CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.346
ISBN 978-65-86819-05-2

AVALIAÇÃO DE MANIFESTAÇÕES PATOLÓGICAS COM APLICAÇÃO DO MÉTODO FMECA – ESTUDO DE CASO.

MAIA, ÉVELYN
Engenheira Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
evelyn_bmmaia@hotmail.com

PEREIRA, LETÍCIA
Engenheira Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
leticia.azevedo@ufersa.edu.br

ARAÚJO, MAYARA
Engenheira Civil
Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Rio Grande do Norte; Brasil
mayaradfmedeiros@gmail.com

SILVEIRA, ARTHURO
Engenheiro Civil
Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Rio Grande do Norte; Brasil
arthuromds@hotmail.com

RESUMO

As edificações possuem um ciclo de vida útil que deve ser garantido através da correta utilização dos materiais e qualidade da mão de obra, podendo ainda ser prolongado através da adoção de um plano de manutenção periódica. Se alguns destes itens falham, a vida útil da edificação é reduzida através do desenvolvimento de manifestações patológicas que podem desencadear problemas de ordem estética e estrutural. A compreensão das diferentes manifestações é algo indispensável para uma análise correta do problema e a adoção de tratamentos adequados. Para isto, diferentes métodos de análise têm sido criados ou modificados para auxiliar nas investigações patológicas da construção civil. Sendo assim, este trabalho tem por objetivo realizar uma análise das principais manifestações patológicas encontradas na Câmara Municipal de Mossoró, utilizando para tal fim uma adaptação metodológica da ferramenta administrativa intitulada como FMECA (*Failure, Mode, Effects and Criticality Analysis*). Uma vistoria e inspeção visual também foram realizadas acompanhadas de ensaios não destrutivos auxiliando e embasando o diagnóstico. A partir da aplicação do FMECA foi possível a concepção de uma ficha avaliativa identificando o grau de prioridade de risco de cada pavimento da edificação. A maioria das manifestações patológicas identificadas na Câmara Municipal dos Vereadores é relacionada a umidade. Como conclusão ficou claro que o método permitiu indicar qual pavimento precisa de maior atenção e que efeito levou a causa do problema sendo recomendado ações para os reparos.
Palavras-chave: construção civil, patologia nas edificações, durabilidade, grau de risco.

ABSTRACT

Buildings have a life cycle that must be guaranteed through the correct use of materials and quality of workmanship, and can be extended by adopting a periodic maintenance plan. If some of these items fail, it's life cycle is reduced through the development of pathological manifestations that can trigger aesthetic and structural problems. Understanding the different manifestations is indispensable for a correct analysis of the problem and the adoption of appropriate treatments. For this, different methods of analysis have been created or modified to assist in pathological investigations of construction. Thus, this paper aims to perform an analysis of the main pathological manifestations found in the City council of Mossoró, using for this purpose a methodological adaptation of the administrative tool entitled as FMECA (Failure, Mode, Effects and Criticality Analysis). A visual inspection and inspection were also performed accompanied by non-destructive tests to assist and support the diagnosis. From the application of FMECA it was possible to design an evaluation form identifying the degree of risk priority of each floor of the building. Most of the pathological manifestations identified in the City Council are related to humidity. In conclusion, it was clear that the method allowed us to indicate which pavement needs the most attention and what effect led to the cause of the problem.
Keywords: construction, pathology in buildings, durability, degree of risk.

1. INTRODUÇÃO

O avanço do mercado mobiliário, aliado a evolução em softwares de cálculos estruturais e designs, têm contribuído bastante para construções de edificações mais leves e esbeltas. No entanto, a vida útil e a durabilidade são comprometidas. De acordo com John et al. (2001), a durabilidade é um item muito mais baseado em conhecimento do

ISBN 978-65-86819-05-2

que em recurso, pois é possível elevar a vida útil sem aumentar o impacto ambiental durante a fase de produção. Com base nisso, Helene (2001), afirma que nos últimos anos tem crescido a quantidade de edificações com manifestações patológicas, resultando no envelhecimento precoce das construções existentes. Sabendo disso tanto no âmbito nacional quanto no âmbito internacional, foram desenvolvidas exigências e recomendações nas principais normas de projeto e execução.

A maioria das manifestações patológicas poderiam ser evitadas se houvesse um melhor detalhamento de projeto, correta execução da construção e a escolha apropriada dos materiais, assim como uma maior preocupação com a realização das intervenções de manutenção nos elementos que compõem as edificações. Mas infelizmente, muitos cuidados são deixados de lado quando se projeta, constrói ou se utiliza uma edificação, prejudicando a vida útil e o desempenho de sua estrutura (KLIMPEL e SANTOS, 2010; TUTIKIAN e PACHECO, 2013).

De acordo com Thomaz (1989), em países em desenvolvimento, como o Brasil, as conjunturas socioeconômicas fizeram com que as obras atingissem velocidades de execução cada vez maiores, acarretando controles pouco rigorosos dos materiais utilizados e dos serviços executados. Essa rapidez de execução traz uma mão de obra menos detalhista, provocando um aumento nas manifestações patológicas. Com as edificações apresentando tais problemas, os proprietários se tornam mais exigentes. Em consequência dessa alteração do comportamento do consumidor, as empresas tiveram um aumento de custos no pós-venda, e isso para a construção civil significa gastos com pós-ocupação. Para diminuir esses gastos, as empresas começaram a redigir manuais do proprietário, investir em programas de qualidade e treinamento de funcionários (OLIVEIRA, 2013). Surge então a necessidade da utilização da gestão de qualidade na construção civil, que viabiliza a concepção de um sistema administrativo capaz de garantir o sucesso da empresa em meio à rápida evolução social e tecnológica (GOMES, 2013).

Neste sentido, torna-se se fundamental buscar meios que favoreçam, desde o entendimento dos processos, até a identificação de problemas e busca de soluções para tais. Assim em 1968, surgiu a ideia de facilitar a organização das empresas com mais objetividade (MEIRA; ARAÚJO, 2016).

Dessa forma, algumas das ferramentas de qualidade mais utilizadas atualmente no meio da construção civil são: o PDCA e a Matriz Gravidade, Urgência e Tendência. Sabendo disso, escolheu-se para o presente trabalho a utilização de uma ferramenta de análise administrativa que se tem pouco conhecimento e uso nos meios empresariais, a FMECA - Análise dos Modos de Falha, Efeitos e Criticidade, que tem o intuito de identificar e avaliar as falhas presentes no sistema estudado indicando seu grau de prioridade e propondo soluções para a redução destas falhas. A escolha do uso desse método, foi mediante o baixo número de estudos encontrados na área da construção civil fazendo a utilização dele, sendo assim sentiu-se a necessidade de explorar a ferramenta a fim de aprofundar os resultados com os maiores detalhes que o método oferece.

Nesse contexto a presente pesquisa visou realizar uma análise das patologias apresentadas na Câmara Municipal dos Vereadores, sede no poder legislativo do município de Mossoró-RN, que atualmente se encontra em uma edificação privada e sofre por falta de manutenção adequada. Sendo assim, o trabalho tem como intuito apresentar as principais manifestações patológicas do local, tendo como principal objetivo a classificação por priorização de risco e secundariamente as possíveis origens e soluções para cada caso. Para tanto será realizada uma análise e diagnóstico utilizando a metodologia FMECA juntamente com ensaios não destrutivos.

2. METODOLOGIA

Inicialmente foi realizada uma revisão de literatura por meio de artigos, livros, monografias e dissertações para embasar teoricamente as proposições da pesquisa. Posteriormente, foi realizada uma visita *in loco* na Câmara Municipal de Mossoró e a partir desta foram observadas e registradas em fotografias e anotações as anomalias presentes na edificação para posterior aplicação do método avaliativo. A pesquisa desenvolvida foi de cunho qualitativo e quantitativo, pois visou identificar e exemplificar as manifestações patológicas, através da elaboração de um levantamento e mapeamento das manifestações encontradas nos 03 (três) pavimentos superiores da edificação bem como focou também na elaboração de uma ficha avaliativa para a aplicação da metodologia FMECA.

2.1 Caraterização da edificação explorada

O trabalho foi desenvolvido no prédio da Câmara Municipal de Mossoró. Mossoró está localizada na região Nordeste do Brasil, no Estado do Rio Grande do Norte. Atualmente a Câmara Municipal da cidade se localiza em uma edificação

ISBN 978-65-86819-05-2

privada onde antigamente existia um hotel. O local é construído por estrutura de alvenaria e concreto armado convencional. Apesar de ter passado por pequenas reformas para adaptar sua divisão interna aos serviços desenvolvidos a estrutura permaneceu a mesma, sem alterar a concepção da edificação. Assim, a estrutura é composta pelo pavimento térreo e três pavimentos superiores. O ambiente recebe diariamente tanto servidores como o público da cidade e não passa por manutenção adequada há vários anos, este fato despertou maior interesse para realização do estudo no local.

2.2 Aplicação da FMECA

A ficha elaborada baseia-se na Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA), que foi desenvolvida para identificar os possíveis modos de falha, avaliar os riscos, detectar e aplicar medidas que minimizem as consequências. Com a aplicação do método foi possível realizar a análise de risco através do sistema *Risk Priority Numbers* ou Número de Prioridade de Risco (NPR) que consiste em auxiliar o FMEA estabelecendo prioridades na ordem de execução de melhorias baseado na análise quantitativa de três variáveis: a severidade do problema, probabilidade de ocorrência e facilidade de detectá-lo. Com isso foi multiplicado os três índices para construir a ferramenta chamada de FMECA que indica o grau de risco da manifestação patológica.

Desse modo, para avaliar o dano devem ser considerados os possíveis impactos e conforme sua gravidade define-se o índice de severidade; de com acordo sua intensidade é definida o índice de ocorrência, e mediante a maior probabilidade de visualizar os problemas se estabelece o índice de detecção. Os índices variam de 1 a 10 (Tabela 1) de acordo com seus critérios.

Tabela 1 - Critérios avaliativos para uso do FMECA.

COMPONENTE DO NPR	CLASSIFICAÇÃO	PESO
Severidade (S)	Apenas perceptível	1
	Pouca importância	2 a 3
	Moderadamente grave	4 a 6
	Grave	7 a 8
	Extremamente grave	9 a 10
Ocorrência (O)	Improvável	1
	Muito pequena	2 a 3
	Pequena	4 a 6
	Média	7 a 8
	Alta	9 a 10
Detecção (D)	Alta	1
	Moderadamente grave	2 a 5
	Pequena	6 a 8
	Muito pequena	9
	Improvável	10

A Criticidade foi obtida pela equação: NPR = Gravidade x Ocorrência x Detecção. Cada exemplar da amostra recebeu uma nota final que foi classificada de acordo com os critérios que estão demonstrados na Tabela 2.

Tabela 2 - Critérios avaliativos do NPR.

	CLASSIFICAÇÃO	PESO
ÍNDICE DE RISCO (NPR)	Baixo	1 a 50
	Médio	50 a 100
	Alto	100 a 200
	Muito alto	200 a 1000

2.3 Ensaios não destrutivos

Após a análise das anomalias observou-se a necessidade de execução de ensaios não destrutivos para confirmar a criticidade dos problemas visualizados. Dessa forma, foram realizados dois ensaios distintos utilizando os seguintes aparelhos: umidímetro James T-M-170 e a régua fissurômetro.

ISBN 978-65-86819-05-2

O ensaio com o umidímetro foi realizado mediante as orientações do manual do aparelho, em virtude de não existir normatização. O umidímetro utilizado foi o de modelo James T-M-170, que mede a porcentagem de umidade, utilizando uma elevada tecnologia eletrônica. Este possui dois modos de funcionamento, o modo pino e o modo de busca. Conforme é descrito no manual de instruções, no modo pino, os dois pinos são empurrados contra o material e um campo de alta frequência é criado entre eles, capaz de registrar a umidade do local. Já no modo de busca, a umidade usa um sensor capacitivo de alta frequência. O aparelho permite ao usuário a leitura direta da porcentagem de umidade do concreto, alvenaria, madeira dura, madeira macia, gesso e tijolo. O desenvolvedor do material descobriu que o modo pino é mais eficaz em materiais de baixa densidade e no modo busca é mais eficaz para materiais de maior densidade.

No presente trabalho, utilizou-se o modo pino (Figura 1). Assim, os pinos foram inseridos e pressionados contra as paredes de alvenaria que apresentavam maiores regiões com manchas de umidade. O aparelho indica três cores mediante o valor expresso, verde para um percentual baixo de umidade, amarelo para moderado e vermelho para elevado. As regiões onde foram realizados os ensaios estão demarcadas na planta baixa inserida nos resultados.

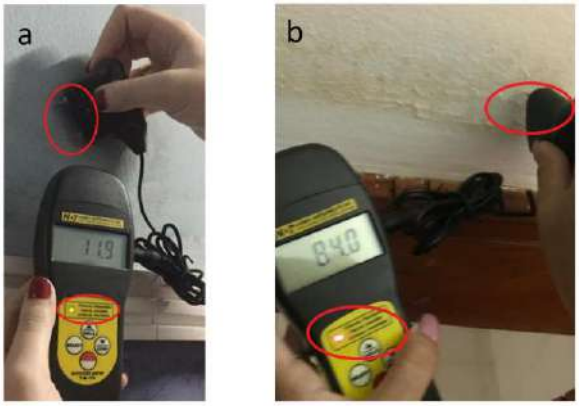


Figura 1 - Umidímetro utilizado no modo pino a) com indicação na cor verde b) com indicação na cor vermelha.

A régua fissurômetro foi utilizada para medição das aberturas presentes nas paredes com o intuito de classificar e identificar as aberturas em fissuras, trincas e rachaduras, mediante a espessura, que poderia variar de 0,05 mm até 1,5 mm. Para a análise das aberturas a régua fissurômetro foi colocada sobre as mesmas a fim de que se pudesse determinar a espessura exata, em mm, da anomalia (Figura 2). As aberturas que receberam o ensaio foram demarcadas no mapa apresentado nos resultados.

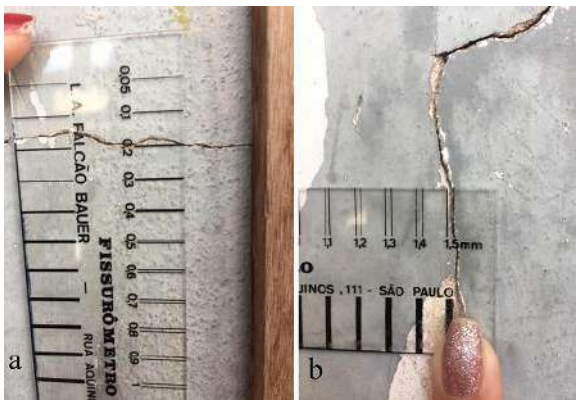


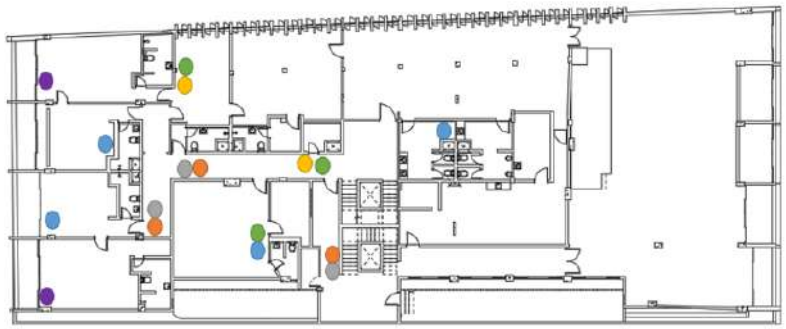
Figura 2 - Medição com régua fissurômetro, em a) fissura e b) trinca.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Levantamento das manifestações patológicas

Durante a visita na Câmara Municipal observou-se manifestações patológicas nos três pavimentos superiores. Para facilitar a compreensão dos distintos resultados obtidos em cada cômodo do pavimento bem como mapear a incidência dessas manifestações foram elaborados mapas para cada pavimento, conforme exemplificado nas Figura 3, 4 e 5.

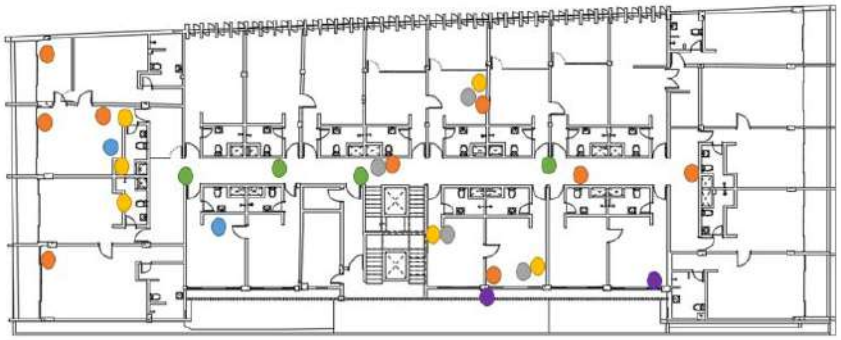
ISBN 978-65-86819-05-2



Legenda:

- Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.
- Manchas de infiltração com mofo/bolor.
- Desgaste e estufamento de pintura.
- Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.
- Fissura/Trinca por possível falta de amarração.
- Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.

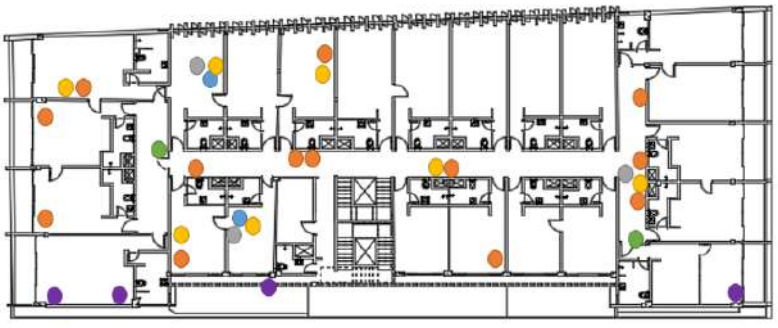
Figura 3 – Mapa de manifestações patológicas do pavimento 01.



Legenda:

- Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.
- Manchas de infiltração com mofo/bolor.
- Desgaste e estufamento de pintura.
- Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.
- Fissura/Trinca por possível falta de amarração.
- Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.

Figura 4 – Mapa de manifestações patológicas do pavimento 02.



Legenda:

- Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.
- Manchas de infiltração com mofo/bolor.
- Desgaste e estufamento de pintura.
- Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.
- Fissura/Trinca por possível falta de amarração.
- Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.

Figura 5 – Mapa de manifestações patológicas do pavimento 03.

ISBN 978-65-86819-05-2

No geral, foram identificadas muitas manchas provenientes de umidade por infiltração e ascensão capilar. Algumas apresentavam-se em estágios mais avançados e além da presença de umidade também possuiam bolor, manchas amareladas, estufamento e descascamento da pintura. No primeiro, segundo e terceiro pavimentos também foram encontradas várias aberturas com distintas espessuras. Estas podem ser provenientes da movimentação de contração e expansão natural dos materiais ou ainda devido a movimentações higroscópicas, falta de amarração e possível oxidação do aço.

De acordo com as observações feitas e a partir do mapeamento do local e ensaios realizados, foram elaborados gráficos para demonstrar o percentual de ocorrência das manifestações patológicas nos três pavimentos analisados. Para o pavimento 01 (Figura 6) obteve-se o maior índice de ocorrência de manchas acima do rodapé, o que representou 23,53% do total de manifestações patológicas encontradas neste pavimento. Nos locais analisados percebeu-se a ausência de impermeabilização nas paredes e lajes e constatou-se que a lavagem periódica realizada no piso da edificação provoca acúmulo de água em algumas regiões, sendo assim esta água empoçada tende a ser absorvida pelas alvenarias e subir nestas por capilaridade, intensificando a patologia. Os locais que apresentaram por decorrência de infiltração e que já possuiam mofo/bolor representaram 17,65% do total para este pavimento. Para esta ocorrência podemos citar a proximidade destas regiões com os banheiros aumentando consideravelmente a probabilidade de ocorrência de infiltração oriunda de problemas com as instalações hidrossanitárias destas áreas.

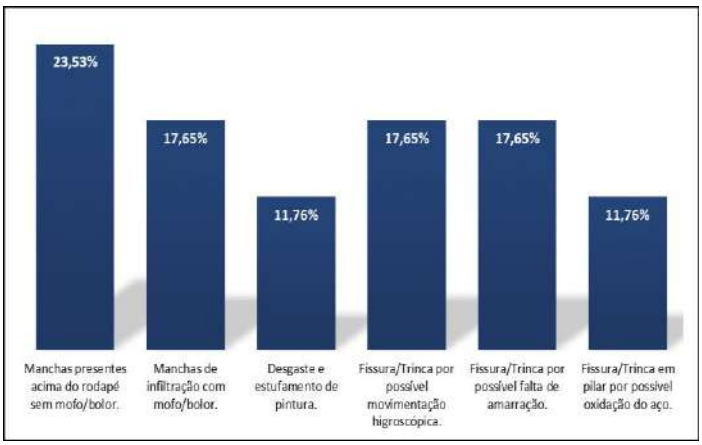


Figura 6 - Ocorrência das anomalias no pavimento 01.

A Figura 7 refere-se a análise percentual das incidências patológicas no pavimento 02. Percebe-se que algumas manifestações patológicas aparecem com maior incidência em relação ao pavimento anterior. Da totalidade das incidências patológicas verificadas neste pavimento a grande maioria ocorre sob forma de manchas de infiltração com mofo/bolor, perfazendo assim 33,33%. Possivelmente esta patologia origina-se através de infiltrações geradas a partir de tubulações dos aparelhos de ar-condicionado ou através de tubulações hidrossanitárias danificadas.

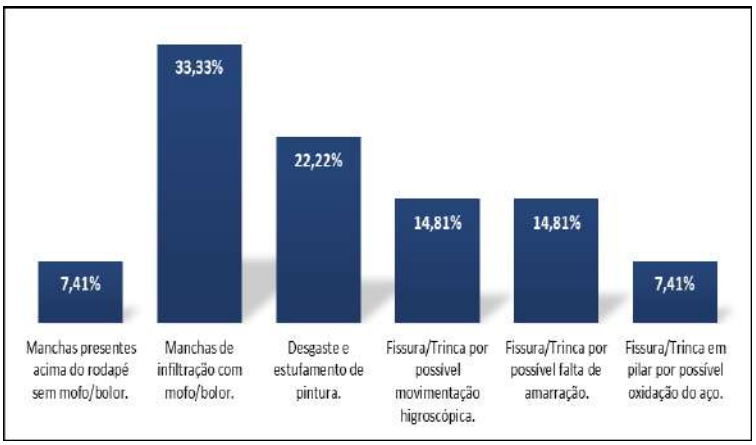


Figura 7 - Ocorrência das anomalias no pavimento 02.

ISBN 978-65-86819-05-2

Para o pavimento 03 produziu-se o gráfico presente na Figura 8. A incidência de manifestações patológicas sob forma de manchas de infiltração, perfaz um total de 40,00%. Em uma segunda posição percebe-se a occorrência de desgaste e estufamento da pintura, representando 23,33% do total.

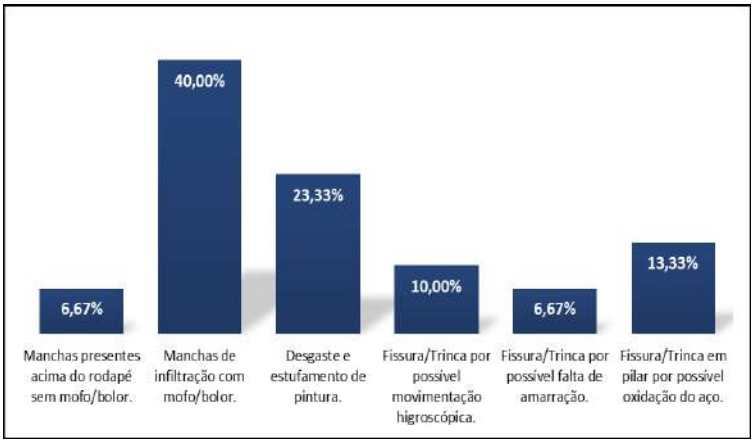


Figura 8 - Ocorrência das anomalias no pavimento 03.

Pode-se comentar ainda que neste pavimento a incidência de fissuras/trincas em pilares por possível oxidação do aço aparece com uma ocorrência mais elevada que nos pavimentos anteriores, 13,33% do total. A origem desta patologia tem provavél causa a umidade presente no pavimento devido a alta incidência de infiltração que acarreta o desgaste das paredes e provoca a oxidação das armaduras próximas, uma vez que estas armaduras aumentam de volume ocasionam as aberturas nos pilares.

3.2 Análise dos ensaios utilizados

Para os ensaios não destrutivos também foram elaborados mapas que podem ser vistos nas figuras 9, 10 e 11, indicando em que local foi realizado o ensaio.

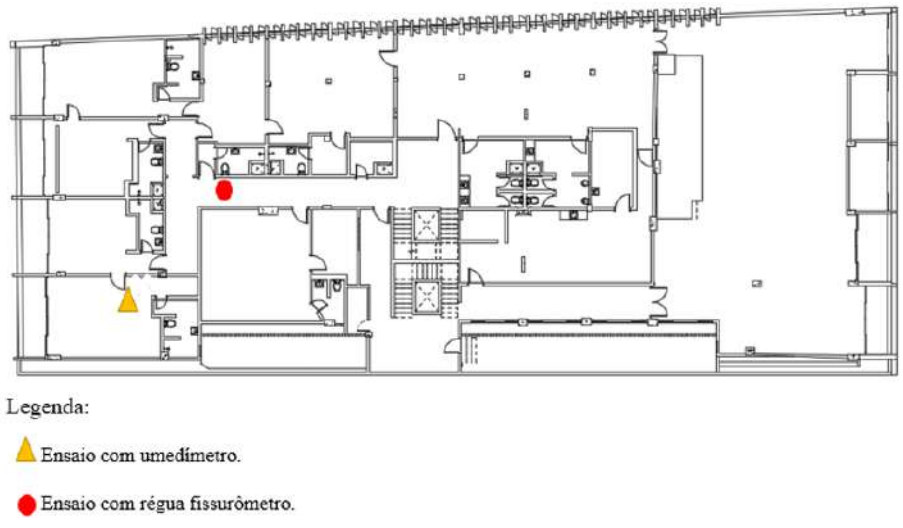


Figura 9 – Mapa dos ensaios não destrutivos pavimento 01.

ISBN 978-65-86819-05-2

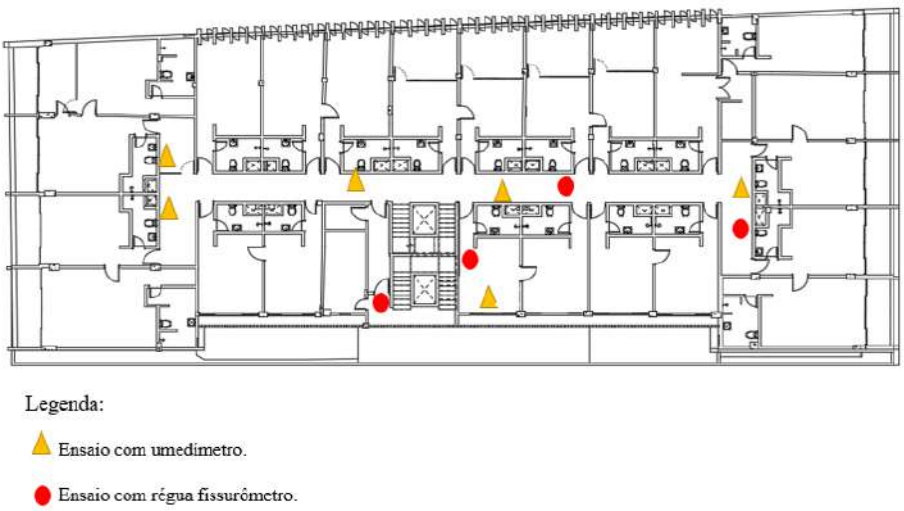


Figura 10 – Mapa dos ensaios não destrutivos pavimento 02.

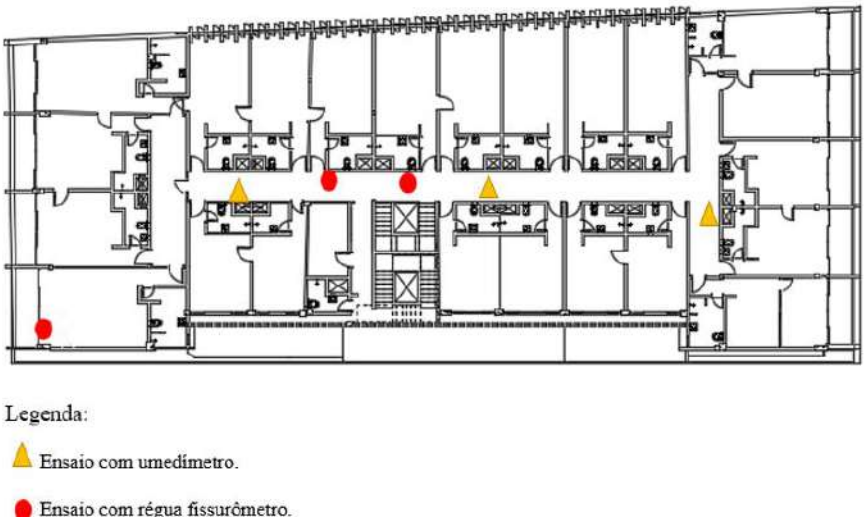


Figura 11 – Mapa dos ensaios não destrutivos pavimento 03.

Com o ensaio do umidímetro obteve-se o percentual de umidade presente nas regiões das paredes que apresentavam manchas, estufamento, descascamento e mofo/bolor. Durante o experimento foi possível notar uma variação da umidade entre os pavimentos, determinada tanto pelo valor exposto no display, quanto pela variação da cor indicada pelo aparelho. Os resultados quanto a porcentagem de umidade e cor exposta pelo umidímetro podem ser vistos na Tabela 3.

Tabela 3 – Resultados obtidos pelo umidímetro.

PAVIMENTO	RESULTADO (%)	COR	INDICAÇÃO
1º	5,60	Verde	Baixa umidade
2º	6,50	Verde	Baixa umidade
2º	7,10	Verde	Baixa umidade
2º	8,30	Verde	Baixa umidade
2º	10,50	Verde	Baixa umidade
3º	10,90	Verde	Baixa umidade
3º	11,40	Verde	Baixa umidade
2º	20,30	Amarelo	Moderada umidade
2º	25,80	Vermelho	Elevada umidade
3º	84,00	Vermelho	Elevada umidade

ISBN 978-65-86819-05-2

A partir dos valores obtidos, observa-se que a região do terceiro pavimento se encontra com umidade crítica e necessita de reparo imediato. Possivelmente, devido ao comportamento higroscópico, a umidade oriunda desse pavimento pode afetar aos demais. Vale ressaltar que, caso não sejam realizados os devidos reparos nas áreas com baixa umidade, o estado físico destas regiões pode se agravar chegando há um nível crítico. O ensaio realizado com a régua fissurômetro obteve resultados variantes e para definir o tipo de abertura encontrada comparou-se com a Tabela 4 e que foi elaborada por Oliveira (2012), que classifica as aberturas de acordo o tamanho da espessura em: fissuras, trincas, rachaduras, fenda ou brecha. Na Tabela 5 estão expostas as espessuras das aberturas encontradas durante o ensaio e as classificações definidas.

Através das medições realizadas percebe-se que a incidência de fissuras é bem reduzida frente a incidência de trincas nas regiões analisadas. Em alguns pontos, as trincas possuem espessuras no limite da classificação indicando o agravamento do elemento estrutural.

Tabela 4 - Medidas das respectivas aberturas.

ANOMALIAS	ABERTURAS (mm)
Fissura	Até 0,5
Trinca	De 0,5 a 1,5
Rachadura	De 1,5 a 5,0
Fenda	De 5,0 a 10,0
Brecha	Acima de 10,0

Tabela 5 - Classificação e espessura das aberturas.

PAVIMENTO	ESPESSURA (mm)	CLASSIFICAÇÃO
1º	1,5 mm	Trinca
2º	1,5 mm	Trinca
2º	1,5 mm	Trinca
2º	1,4 mm	Trinca
3º	1,5 mm	Trinca
2º	0,4 mm	Fissura
3º	1,5 mm	Trinca
3º	0,7 mm	Trinca

3.3 Aplicação do FMECA

Com base na análise visual e nos ensaios realizados aplicou-se o método de Análise de Modos de Falha e Efeitos, calculando o Número de Prioridade de Risco e indicando ações recomendadas para realizar os reparos das falhas presentes. A ficha avaliativa do FMECA foi aplicada nos três pavimentos acima do térreo, que foram os pavimentos que apresentaram as maiores concentrações de manifestações patológicas na inspeção visual. Para a avalição foram usados os critérios expostos na metodologia, que quantificam a classificação dos índices de severidade, ocorrência e detecção, e quando multiplicados se tornam o número de prioridade de risco. Os resultados foram colocados em quadros que podem ser visualizados nas Figuras 12, 13 e 14.

FICHA AVALIATIVA – MÉTODO FEMECA									
ANÁLISE DE UMIDADE DO PAVIMENTO 01									
Elemento	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Parede de alvenaria comum.	Umidade.	Manchas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.	5	Ascensão capilar.	6	Visualização do acúmulo de água no rodapé.	5	150	Realizar a impermeabilização correta do pavimento e reparar possíveis vazamentos.
		Manchas de infiltração com mofo/bolor.	4	Infiltração.	5	Visualização de manchas de umidade de forma pontual ao longo de uma parede.	6	120	Corrigir os possíveis vazamentos, melhorar a circulação de ventilação e aplicar revestimentos impermeabilizantes.
		Desgaste e estufamento de pintura.	3	Elevada umidade causando uma expansão de volume do material que provoca o desprendimento das camadas de pintura e o estufamento delas.	2	Visualização do descascamento da região da parede.	9	54	Descamar toda parede retirando a pintura ruim e os estufamentos. Logo após, refazer a pintura com tintas que apresentem resistência a umidade.

ISBN 978-65-86819-05-2

Elemento	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Elemento estrutural: pilar	Fissuras e trincas.	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	3	Aberturas provocadas pela expansão do material devido ao acúmulo de água.	3	Visualização da região com umidade provocando estufamento e aberturas devido a expansão do material.	7	63	Tratar inicialmente a umidade, em seguida, abrir as anomalias em toda sua extensão e adicionar um reforço com a tela de aço
		Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	4	Falta da união correta da parede com o elemento próximo a ela.	3	Visualização da formação de pequenas aberturas na região.	6	72	Realizar a abertura de toda extensão da anomalia e colocar amarrações adequadas.
		Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	2	Região próxima ao pilar que esteja apresentando oxidação.	2	Visualização de aço exposto ou manchas amareladas.	10	40	Realizar o tratamento adequado no elemento que está sofrendo corrosão e caso necessário colocar reforço nas armaduras.

Figura 12 – Aplicação do FMECA no pavimento 01.

FICHA AVALIATIVA – MÉTODO FEMECA									
ANÁLISE DE UMIDADE DO PAVIMENTO 02									
Elemento	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Parede de alvenaria comum.	Umidade.	Manchas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.	2	Ascensão capilar.	2	Visualização do acúmulo de água no rodapé.	9	36	Realizar a impermeabilização correta do pavimento e reparar possíveis vazamentos.
		Manchas de infiltração com mofo/bolor.	10	Infiltração.	8	Visualização de manchas de umidade de forma pontual ao longo de uma parede.	5	400	Corrigir os possíveis vazamentos, melhorar a circulação de ventilação e aplicar revestimentos impermeabilizantes.
		Desgaste e estufamento de pintura.	9	Elevada umidade causando uma expansão de volume do material que provoca o desprendimento das camadas de pintura e o estufamento delas.	7	Visualização do descascamento da região da parede.	4	252	Descamar toda parede retirando a pintura ruim e os estufamentos. Logo após, refazer a pintura com tintas que apresentem resistência a umidade.
Elemento estrutural: pilar.	Fissuras e trincas.	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	4	Aberturas provocadas pela expansão do material devido ao acúmulo de água.	6	Visualização da região com umidade provocando estufamento e aberturas devido a expansão do material.	6	144	Tratar inicialmente a umidade, em seguida, abrir as anomalias em toda sua extensão e adicionar um reforço com a tela de aço
		Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	3	Falta da união correta da parede com o elemento próximo a ela.	4	Visualização da formação de pequenas aberturas na região.	6	72	Realizar a abertura de toda extensão da anomalia e colocar amarrações adequadas.
		Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	3	Região próxima ao pilar que esteja apresentando oxidação.	2	Visualização de aço exposto ou manchas amareladas.	10	60	Realizar o tratamento adequado no elemento que está sofrendo corrosão e caso necessário colocar reforço nas armaduras.

Figura 13 – Aplicação do FMECA no pavimento 02.

FICHA AVALIATIVA – MÉTODO FEMECA									
ANÁLISE DE UMIDADE DO PAVIMENTO 03									
Elemento	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Parede de alvenaria comum.	Umidade.	Manchas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor	1	Ascensão capilar.	1	Visualização do acúmulo de água no rodapé.	10	30	Realizar a impermeabilização correta do pavimento e reparar possíveis vazamentos.
		Manchas de infiltração com mofo/bolor.	10	Infiltração.	10	Visualização de manchas de umidade de forma pontual ao longo de uma parede.	5	500	Corrigir os possíveis vazamentos, melhorar a circulação de ventilação e aplicar revestimentos impermeabilizantes.
		Desgaste e estufamento de pintura.	9	Elevada umidade causando uma expansão de volume do material que provoca o desprendimento das camadas de pintura e o estufamento delas.	8	Visualização do descascamento da região da parede.	3	216	Descamar toda parede retirando a pintura ruim e os estufamentos. Logo após, refazer a pintura com tintas que apresentem resistência a umidade.

ISBN 978-65-86819-05-2

Elemento	Modo de falha potencial	Efeito potencial da falha	Severidade	Causa potencial da falha	Ocorrência	Medidas de detecção	Detecção	NPR	Ações Recomendadas
Elemento estrutural: pilar.	Fissuras e trincas.	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	3	Aberturas provocadas pela expansão do material devido ao acúmulo de água.	3	Visualização da região com umidade provocando estufamento e aberturas devido a expansão do material.	7	63	Tratar inicialmente a umidade, em seguida, abrir as anomalias em toda sua extensão e adicionar um reforço com a tela de aço
		Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	2	Falta da união correta da parede com o elemento próximo a ela.	2	Visualização da formação de pequenas aberturas na região.	10	40	Realizar a abertura de toda extensão da anomalia e colocar amarrações adequadas.
		Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	8	Região próxima ao pilar que esteja apresentando oxidação.	9	Visualização de aço exposto ou manchas amareladas.	6	432	Realizar o tratamento adequado no elemento que está sofrendo corrosão e caso necessário colocar reforço nas armaduras.

Figura 14 – Aplicação do FMECA no pavimento 03.

Mediante os resultados obtidos é notório que em cada pavimento existe uma gravidade variante das manifestações patológicas, porém existem algumas que precisam de atenção imediata. É possível visualizar nas Tabelas 6, 7 e 8 a organização do Número de Prioridade de Risco de cada pavimento sendo classificado de acordo com a comparação feita com os critérios expostos na metodologia.

Tabela 6 - Priorização de risco do pavimento 01.

	EFEITO DA FALHA	NPR	CLASSIFICAÇÃO
PAVIMENTO 01	Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.	150	Alto
	Manchas de infiltração com mofo/bolor.	120	Alto
	Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	72	Médio
	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	63	Médio
	Desgaste e estufamento de pintura.	54	Médio
	Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	40	Baixo

Tabela 7 - Priorização de risco do pavimento 02.

	EFEITO DA FALHA	NPR	CLASSIFICAÇÃO
PAVIMENTO 02	Manchas de infiltração com mofo/bolor.	400	Muito alto
	Desgaste e estufamento de pintura.	252	Muito alto
	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	144	Alto
	Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	72	Médio
	Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	60	Médio
	Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.	36	Baixo

Tabela 8 - Priorização de risco do pavimento 03.

	EFEITO DA FALHA	NPR	CLASSIFICAÇÃO
PAVIMENTO 03	Manchas de infiltração com mofo/bolor.	500	Muito alto
	Fissura/Trinca em pilar por possível oxidação do aço.	432	Muito alto
	Desgaste e estufamento de pintura.	216	Muito alto
	Fissura/Trinca por possível movimentação higroscópica.	63	Médio
	Fissura/Trinca por possível falta de amarração.	40	Baixo
	Machas presentes acima do rodapé sem mofo/bolor.	30	Baixo

Percebeu-se que no pavimento 01 as regiões com presença de manchas são as com maiores números de prioridade de risco. No pavimento 02 a NPR se eleva nas regiões com manchas de infiltração, desgaste e estufamento de pintura, e por movimentação higroscópica, pois se mostram de alta gravidade. E no pavimento 03 é o local onde se encontram os maiores riscos, tanto relacionados as manchas, assim como para fissuras/trincas em pilares por possível oxidação do aço e com degaste e estufamento de pintura. Sendo assim, é de grande urgência que sejam realizados planejamentos para a realização de reparos do local.

ISBN 978-65-86819-05-2

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com o estudo realizado é possível afirmar que a maioria das manifestações patológicas presentes no local é proveniente da umidade por infiltração. Foi evidente que a medida que se aproximava do pavimento 03 as incidências patológicas aumentavam indicando que a origem do problema pode estar localizada com neste andar.

Mediante o ensaio com o umidímetro pode-se afirmar que o local necessita de mais saídas de ventilação, pois o acúmulo de umidade está provocando o aparecimento de mofo/bolor que pode causar problemas respiratórios aos seus usuários.

Já com o ensaio do fissurômetro foi possivel realizar a classificação perante as aberturas presentes nas estruturas. Devido ao curto tempo não se pôde realizar leituras ao longo de um período que permitiriam ter uma ideia da tendência do movimento para um agravamento, estabilização, recuperação ou variação cíclica.

Com relação ao uso da ferramenta FMECA para a identificação da classificação do número de risco das manifestações patológicas, é possível dizer que foi satisfatório a sua aplicabilidade. Apesar das dificuldades de acesso ao local por ser um prédio privado, foi possível ter clareza sobre quais ambientes se demanda uma maior necessidade de intervenção e que possível efeito ocasionou o problema, variando de um grau de risco muito alto de 500 à um grau de risco baixo de 30.

De acordo com todos os procedimentos realizados nos pavimentos recomenda-se a contratação de uma equipe técnica para realização das: impermeabilizações das lajes e de paredes em áreas molháveis do local; estancar possíveis vazamentos presentes, sejam eles por tubulações hidrossanitárias ou de ar-condicionado; e realizar o tratamento adequado das fissuras, trincas e armaduras da estrutura do local que podem necessitar de armadura adicional de acordo com o nível de perda, com o objetivo evitar que ocorram problemas futuros e eclosão de novas manifestações patológicas.

REFERÊNCIAS

GOMES, R. C. A. **A utilização de ferramentas da qualidade para identificação das causas do desperdício em uma empresa do ramo da construção civil recém-constituída**. 2013. 22 p. Monografia de Especialização (Gestão da quailidade), Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

HELENE, P. R. L. **Introdução da vida útil no projeto das estruturas de concreto**. Workshop sobre Durabilidade das Construções. São José dos Campos, Novembro, 2001.

JOHN, V. M. et al, (2001). **Durabilidade e sustentabilidade: desafios para a construção civil brasileira**. Workshop sobre Durabilidade das Construções. São José dos Campos, Novembro, 2001.

KLIMPEL, E.C.; SANTOS, P.R.C. **Levantamento das manifestações patológicas presentes em unidades do conjunto habitacional moradias Monteiro Lobato**. 2010. 98 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Patologia nas Obras Civis) – Instituto IDD, Curitiba, 2010.

MEIRA, A. R.; ARAÚJO, N. M. C. **Qualidade na construção civil**. 1ªed. João Pessoa /PB: Editoraifpb, 2016, 212 p.

OLIVEIRA, A. M. **Fissuras, trincas e rachaduras causadas por recalque diferencial de fundações**. 2012. 96 p. Monografia de Especialização (Engenharia Civil), Universidade Federal de Minas Gerais - Curso de Especialização em Gestão em Avaliações e Perícias, Belo Horizonte, 2012.

OLIVEIRA, D. F. **Levantamento de causas de patologias na construção civil**. 2013. 107 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil), Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio De Janeiro, 2013.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios – Causas, prevenção e recuperação**. 1ª ed. São Paulo: PINI, LTDA 1989, 194 p.

TUTIKIAN, B.; PACHECO, M. **Inspección, diagnóstico y prognóstico em la construcción civil**. Boletín Técnico. México: Alconpat Internacimérida, 2013, 17 p.