CBPAT 2020 ANAIS
CONGRESSO BRASILEIRO DE PATOLOGIA DAS CONSTRUÇÕES
DE 15 A 17 DE ABRIL | FORTALEZA - CE
http://dx.doi.org/10.4322/CBPAT.2020.295
ISBN 978-65-86819-05-2

METODOLOGIA PARA DETERMINAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE NÍVEIS DE DETERIORAÇÃO E INTERVENÇÃO EM PAREDES DE TAIPA

CRUZ, BRUNA RAMOS DE SOUZA
Engenheira Civil; Mestranda PPGEES
Universidade Federal
Mato Grosso do Sul; Brasil
b.ramosdesouza@gmail.com

MEDEIROS, VICTOR AMADEU SANT'ANNA
Professor EBTT
Instituto Federal
Mato Grosso do Sul; Brasil
medeirosvictoramadeu@gmail.com

MILANI, ANA PAULA DA SILVA
Professora Dr. Associada
Universidade Federal
Mato Grosso do Sul; Brasil
ana.milani@ufms.br

RESUMO

A taipa consiste numa técnica de construção em que a terra umedecida, por meio de compactação em formas, edifica elementos construtivos de fechamento vertical. Apesar desse sistema construtivo apresentar inúmeras vantagens sob o alcance dos preceitos da sustentabilidade, ele é suscetível à ações naturais e a defeitos construtivos, tornando necessário o estudo das manifestações patológicas que surgem com o decorrer do tempo, para determinar o grau de deterioração das paredes de edificações e a necessidade de intervenção. Portanto, neste trabalho é proposta uma metodologia de avaliação das manifestações patológicas mais frequentes em paredes de taipa, a saber: manchas, fissuras e desagregação. O procedimento de avaliação consistiu em identificar e medir a extensão dos danos e com isso determinar um índice de performance, que permite a classificação numérica dessas paredes quanto à classe de deterioração e intervenção. A metodologia foi realizada por meio da análise de manifestações patológicas em taipa de edifícios com idade igual ou maior que 5 anos e comparada com o método avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento. Os resultados obtidos demonstraram a coerência da metodologia de determinação do índice de performance, que passa a ser uma ferramenta qualitativa e quantitativa importante para determinar os níveis de deterioração e a necessidade de intervenção em paredes de taipa contemporâneas.
Palavras-chave: manchas, fissuras, desagregação, terra compactada

ABSTRACT

The rammed earth consists of a construction technique in which the moistened earth, through of compaction in forms, builds constructive elements of vertical closure. Despite this constructive system, which has several advantages under the precepts of sustainability, it is susceptible to natural actions and constructive defects, making it necessary to study the pathological manifestations that appear over time, to determine the degree of deterioration of building walls and the need for intervention. Therefore, this paper proposes a methodology to evaluate the most frequent pathological manifestations in rammed earth walls, namely: stains, cracks and disintegration. The evaluation procedure consisted of identifying and measuring the extent of damage and thereby determining a performance index, which allows the classification of these walls according to the deterioration class and intervention. The validation of the methodology was made by analyzing pathologies in rammed earth walls in buildings older than or equal to 5 years and comparison with the evaluation methodology of soil-cement walls performance. The results show the coherence of the method, which becomes an important tool to determine the deterioration levels and the need for intervention in rammed earth.
Keywords: stains, cracks, desintegration, compacted earth

1. INTRODUÇÃO

A taipa consiste numa técnica de construção em que a terra umedecida, por meio de compactação em formas, edifica elementos construtivos de fechamento vertical. Nas últimas décadas, projetos de construções sustentávies começaram a emergir e técnicas de construção vernaculares como esta passaram a ser recuperadas e otimizadas (GOMES; FARIA; GONÇALVES, 2019). Isso porque a taipa apresenta inúmeras vantagens sob o alcance dos preceitos da sustentabilidade, como viabilidade econômica, baixa energia incorporada, boas propriedades higrotérmicas, possibilidade de reciclagem ao final da vida útil, entre outros benefícios (TORGAL; JALALI, 2012).

ISBN 978-65-86819-05-2

Contudo, edifícios em taipa ou em outros sistemas construtivos, cuja matéria-prima é a terra crua, são suscetíveis a ações naturais que causam degradação, bem como a defeitos oriundos da própria técnica de construção.

Adrião e Lacombe (2018) fizeram a avaliação pós-ocupação de uma edificação em solo-cimento com 27 anos de uso e observaram que as manifestações patológicas mais comuns são as manchas, fissuras e desagregação.

Torgal, Eires e Jalali (2009) classificaram as manifestações patológicas em paredes de taipa nos seguintes tópicos: manifestações patológicas estruturais, quando ocorrem devido ao mau funcionamento das fundações, das zonas de concentração de tensões (portas e janelas) e da cobertura; e manifestações patológicas não estruturais, que ocorrem por meio da ação da água da chuva nas paredes ou do solo em contato com a fundação através do fenômeno da capilaridade.

Silva *et al* (2018) ressaltaram a importância da preservação do patrimônio construído com terra e a necessidade de desenvolvimento e validação de soluções para intervenção em caso de manifestações patológicas. Por isso, compararam a eficácia de rejuntes à base de argila e à base de cal para reparos de fissuras em paredes de taipa, tendo como resultado similaridade de desempenho para os dois tipos de rejunte reparadores.

Observa-se que existem trabalhos científicos acerca da origem e dos métodos de reparação das manifestações patológicas em paredes de taipa, mas poucos estudos que avaliam sua degradação sob a análise de diversos tipos de danos, e se há ou não necessidade de intervenção e quando intervir.

Diante disso, faz-se necessário o estudo das manifestações patológicas que surgem com o decorrer do tempo em construções contemporâneas com terra. Portanto, o objetivo desse trabalho foi propor uma metodologia de avaliação das manifestações patológicas mais frequentes em paredes de taipa, fornecendo uma relação entre classes/níveis de deterioração e a necessidade de intervenção.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Proposições iniciais

Para determinar a relação entre níveis de deterioração e necessidade de intervenção das paredes de taipa, foi adotada a metodologia que aborda sequências de análise quantitativa e qualitativa do elemento construtivo, intitulada método Índice de Performance (TAGUCHI, 2010). Para tanto, foi feito um estudo em paredes de taipa com uso igual ou superior a 5 anos de construção, por meio da avaliação dos danos externos mais comuns nesse tipo de paredes (fissuras, manchas e desagregação).

Das paredes avaliadas, 6 paredes compõem o edifício Canteiro Experimental da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, lozalizado no campus de Campo Grande – MS; e 2 paredes compõem uma residência unifamiliar, localizada em Piracicaba-SP. Ambas edificações foram construídas em 2014. As figuras 1 e 2 apresentam as fotos de cada uma das paredes estudadas.



Figura 1 – Fotos das paredes de taipa avaliadas do Canteiro Experimental – UFMS

ISBN 978-65-86819-05-2



Figura 2 – Fotos das paredes de taipa avaliadas da Residência Unifamiliar de Piracicaba-SP

Para validar os níveis de deterioração e intervenção determinados pelo método Índice de Performance foi realizada uma comparação com os resultados obtidos na aplicação do método Avaliação de Desempenho de paredes de taipa apresentado por Neves (1993).

2.2 Método Índice de Performance

O método quantitativo proposto a seguir foi baseado no método desenvolvido por Taguchi (2010) para avaliação de manifestações patológicas em alvenarias de vedação em blocos ou tijolos cerâmicos. A primeira etapa da metodologia consiste em calcular o índice de performance do elemento (IP), que é dado pela soma dos fatores para cada tipo de dano i no elemento inspecionado, conforme a equação 1:

$$IP = \Sigma D = \Sigma Bi \times K1i \times K2i \times K3i \times K4i \quad (1)$$

Onde:
IP – índice de performance do elemento
D – índice dos danos
Bi – valor básico associado ao tipo de dano i
K1i – fator da importância do elemento de vedação
K2i – fator indicativo da intensidade do dano i
K3i – fator indicativo da extensão do dano i
K4i – fator indicativo da urgência de intervenção para o dano i

O parâmetro Bi expressa o valor da importância relativa do tipo de dano em relação aos demais inspecionados com relação à segurança e/ou durabilidade do elemento inspecionado. Para paredes de taipa, devem ser avaliados os seguintes danos: manchas, fissuras e desagregação. Para a análise, foram considerados que a fissura e a desagregação têm importância relativa superior às manchas, e portanto, esses defeitos tiveram um maior valor para Bi. A Tabela 1 associa o parâmetro Bi à classe de severidade.

Tabela 1 – Classe de severidade

Item	Tipo de dano	Bi	Classe de Severidade			
			1	2	3	4
			5-10%	11-30%	31-50%	>50%
1	Manchas	1	leve, aparente	presença de fungos, mofos, eflorescências	Localizada	extensas infiltrações, manchas de fungos, mofos e eflorescências
2	Fissuras	2	eventuais fissuras capilares, <0,1 mm	fissuras visíveis com lente, 0,1~0,3 mm	trincas visíveis a olho nu, 0,3~10 mm	fissuras extensas, fragmentação da superfície
3	Desagregação	2	leve, aparente	leve, desagregação da cor, textura	arestas e cantos danificados	separação de paredes/muros

Fonte: os autores (2019)
Nota: adaptado de Taguchi (2010)

ISBN 978-65-86819-05-2

O parâmetro K1i expressa a importância do elemento dentro do contexto da edificação ou uma de suas partes. Como nesta pesquisa as paredes de taipa são estruturais e estabilizadas com cimento as paredes foram consideradas com importância igual e fator de importância K1i = 2.

Já o parâmetro K2i é determinado através de critério de avaliação visual qualitativa e varia em cinco escalas de valores, conforme proposto por Taguchi (2010), a saber: 0,0 (se o defeito não for identificado na inspeção visual); 0,5 (se o dano for de pequena dimensão e aparecer em poucos locais dos elementos); 1,0 (para danos de médias dimensões, confinados em ambientes, ou danos de pequenas dimensões aparentes em menos de 25% da área do elemento); 1,5 (se os danos forem de grandes dimensões, aparentes em muitos elementos, ou em 25 a 75% da área do elemento) e 2,0 (para danos muitos grandes, aparentes na maior parte dos elementos).

O fator K3i varia em quatro escalas de valores: 0,5 (atribuído a danos confinados em um ambiente); 1,0 (quando os danos são aparentes em menos de 25% dos elementos da mesma edificação); 1,5 (quando os danos são aparentes em 25% a 75% dos elementos da mesma edificação); e 2,0 (quando os danos são aparentes na maioria dos elementos da mesma edificação) (TAGUCHI, 2010).

Por fim, o parâmetro K4i, que indica a urgência de intervenção e varia de 1 a 5. A determinação do valor atribuído a este parâmetro para cada parede estudada foi feita pelo responsável técnico por sua execução, em conformidade com os critérios estabelecidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Urgência de intervenção

Critério	K4i
Intervenção não necessária, pois, danos não afetam segurança, estética e durabilidade	1
Danos devem ser reparados dentro de um período de 1 ano, para prevenção da durabilidade, segurança e servicibilidade	2 a 3
Reparos imediatos, pois, estão afetando a segurança e servicibilidade	3 a 5
Interdição temporária ou limitação de tráfego	5

Fonte: FIB (1998)

A segunda etapa deste método consiste em calcular o índice de performance global do elemento (IP_g), dado pela equação 2:

$$IPg = 100 \times (\Sigma Def / \Sigma Dref), \text{ em que: (2)}$$

$$Def = \Sigma K1_m \times M_{m,ef} \quad (3)$$
$$Dref = \Sigma K1_m \times M_{m,ref} \quad (4)$$
$$Mm,ef = \Sigma Bi \times K2i \times K3i \times K4i \quad (5)$$
$$Mm, ref = \Sigma Bi \times K2i \times K3i \times K4i \quad (6)$$

Sendo:
IPg – índice de performance global
Def – soma dos danos efetivos do elemento inspecionado
Dref – soma dos danos na parede-referência
K1m – fator de relevância do elemento (igual a 2 nesta pesquisa)
Mm,ef – soma reduzida dos danos efetivos do elemento inspecionado
Mm,ref – soma reduzida dos danos da parede-referência

Na expressão (2) a soma dos danos efetivos foi dividida pela soma-referência, para evitar-se que o índice de performance global (IPg) fosse demasiadamente afetado pelo número de tipos de danos e pelo número de elementos (TAGUCHI, 2010). A soma referência refere-se aos danos de uma ¨parede-referência¨, que foi uma parede de taipa hipotética, a qual foi conferida todas as manifestações patológicas observadas e os graus de danos considerados mais elevados sem necessidade de intervenção. Esta parede foi empregada como base de comparação entre a amostra de

ISBN 978-65-86819-05-2

paredes avaliadas neste estudo, ou seja, o grau de danos determinados foram porcentagens dos danos da parede-referência. Os danos atribuídos a ela estão expostos na Tabela 3.

Tabela 3 – Características atribuídas à parede-referência de taipa

Elemento de vedação	Tipos de danos	Classe de Severidade	Bi	K1i	K2i	K3i	K4i
Parede-referência	Manchas	4	1	2	2	2	1
	Fissuras	4	2	2	2	2	1
	Desagregação	4	2	2	2	2	1

Fonte: os autores

Com o valor do Índice de Performance global (IPg) calculado, descobre-se, através da Tabela 4, a classe de deterioração para cada elemento, bem como o seu grau de deterioração, as conseqüências e o prazo para intervenção para cada parede de taipa avaliada no presente estudo.

Tabela 4 – Classe de deterioração

CLASSE/NÍVEL	Descrição da deterioração, intervenções necessárias, exemplos de deterioração	Ip - Índice de performance
I	**Sem danos**, somente deficiências construtivas. Ex: irregularidades geométricas, estéticas, descoloração.	0 à 5
II	**Baixo grau de deterioração**, que somente após longo período de tempo poderá ter sua funcionalidade ou durabilidade reduzida, se não for reparada na época apropriada. Local deteriorado pode ser reparado com baixo custo como parte da manutenção regular. ex: pequenas fissuras, manchas, e/ ou umidades localizadas, destaca mentos internos localizados.	3 à 10
III	**Médio grau de deterioração**, poderá reduzir funcionalidade e durabilidade do elemento de vedação, más, ainda não requer quaisquer limitações de uso. Local deteriorado deve ser reparado em pouco período. ex: fissuras médias, grandes deficiências construtivas, defeitos de impermeabilização, grandes machas, destaca mentos internos.	7 à 15
IV	**Alto grau de deterioração**, reduzindo funcionalidade e durabilidade do elemento de vedação, mas, ainda não requer sérias limitações de uso. São necessários reparos imediatos para preservar a funcionalidade e durabilidade. ex: grandes fissuras, porém não comprometem a estabilidade, grandes deficiências construtivas, sérias deficiências na impermeabilização, umidade generalizada, manchas generalizadas, destaca mento externo generalizado.	12 à 25
V	**Grave grau de deterioração**, redução de funcionalidade (ex. paredes não servem de suporte ou apoio), necessário medidas de proteção (ex. isolamento ou escoramento). Reparos imediatos. ex: grandes rachaduras, destacamentos generalizados, grandes infiltrações.	22 à 35
VI	**Crítico grau de deterioração**, Grande ou total redução da funcionalidade. Requer isolamento ou interdição do local. Reparos extensos e imediatos. Os reparos não estão condicionados ao custo. ex: danos Classe V acrescidos do nível de proteção local.	>= 30

Fonte: Taguchi (2010)

ISBN 978-65-86819-05-2

2.3 Método avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento

Neves (1993) desenvolveu uma metodologia de avaliação do estado físico de paredes de solo-cimento. A metodologia permite a avaliação da segurança estrutural, durabilidade, estanqueidade e outros elementos. Os parâmetros e critérios de avaliação para fissuras, desagregação e manchas, estão expostos na Tabela 5.

Tabela 5 – Parâmetros e critérios de avaliação para paredes de solo-cimento

Tipo de dano	Desempenho mínimo	Método de medição
Fissuras	Os componentes estruturais não devem apresentar fissuras; nos componentes de vedação a fissuração não deve ocorrer em mais de 15% do comprimento total da parede e a abertura das fissuras não deve ultrapassar 3mm.	Verificação visual; medir a maior abertura de fissura e calcular o número de fissuras em relação ao comprimento da parede.
Manchas	Não deve haver manchas de umidade, bolor ou qualquer indício proveniente de deficiência no tratamento superficial superior a 0,1m² em pontos localizados; manchas por capilaridade não devem ocorrer.	Verificar nas faces opostas às paredes sujeitas a ação da água o aparecimento de manchas e medir a área; verificar a existência de manchas provenientes de outros fatores; verificar a existência de manchas provenientes da ascensão de água.
Desagregação	Não deve ocorrer em área superior a 25cm² por metro linear de parede.	Observar se existe buracos ou áreas em desagregação; medir a área.

Fonte: os autores
Nota: adaptado de Neves (1993)

Para a avaliação de desempenho das paredes de taipa foram medidos os comprimentos das fissuras, e as áreas de manchas e de desagregação, por meio de uma malha 10 cm x 10 cm criada no software AutoCAD, a qual foi sobreposta à foto de cada parede avaliada neste estudo, possibilitando, assim, a medição da extensão dos danos e a verificação do atendimento aos critérios de desempenho mínimo listado na tabela 5. A cor magenta representa as malhas de 10cmx10cm, as hachuras na cor azul indicam áreas com fissuras, na cor amarela com desagragações e, na cor branca com manchas (Figuras 3 e 4).

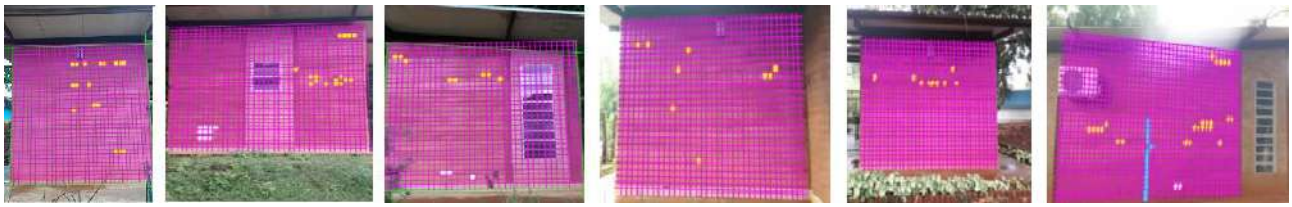

Figura 3 – Determinação da extensão dos danos nas paredes de taipa do Canteiro Experimental - UFMS

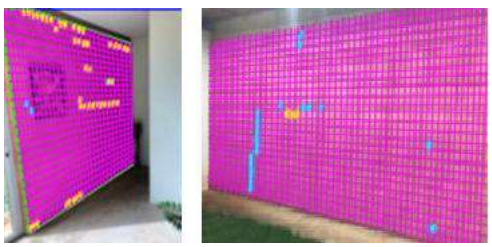

Figura 4 - Determinação da extensão dos danos nas paredes de taipa da Residência Unifamiliar de Piracicaba-SP

A confiabilidade dos níveis de deterioração e intervenção das paredes de taipa encontrados no método Índice de Performance foi validada pelo atendimento dos seguintes quesitos:
a) A classe de deterioção da parede de taipa foi determinada como sendo I, II ou III pelo método Índice de Performance quando apresentado o desempenho mínimo previsto pelo método Avaliação de Desempenho;
b) A classe de deterioração da parede foi determinada como sendo IV, V ou VI pelo método Índice de Performance, quando não houve o alcance do desempenho mínimo previsto pelo método Avaliação de Desempenho.

ISBN 978-65-86819-05-2

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Canteiro Experimental UFMS – Campo Grande

3.1.1. Método Índice de Performance

Manchas foram encontradas nas paredes 02, 03 e 06 (Figura 5) com presença de eflorescências e mofos (classe de severidade 2) e, portanto, K2 igual a 1. Além disso, as manchas estão localizadas em vários elementos da edificação (50% das paredes avaliadas têm manchas), e por isso K3 foi considerado 1,5. As fissuras encontradas na parede 06 são visíveis a olho nu, portanto tem classe de severidade 3 e K2 de 1,5. Como as fissuras foram verificadas apenas nessa parede, o K3 (extensão dos danos) é de 0,5.

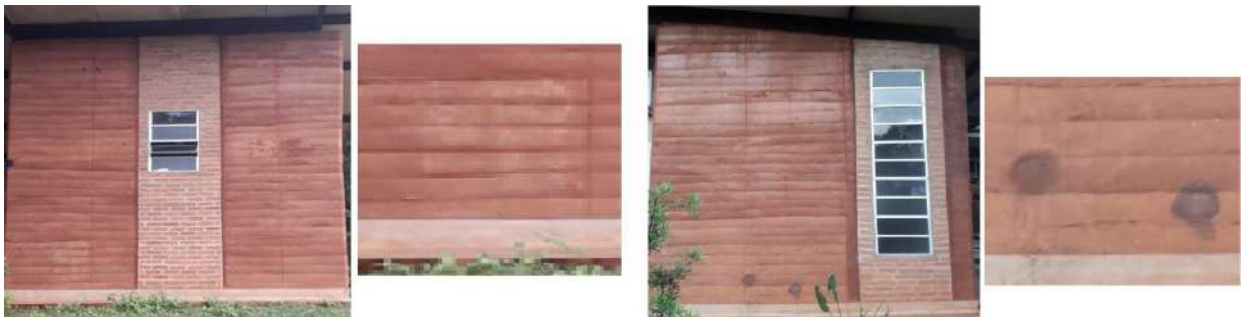

Figura 5 – Paredes 02, à esquerda, e 03, à direita, do Canteiro Experimental da UFMS, com detalhe das manchas. Danos de pequena dimensão em menos de 25% da área do elemento, K2 considerado 1.

A desagregação da parede 03 é leve e aparente por isso seu grau de severidade foi considerado 1 e ao K2 foi atribuído o valor de 0,5. Nas demais paredes a desagregação é maior e por isso o grau de severidade delas foi de 2 com K2 correspondente de 1. Todas as paredes avaliadas nessa edificação sofreram desagregação, por isso o K3 (extensão dos danos) para todas as paredes foi considerado igual a 2.

Nenhum dos danos observados requer intervenção, pois não afetam segurança, estética ou durabilidade das paredes. Por isso o K4 foi considerado 1 para todos os elementos.

O resumo com os valores dos fatores considerados para as paredes analisadas do Canteiro Experimental UFMS encontra-se na Tabela 6.

Tabela 6 - Resumo dos fatores considerados para o Canteiro Experimental - UFMS

Elemento de vedação	Tipos de danos	Classe de Severidade	Bi	K1i	K2i	K3i	K4i	D	IP
Parede-referência	Manchas	4	1	2	2	2	1	8	
	Fissuras	4	2	2	2	2	1	16	
	Desagregação	4	2	2	2	2	1	16	40
Parede-01	Manchas								
	Fissuras								
	Desagregação	2	2	2	1	2	1	8	8
Parede-02	Manchas	2	1	2	1	1,5	1	3	
	Fissuras								
	Desagregação	2	2	2	1	2	1	8	11
Parede-03	Manchas	2	1	2	1	1,5	1	3	
	Fissuras								
	Desagregação	1	2	2	0,5	2	1	4	7
Parede-04	Manchas								
	Fissuras								

ISBN 978-65-86819-05-2

	Desagregação	2	2	2	1	2	1	8	8
Parede-05	Manchas								
	Fissuras								
	Desagregação	2	2	2	1	2	1	8	8
Parede-06	Manchas	2	1	2	1	1,5	1	3	
	Fissuras	3	2	2	1,5	0,5	1	3	
	Desagregação	2	2	2	1	2	1	8	14

Fonte: os autores

Tabela 7 – Resultados da classe de deterioração das paredes do Canteiro Experimental - UFMS

Elemento de vedação	K1m	Mm ef	D ef	K1m	Mm Ref	D Ref	IP g	Classe de Deterioração
Parede-referência	2	10		2	10		100	
Parede-01	2	4	8	2	20	40	20	IV
Parede-02	2	5,5	11	2	20	40	27,5	V
Parede-03	2	3,5	7	2	20	40	17,5	IV
Parede-04	2	4	8	2	20	40	20	IV
Parede-05	2	4	8	2	20	40	20	IV
Parede-06	2	7	14	2	20	40	35	V
Global			56			240	23,3	IV

Fonte: os autores

A Tabela 7 mostra os valores finais da classe de deterioração das paredes do Canteiro Experimental - UFMS. Observa-se que todas as paredes tiveram grau de deterioração final superior a IV (alto grau de deterioração). Além disso, a deterioração global da edificação também é de grau IV, o que significa que há redução na funcionalidade e durabilidade dos elementos de vedação, mas, ainda não requer sérias limitações de uso, tornando necessários reparos imediatos para preservar a funcionalidade e durabilidade, conforme descrito na tabela 4.

3.1.2 Método avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento

Os resultados da avaliação de desempenho para as paredes de taipa do Canteiro experimental – UFMS estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8– Nível de manifestações patológicas nas paredes avaliadas do Canteiro Experimental - UFMS

Elemento de vedação	Altura	Largura	Fissura (% do comprimento)	Desagregação (cm²/m)	Manchas (m²)	Desempenho mínimo
Parede-01	3,27	3,44	0%	34,49	0	Reprovado
Parede-02	3,44	3,92	0%	69,80	0,1	Reprovado
Parede-03	2,90	3,45	0%	16,19	0,02	Satisfatório
Parede-04	2,75	3,6	0%	47,98	0	Reprovado
Parede-05	2,75	3,44	0%	54,63	0	Reprovado
Parede-06	2,94	4,37	37%	109,78	0,02	Reprovado

Fonte: os autores

Apenas a parede 03 foi avaliada como satisfatória, ou seja, atendeu aos critérios mínimos de desempenho considerados nesta metodologia. As paredes restantes - paredes 01, 02, 04, 05 e 06 - obtiveram área linear de desagregação acima de 25 cm² por metro linear de comprimento, que era o limite máximo permitido. Quanto às fissuras, somente a parede 06 apresentou fissuras aparentes a olho nu, sendo que o percentual da extensão das fissuras sobre o comprimento da parede foi de 37%, acima do mínimo aceitavel de 25%. Apesar disso, nenhuma parede teve desempenho abaixo do padrão em relação ao surgimento de manchas.

ISBN 978-65-86819-05-2

3.1.3 Validação do método

As paredes de taipa 01, 02, 04, 05 e 06 do Canteiro Experimental – UFMS, apresentaram classe de deterioração IV ou V pelo método Índice de Performance e não alcançaram o desempenho mínimo previsto pelo método avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento, validando, portanto, a confiabilidade dos níveis de deterioração e intervenção das paredes encontrados no método Índice de Performance.

Somente a parede 03 não corroborou com a validação da metodologia proposta, já que esta parede foi considerada satisfatória quando teve os danos avaliados individualmente pelo método proposto por Neves (1993), porém obteve grau de deterioração IV pelo método do Índice de Performance. Isto porque o método Índice de Performance considera o somatório dos diferentes tipos de danos e a parede 03 tem danos de desagregação e de manchas que concedem a esse elemento uma performance estética inóspita em relação aos demais elementos da edificação avaliada. Outra observação é que essa parede, em congruência com a avaliação de desempenho individualizada satisfatória obtida, teve o menor índice numérico dentre as paredes avaliadas.

3.2 Residência unifamiliar de Piracicaba-SP

3.2.1. Método Índice de Performance

Foram analisadas duas paredes de dimensões significativas da edificação Residência Unifamiliar e nenhuma delas apresentou manchas.

Foram encontradas fissuras visíveis a olho nu em ambas as paredes avaliadas, portanto tem classe de severidade 3; K2 de 1,5 e foi atribuído o valor de 1,5 para o coeficiente K3.

A desagregação da parede 02 é leve e aparente por isso seu grau de severidade foi considerado 1 com K2 de 0,5. Já na parede 01 a desagregação é maior (Figura 6) e por isso o grau de severidade atribuído foi 2 com K2 correspondente a 1. Como as duas paredes avaliadas nessa edificação sofreram desagregação, o K3 foi considerado igual a 1,5 para ambas.



Figura 6 – Parede 01 da Residência Unifamiliar de Piracicaba-SP, detalhe da desagragação. Danos de pequena dimensão em menos de 25% da área do elemento, K2 considerado 1.

Nenhum dos danos observados requer intervenção, pois não afetam segurança, estética ou durabilidade das paredes. Por isso o K4 foi considerado 1 para todos os elementos.

O resumo com os valores dos fatores considerados para as paredes analisadas na edificação Residência Unifamiliar está representado na Tabela 9.

Tabela 9 - Resumo dos fatores considerados para a Residência Unifamiliar de Piracicaba - SP

Elemento de vedação	Tipos de danos	Classe de Severidade	Bi	K1i	K2i	K3i	K4i	D	IP
Parede-referência	Manchas	4	1	2	2	2	1	8	
	Fissuras	4	2	2	2	2	1	16	
	Desagregação	4	2	2	2	2	1	16	40
Parede-07	Manchas								
	Fissuras	3	2	2	1,5	1,5	1	9	
	Desagregação	2	2	2	1	1,5	1	6	15

ISBN 978-65-86819-05-2

Parede-08	Manchas								
	Fissuras	3	2	2	1,5	1,5	1	9	
	Desagregação	1	2	2	0,5	1,5	1	3	12

Fonte: os autores

A Tabela 10 mostra os valores finais da classe de deterioração das paredes da Residência Unifamiliar de Piracicaba. Observa-se que todas as paredes tiveram grau de deterioração final superior a V (grave grau de deterioração). Além disso, a deterioração global da edificação também é de grau V, o que significa que há redução de funcionalidade sendo necessárias medidas de proteção e reparos imediatos, conforme disposto na Tabela 4.

Tabela 10 - Resultados da classe de deteriorização das paredes da Residência Unifamiliar de Piracicaba - SP

Elemento de vedação	K1m	Mm ef	D ef	K1m	Mm Ref	D Ref	IP g	Classe de Deterioração
Parede-referência	2	10		2	10		100	
Parede-07	2	7,5	15	2	20	40	37,5	VI
Parede-08	2	6	12	2	20	40	30	V
Global			27			80	33,8	V

Fonte: os autores

3.2.2 Método avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento

A Tabela 11 mostra os resultados da avaliação na edificação residencial de Piracicaba-SP, em que as duas paredes avaliadas foram reprovadas nos críterios de desempenho mínimo. A parede 07 teve desempenho insatisfatório para taxa de desagregação, apesar do percentual de fissuras atender aos requisitos mínimos. A parede 08 apresenta percentual de fissuras acima do mínimo permitido, embora não tenha manchas e poucas desagragações.

Tabela 11 – Nível de manifestações patológicas das paredes da Residência Unifamiliar de Piracicaba - SP.

Elemento de vedação	Altura	Largura	Fissura (% do comprimento)	Desagregação (cm^2/m)	Manchas (m^2)	Desempenho mínimo
Parede-07	2.6	2.88	14%	107.81	0	Reprovado
Parede-08	2.6	4.8	44%	20.00	0	Reprovado

Fonte: os autores

3.2.3 Validação do método

As paredes de taipa 07 e 08 da Residência Unifamiliar de Piracicaba-SP, apresentaram classe de deterioração V ou VI pelo método Índice de Performance e não alcançaram o desempenho mínimo previsto pelo método Avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento, validando, portanto, a confiabilidade dos níveis de deterioração e intervenção das paredes encontrados no método Índice de Performance.

3.3 Análise do método Índice de Performance

Existe uma aparente incongruência entre a percepção dos técnicos sobre o grau de urgência de intervenção nas paredes (atribuído k4i = 1= sem necessidade de intervenção) e os resultados da classe de deterioração das taipas analisadas pelo método Índice de Performance (intervenção imediata, pois situação grave ou crítica).

Pode ser explicado pela rigorosidade da metodologia, visto que no Índice de Performance é observado o seguinte processo: enquanto a parede hipotética de referência, por definição, é uma parede que não precisa de intervenção, mas tem seus fatores de intensidade e extensão máximos – k2i e k3i iguais a dois, respectivamente –; o resultado do Índice de Performance (percentual relativo dos elementos em relação a parede de referência) só é satisfatório para valores menores que 15% (classe III, médio grau de deterioração). Infere-se, assim, que o método recomenda intervenção para o caso de manifestações patológicas espalhadas e copiosas por toda edificação, mesmo quando os danos em elementos avaliados, isoladamente, não necessitem de intervenção por recomendações técnicas.

De outro ponto de vista, pode-se identificar que a atribuição de um k4i baixo (sem necessidade de intervenção) não afeta isoladamente os resultados de performance da edificação. Além disso, percebeu-se que, na análise dos critérios de urgência de intervenção da Tabela 2, os técnicos e profissionais da área de construção com terra deste estudo, não

ISBN 978-65-86819-05-2

recomendara manutenções para manifestações patológicas de pequena extensão. Por julgarem que essas manifestações não afetam segurança, estética e durabilidade das edificações e que, futuros reparos fossem necessários em um período maior que um ano (conforme critérios do método proposto). Estes são indicativos de que a intervenção em edificações com terra seguiu um critério mais rigoroso pelo indicador Índice de Performance do que na percepção dos técnicos e construtores especializados nessa técnica.

Não obstante, estudo realizado por Guerra (2017) com objetivo de identificar a percepção das pessoas sobre a construção de taipa, realizado no mesmo Canteiro Experimental da UFMS, indicou que a percepção é positiva e aceita pela maioria dos questionados. Isso sugere que o indicador também apresenta critério mais rigoroso do que na percepção de pessoas não familiarizadas com a técnica da taipa apiloada.

4. CONTRIBUIÇÃO

Neste trabalho foi proposto uma metodologia para avaliação de manifestações patológicas em paredes de taipa por meio da adaptação dos métodos prescritivos Índice de Performance (Taguchi, 2010) e Avaliação de desempenho de paredes de solo-cimento (Neves, 1993).

Diante disso, a confiabilidade dos níveis de deterioração e intervenção das paredes de taipa encontrados no método Índice de Performance foi validada pela metodologia proposta por Neves (1993), já que sete das oito paredes avaliadas tiveram resultados coerentes e semelhantes entre os dois métodos, ou seja, a classe de deterioração da parede foi determinada como sendo IV, V ou VI (alto, grave e critico grau de deterioração) pelo método Índice de Performance; e não foi alcançado o desempenho mínimo previsto pelo método Avaliação de Desempenho.

Portanto, pode-se considerar que a metodologia de determinação de um índice de performance global do elemento construtivo é coerente e passa a ser uma ferramenta qualitativa e quantitativa importante para encontrar os níveis de deterioração e a necessidade de intervenção em paredes de taipa contemporâneas.

REFERÊNCIAS

ADRIÃO, J. M. A.; LACOMBE, J. E. A. **Avaliação pós-ocupação de uma edificação em solo-cimento após 27 anos de uso.** In: VII Congresso de Arquitetura e Construção com Terra no Brasil, 2018, Rio de Janeiro. Terra Brasil 2018: Território e trabalho: a produção da arquitetura com terra no Brasil, 2018, v.1, p. 34-42.

GOMES, M. I.; FARIA, P.; GONÇALVES, T. D. **Rammed earth walls repair by earth-based mortars: The adequacy to assess effectiveness.** Construction and Building Materials, v.205, p. 213-231, 2019.

GUERRA, L. C. R. **Percepção das pessoas sobre a taipa de pilão**. Trabalho de Conclusão Final de Curso (Mestrado Profissional) – Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande-MS, Brasil., p. 53, 2017.

NEVES, C. **Desempenho de paredes de edificação em uso: metodologia de avaliação.** In: III Simpósio Ibero-Americano sobre técnicas construtivas industrializadas para habitação de interesse social, I Fórum Brasileiro da Construção Industrializada – Habitação. São Paulo, 1993.

SILVA, R.A.; MARTINEZ, O.D.; OLIVEIRA, D.V.; PEREIRA, E.; SOARES, E. **Comparison of the performance of hidraulic lime – and clay – based grouts in the repair of rammed earth.** Construction and Building Materials, v.193, p. 384-394, 2018.

TAGUCHI, M. K. **Avaliação e qualificação das patologias das alvenarias de vedação nas edificações**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

TORGAL, F . P.; EIRES, R.; JALALI, S. **Construção em terra**. Portugal, 2009.

TORGAL, F. P.; JALALI, S. **Earth construction: lessons from the past for future eco-efficient construction.** Construction and Building Materials, v.9, p. 512-520, 2012.