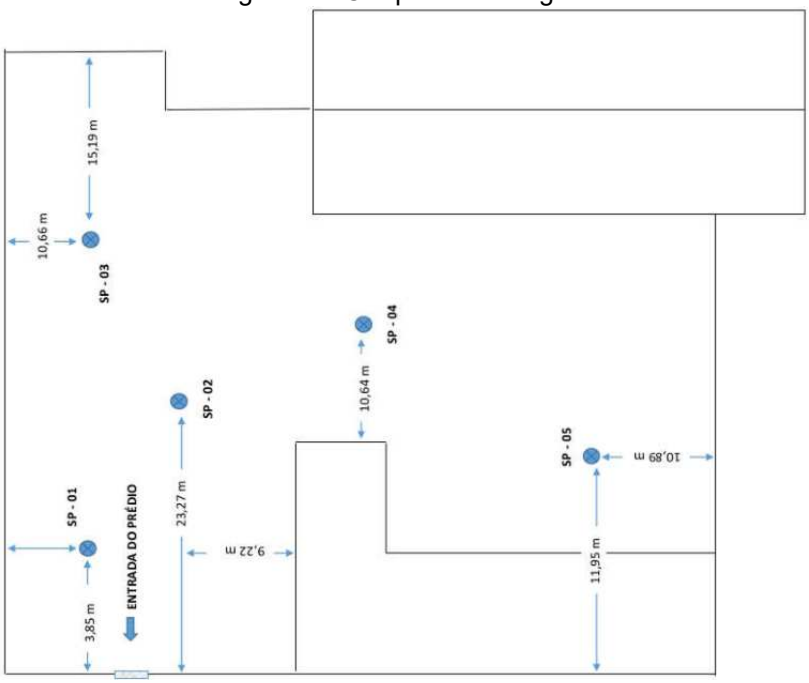
Figura 3 – Trincas na estrutura



No croqui de sondagem (Figura 4) a seguir, pode ser observada a locação dos pontos dos furos onde o solo foi analisado.

O ensaio de percussão permite uma adequada interpretação do maciço, especialmente em regiões afetadas por obras a serem realizadas ou consideradas instáveis, de acordo com a NBR 11682 (ABNT, 2009). Esse mesmo ensaio define a taxa de resistência do solo a qual deve resistir ao carregamento da edificação, auxiliando na definição do melhor tipo de fundação e contenção adequada ao porte da edificação.

Figura 4 – Croqui de sondagem



O resultado encontrado, conforme a tabela 1, demonstrou que SP1 e SP2 apresentaram uma camada de aterro até 0,95 m seguida de um silte arenoso pouco compacto a medianamente compacto até 6,80 m de profundidade; já para o SP3, SP4 e SP5 uma camada de silte argiloso com areia fina de consistência média até a mesma profundidade dos demais furos.

Em todos os furos o material tem predominância de silte; esse tipo de solo necessitava de uma contenção que o estabilizasse, mesmo que tivesse sido mantido o resguardo do afastamento.

Tabela 1 – Taxas admissíveis de solo (kg/cm²)

Furo	SPT	SP-01	SP-02	SP-03	SP-04	SP-05
Prof.		S_{adm}	S_{adm}	S_{adm}	S_{adm}	S_{adm}
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1	1,45	1,83	1,65	2,00	1,83	1,65
2	2,45	2,00	1,83	2,00	2,00	2,00
3	3,45	2,32	2,16	2,16	2,16	2,00
4	4,45	1,00	1,24	1,83	2,00	1,65
5	5,45	1,24	1,45	2,16	2,46	1,45
6	6,45	1,65	1,83	1,65	2,61	2,16
7	7,45	2,00	2,00	2,16	2,61	2,32
8	8,45	2,32	2,46	2,32	2,32	2,46
9	9,45	2,46	2,61	2,61	2,61	2,32
10	10,45	1,00	1,24	2,46	2,87	2,46
11	11,45	1,24	1,65	2,46	2,74	2,61
12	12,45	2,74	2,74	2,74	2,74	2,74
13	13,45	2,87	2,87	2,87	3,12	2,87
14	14,45	3,12	3,12	3,00	3,24	2,61
15	15,45	3,36	3,47	3,36	3,36	2,74

3.2 Falhas de concretagem

3.2.1 Escoramento

Pela parte superior das lajes havia formação de poças d'água (Figura 5a) e pela parte inferior desses elementos foram observadas deformações que incluíam as vigas de contorno (Figura 5b). Durante o procedimento de montagem das formas e concretagem são necessários alguns cuidados que mantenham a integridade da estrutura provisória do escoramento.

Figura 5 – Deformação nas vigas (a) e lajes (b)



(a) (b)

O escoramento da estrutura, segundo a NBR 14931 (ABNT, 2004), não deve sofrer ação do seu peso próprio, nem das cargas acidentais que possam causar, durante a concretagem, deformações prejudiciais ao formato da estrutura, ocasionando esforços não previstos no concreto.

A mesma norma informa que os recalques prejudiciais que são provocados no solo, por meio do carregamento da estrutura devem ser evitados, tomando alguns cuidados como, por exemplo, prever o uso de lastro, piso ou pranchões que corrijam as irregularidades da superfície de apoio e contribuam para melhor distribuição das cargas.

O provável deslocamento vertical ou lateral do escoramento provocou as deformações da estrutura, pois o material contido na forma, inicialmente em consistência plástica, ainda não havia atingido a resistência suficiente para se autossustentar.

Além de comprometer a segurança do elemento de concreto armado, as deformações interferem na estética da edificação na fase do acabamento referente aos revestimentos.

3.3 Falhas no controle tecnológico do concreto

3.3.1 Cura do concreto

As lajes apresentavam muitas manifestações patológicas de trincas por retração do concreto e um mau nivelamento da superfície após lançamento (Figura 6).

Figura 6 – Lajes com trincas de retração



Uma forma de reduzir os efeitos da retração é adotar práticas executivas procedendo à cura e controle do traço de concreto, pois esses efeitos interferem na redução da resistência do concreto, podendo, inclusive, comprometer a segurança do elemento e da edificação.

O projeto de estrutura, consoante à NBR 14931 (ABNT, 2004), deve contemplar nas especificações do concreto a resistência deste à compressão, o módulo de elasticidade, incluindo condições de lançamento, adensamento e cura.

A falta da cura à resistência do concreto que pode, inclusive, comprometer a segurança da edificação, visto que as trincas de retração podem promover o ataque das armaduras pela corrosão devido a umidade.

3.3.2 Adensamento

Alguns pilares apresentavam segregação de materiais pela falta de homogeneidade do concreto (Figura 7a) e as vigas apresentavam formação de ninhos (Figura 7b), que também são conhecidos por “bicheiras”. Essas manifestações patológicas ocorrem durante o lançamento do concreto e são provenientes da falta de adensamento deste.

Os parâmetros definidos pela NBR 14931 (ABNT, 2004) são de cuidados durante o adensamento do concreto, estabelecendo inclusive, que esse procedimento deve estar previsto no plano de concretagem e especificado no projeto.

Figura 7 – Pilar com segregação (a) e viga com bicheiras (b)



(a) (b)

3.3.3 Ensaio de resistência à compressão

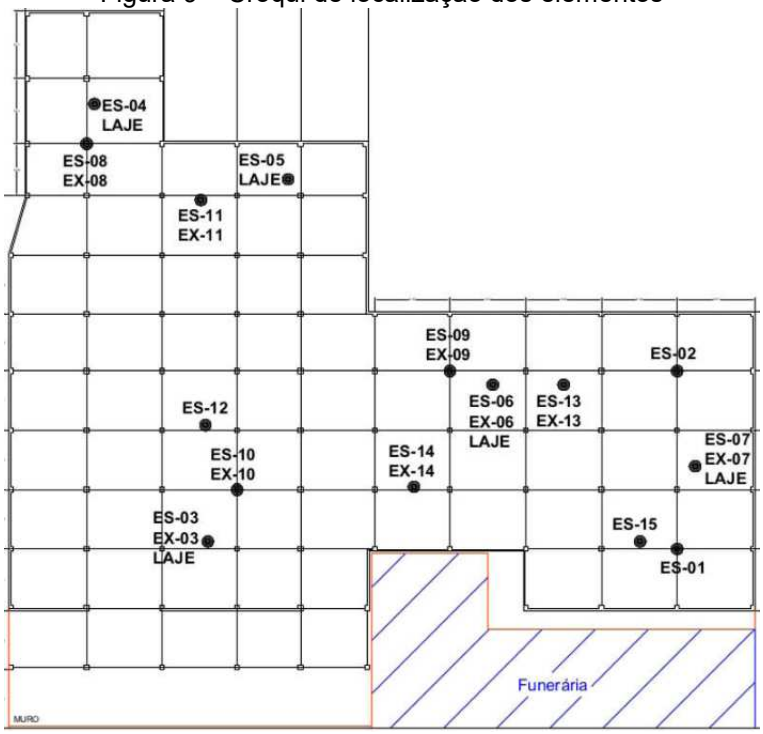
Não foi possível determinar a resistência à compressão do concreto, pois o ensaio não fora realizado de acordo com a NBR 12655 (ABNT, 2015), visto que os corpos de prova ainda estavam no local da obra com identificação ilegível (Figura 8).

Figura 8 – Corpos de prova deixados na obra



Dessa forma, com o intuito de verificar se tal resistência atende ao mínimo estabelecido pela NBR 6118 (ABNT, 2014), foram realizados ensaios de esclerometria e extração de testemunhos dos elementos lajes, vigas e pilares, conforme demonstrados no croqui de localização (Figura 9).

Figura 9 – Croqui de localização dos elementos



No resultado de esclerometria, a Tabela 2 demonstrou que a dureza superficial do concreto apresentou uma variação de resistencia, cuja média atinge valores 30,4; 31,36 e 22,4 Mpa para pilares, vigas e lajes, respectivamente.

Tabela 2 – Resultados de esclerometria

Ponto Nº	Peça ensaiada	Índice Esclerométrico	Resistência superficial (MPa)
ES-01	Pilar	44,44	36,0
ES-02	Pilar	38,10	30,0
ES-03	Laje	27,00	19,0
ES-04	Laje	30,67	23,0
ES-05	Laje	30,60	23,0
ES-06	Laje	32,00	25,0
ES-07	Laje	29,30	22,0
ES-08	Pilar	39,05	31,0
ES-09	Pilar	37,30	28,0
ES-10	Pilar	36,42	27,0
ES-11	Viga	36,62	27,5
ES-12	Viga	41,20	35,8
ES-13	Viga	38,22	30,2
ES-14	Viga	38,46	30,3
ES-15	Viga	40,24	33,0

No resultado de extração de testemunhos (Tabela 3) pode ser observado que o valor da resistência à compressão axial apresentou uma pequena variação nos elementos quando foi observada a média dos resultados de 19,8; 20,23 e 21,1 Mpa para pilares, vigas e lajes respectivamente. Dessa forma, conforme prescrito na NBR 6118 (ABNT, 2014), os pilares tiveram uma resistência inferior a 20Mpa.

De maneira geral, o resultado de esclerometria e extração de testemunhos serviu para verificar a variação da resistência à compressão do concreto para o corpo da estrutura. Essa variação pode estar associada tanto a falta do controle tecnológico quanto à falta das especificações dos materiais constituintes da estrutura de concreto armado.

Tabela 3 – Resultados da extração de testemunhos

Extração Nº		EX-09	EX-10	EX-08	EX-11	EX-13	EX-14	EX-03	EX-06	EX-07
Elemento estrutural		Pilar	Pilar	Pilar	Viga	Viga	Viga	Laje	Laje	Laje
Comprimento extraído (cm)		23	19	19	15	18	17	16	12	12
Agregado		Brita	Seixo	Seixo	Seixo	Seixo	Seixo	Seixo	Seixo	Seixo
Corpo de Prova	Altura (cm)	14	14	14	12,5	14	14	14	11,5	11
	Diâmetro (cm)	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0	7,0
	Área (cm²)	38,48	38,48	38,48	38,48	38,48	38,48	38,48	38,48	38,48
Carga de ruptura (Kgf)		6.230	5.030	9.500	5.610	6.710	9.120	10.060	5.160	7.550
Tensão de ruptura (MPa)		16,2	13,1	24,7	14,6	17,4	23,7	26,1	13,4	19,6
Tensão corrigida (MPa)		17,8	14,4	27,2	15,4	19,2	26,1	28,8	14,0	20,5

3.4 Cobrimento da armadura e corrosão

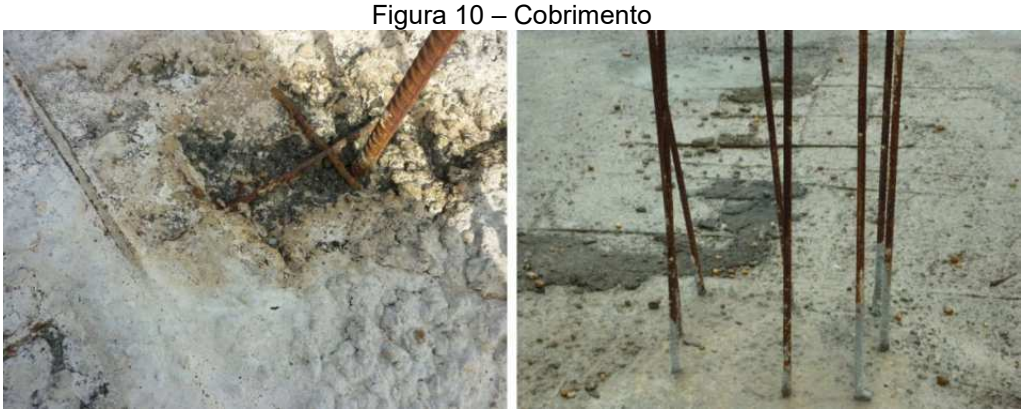
Nas lajes é possível observar que a armadura negativa e positiva está exposta e aflora da superfície do concreto (Figura 10). A armadura exposta perde a passivação do aço e este se torna vulnerável à corrosão eletroquímica que compromete a segurança do elemento estrutural.

No momento do lançamento do concreto, a face superior das lajes deve ter mestras de nivelamento, pois estas, além de contribuir para um acabamento uniforme, ainda garantem o cobrimento da armadura negativa.

Os parâmetros mínimos da NBR 6118 (ABNT, 2014), de cobrimento mínimo, devem estar de acordo com o tipo de elemento estrutural e classe de agressividade ambiental imposta a esse.

A armadura desprotegida do cobrimento fica exposta e sujeita a corrosão eletroquímica, que após expandir o aço perde a aderência com o concreto e deixa de exercer a função de resistir às tensões de tração, podendo levar a estrutura ao colapso.

Figura 10 – Cobrimento



4. CONCLUSÕES

Neste artigo foi possível observar que as manifestações patológicas apresentadas que ocorreram na fase de execução, contribuíram para danos aos vizinhos e à própria edificação, tornado necessária a intervenção da Defesa Civil, com o intuito de resguardar danos maiores.

A deficiência de dados da obra, pela falta de projetos complementares e registro de outros documentos, demonstra que houve falha no planejamento da obra, visto que o único projeto existente era o de arquitetura e este, inclusive, não fora respeitado no momento da execução.

Os erros encontrados estão relacionados a procedimentos que já estão normatizados e servem para instruir a elaboração de projetos com suas especificações e ainda o processo de execução. É possível observar que a obra foi executada sem os critérios mínimos de controle de qualidade quando descumpriu os preceitos das Normas Brasileiras.

A origem das manifestações patológicas se deu pela falta de projeto e erro de execução e as causas estão todas relacionadas à estrutura, sendo que esta é o corpo que sustenta toda edificação, incluindo paredes, revestimentos, telhados e outros. Uma vez que este corpo não atende aos requisitos mínimos de norma, toda a edificação pode ficar comprometida em sua segurança e desempenho.

O reparo ou até reforço de uma estrutura, em qualquer fase de uma obra, acarreta custos não previstos. Esses custos interferem no produto final e criam no usuário uma insegurança e insatisfação.

De forma geral, esse estudo de caso veio apresentar e ratificar a importância das Normas Brasileiras como instrução no processo construtivo. Essas normas descrevem a forma técnica de se fazer construção, considerando os riscos que podem ocorrer por possíveis erros de projeto ou execução. Quando as normas não são atendidas, a gravidade do problema pode, inclusive comprometer a segurança da edificação e do usuário.

5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484:** Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR 14931:** Execução de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 11682:** Estabilidade de encostas. Rio de Janeiro, 2009.

_____. **NBR 7584:** Concreto Endurecido – Avaliação da Dureza Superficial pelo Esclerômetro de Reflexão – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

_____. **NBR 6118:** Projeto de estruturas de concreto — Procedimento. Rio de Janeiro, 2014.

_____. **NBR 7680-1:** Concreto - Extração, preparo, ensaio de análise de testemunhos de estruturas de concreto. Parte 1- Resistência à compressão axial. Rio de Janeiro, 2015.

_____. **NBR 12655:** Concreto de cimento Portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro, 2015.

FONSECA, T.; SILVA, D.; MONTEIRO, E. **Manifestações patológicas em edifícios residenciais na região metropolitana do recife.** In: Congresso Internacional na "Recuperação, Manutenção e Restauração de Edifícios". Rio de Janeiro, 2015.

MANAUS, Prefeitura de. **Lei nº 671, de 04 de novembro de 2002**. Regulamenta o Plano Diretor Urbano e Ambiental, estabelece diretrizes para o desenvolvimento da Cidade de Manaus. Manaus, 2002.

NADALINI, A. C. V.; BISPO, A. O. **Patologia em estruturas de concreto armado em ambiente marítimo.** In: Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias. Foz do Iguaçu, 2017.

SOUZA, D. J. et al. **Obtenção da resistência à compressão do concreto de viadutos localizados na região de curitiba por métodos de ensaios não destrutíveis: esclerometria e ultrassom.** In: Reunião anual de pavimentação e Encontro nacional de conservação rodoviária. Foz do Iguaçu, 2015.