

ANÁLISE DE PADRÕES DE FISSURAÇÃO PRESENTES EM ELEMENTOS ESTRUTURAIS A PARTIR DE REGRESSÃO LOGÍSTICA PARA AMOSTRAS DESBALANCEADAS¹

BERR, Letícia (1); BAZZAN, Jordana (2); DADALT, Débora (3); FORMOSO, Carlos (4)

(1) UFRGS, e-mail: leticiaberr@gmail.com; (2) UFPEL, e-mail: jordanabazzan@gmail.com; (3) UFRGS, e-mail: deborardadalt@gmail.com; (4) UFRGS, e-mail: formoso@ufrgs.br

RESUMO

O presente trabalho propõe avaliar o quanto as características de empreendimentos horizontais e verticais podem estar relacionadas a um determinado padrão de fissuração, neste caso a fissuração horizontal nas paredes próximas às lajes, resultantes da exposição a gradientes térmicos. Utilizando um recorte de pesquisa de caso controle, o presente estudo baseia-se no uso de técnicas de tratamento amostral para análise de amostras desbalanceadas e regressão logística, ao considerar que as fissurações são problemas de elevada importância e baixa ocorrência. Para o referido padrão de fissuração foi empregado um tratamento amostral (a priori) e elaborou-se um modelo ajustado fundamentado nas variáveis que mais se relacionam com a presença das fissuras. Como resultados, apresentam-se a formulação de uma equação ajustada para a obtenção de informações do padrão de fissuras. O estudo possibilitou combinar variáveis de características gerais dos empreendimentos, fornecendo informações que podem ser úteis em definições de projeto, especificações construtivas e para a formulação de um manual de uso e manutenção da edificação, mais adequados à solução construtiva adotada.

Palavras-chave: Fissuras. Manifestação patológica. Razão de chances. Regressão logística. Amostra desbalanceada.

ABSTRACT

This paper proposes to assess how horizontal and vertical project features may be related to a particular pattern of cracking, in this case, the horizontal cracks on the walls next to slabs, resulting from exposure to thermal gradients. Using a case-control research clipping, this study is based on the use of sample treatment techniques for analysis of rare data and logistic regression samples, considering that the cracks are problems of high importance and low occurrence. For this data, a sample treatment technique (a priori) from a computer package was used. For the chosen cracking pattern an adjusted model was produced based on the variables that are most related to the presence of cracks. As a result, this paper presents the formulation of an equation set for obtaining information on the crack patterns. This investigation made it possible to combine location variables and general project features, providing information that may be useful in project settings, building system specifications, and can also contribute to the formulation of a guidebook for building use and maintenance best suited to the building solution adopted.

¹ BERR, Letícia; BAZZAN, Jordana; DADALT, Débora; FORMOSO, Carlos. Análise de padrões de fissuração presentes em elementos estruturais a partir de regressão logística para amostras desbalanceadas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

Keywords: *Cracks. Defects. Odds ratio. Logistic regression. Sample unbalanced.*

1 INTRODUÇÃO

Para Georgiou (2010) os dados sobre a qualidade e mesmo sobre os defeitos identificados longo de sua vida útil em edificações, são de difícil obtenção e processamento. Por este fato, análises mais robustas do comportamento das construções tornam-se inviáveis sem uma estrutura estabelecida para a análise dos dados, comprometendo a tomada de decisões de forma assertiva nas organizações (GEORGIU, 2010).

Para Koskela (1992) esta dificuldade está relacionada ao distanciamento temporal entre a causa de uma falha e a detecção do seu efeito. Dentre as diferentes manifestações patológicas, a ocorrência de fissuras tem importância devido ao comprometimento do desempenho das edificações em serviço, provocando outras falhas relacionadas à estanqueidade, isolamento acústico, além de reduzir a durabilidade dos edifícios (THOMAZ, 1989), o que sugere a necessidade de acompanhamento de seu comportamento.

Assim, informações obtidas de forma estruturada sobre a ocorrência de falhas em empreendimentos existentes pode contribuir para a mitigação destas em empreendimentos futuros (MACARULLA et al., 2013). O que possibilita retroalimentar as etapas de projeto e produção das edificações, incluindo as relações com outras manifestações patológicas, mas também avaliações das características gerais dos empreendimentos como tipologia, segmento de mercado e localização.

O presente trabalho propõe avaliar o quanto as características (variáveis explicativas), de empreendimentos horizontais e verticais, podem ser relacionadas com um determinado padrão de fissuração (desfecho), neste caso a fissuração horizontal nas paredes próximas às lajes, resultantes da exposição a gradientes térmicos. Utilizando um recorte de pesquisa de caso controle, o presente estudo baseia-se no uso de tratamento amostral para análise de amostras desbalanceadas e regressão logística, ao considerar que as fissurações são problemas de elevada importância e baixa ocorrência.

2 O MECANISMO DE FORMAÇÃO DAS FISSURAS

A formação das fissuras inicia com a exposição do edifício às variações diárias de temperatura que exercem movimentações térmicas diferenciais nos diferentes materiais empregados (THOMAZ, 1989). Os movimentos de expansão e retração dos materiais são restringidos pelos vínculos entre elementos e componentes das edificações, os quais podem provocar o surgimento das fissuras (THOMAZ; HELENE, 2000; THOMAZ, 1989). No caso de fissuras por movimentação térmica, para os mesmos autores, estas podem ocorrer devido às solicitações térmicas diferenciais entre as partes da cobertura (lajes, vigas ou cintas de respaldo) com as vedações verticais de uma edificação. Como forma de conter ou controlar a ocorrência destas

fissuras são recomendadas soluções técnicas como a criação de juntas de movimentação em lajes, juntas de controle em paredes, bem como juntas deslizantes entre lajes de cobertura e alvenarias (POZZOBON, 2003; RICHTER, 2007; THOMAZ; HELENE, 2000; THOMAZ, 1989).

3 REGRESSÃO LOGÍSTICA

A regressão logística é uma técnica de análise multivariada cujo objetivo principal é encontrar o melhor modelo para descrever a relação entre uma variável categórica e dependente (desfecho) com um conjunto de variáveis independentes (explanatórias) (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Segundo Hair *et al.* (2005), a regressão logística difere da regressão múltipla por prever diretamente a probabilidade de um evento ocorrer. Para Hosmer *et al.* 2000, a distinção para um modelo de regressão linear é que a variável resultado na regressão logística é binária, e esta diferença reflete-se tanto na escolha de um modelo paramétrico quanto nas suposições feitas.

4 ANÁLISE DE AMOSTRAS DESBALANCEADAS

Para Tomz, King e Zeng (2001) análises estatísticas de variáveis dependentes de dados binários, contendo eventos raros são comuns em áreas de pesquisa das ciências sociais, e são consideradas de difícil explicação e previsão.

Embora as propriedades estatísticas dos modelos de regressão linear sejam invariantes à média (incondicional) as propriedades estatísticas de amostras com distribuição normal são distintas de amostras com características de dados binários (TOMZ; KING; ZENG, 2001). A média de uma variável binária é a frequência relativa do evento nos dados, mas constitui também o conteúdo de informação do conjunto de dados e que tem impacto na análise de dados com eventos raros (TOMZ; KING; ZENG, 2001). Como exemplo, para os referidos autores, os coeficientes de regressão logística são tendenciosos em amostras pequenas (menores que 200), mas no caso de grandes amostras, contendo eventos raros, a tendência de probabilidades para a direção do não evento também podem ser significativas. Assim, a probabilidade de estimar os eventos torna-se ainda menor (TOMZ; KING; ZENG, 2001). Como alternativa de adequação amostral, podem-se coletar todos os dados de eventos e utilizar uma pequena amostra aleatória de não eventos, sem perder a consistência ou mesmo a eficiência em relação à amostra total (TOMZ; KING; ZENG, 2001). Esta reestruturação amostral altera o recorte do estudo para um caso-controle e as técnicas estatísticas relacionadas.

5 MÉTODO

Este estudo utilizou dados referentes às diversas manifestações patológicas, incluindo diferentes padrões de fissuras coletados em campo em 224 unidades habitacionais em uso, entre as tipologias de apartamentos (156) e casas (68), relacionadas a 16 empreendimentos no Estado do Rio Grande do

Sul. Os dados utilizados neste trabalho foram selecionados (Tabela 1) devido à baixa frequência de ocorrência observada em campo e que podem ter relação com o padrão de fissuração escolhido para análise.

Tabela 1 – Manifestações patológicas de baixa ocorrência na amostra

Padrões de fissuração	Evento	Não Evento	Proporção
Fissuras horizontais em paredes próximas às lajes	47	177	20,98%
Fissura em laje alinhada às tubulações embutidas	8	216	3,57%
Fissura entre painéis de laje pré-moldados	64	160	28,57%
Fissuras em lajes próximas ao shaft	1	223	0,45%

Fonte: Os autores

A variável - Fissuras horizontais em paredes próximas às lajes (FHPL) - foi escolhida para a elaboração da regressão logística ajustada por sua importância na análise de movimentações térmicas e pela possibilidade de avaliar a sua relação com outras variáveis devidamente apresentadas na figura 2.

Figura 1 - Variáveis explicativas utilizadas no estudo

Variável explicativa	Categorias de resposta	
Orientação solar	Categórica	N - S - L - O - NO - NE - SO - SE
Fissuras entre painéis de laje pré-moldados (FPLP)	Binária	Evento- não evento
Fissura em laje alinhada às tubulações embutidas (FLAT)	Binária	Evento - Não evento
Pavimento	Categórica	Primeiro-intermediários-último
Tipologia	Categórica	Casas-Apartamentos
Região	Categórica	AUSul - RMPA
Empreendimento	Categórica	18 empreendimentos
Faixas do programa	Categórica	Faixa I - Faixa II

Fonte: Os autores

Todas as análises estatísticas deste trabalho foram elaboradas com o auxílio do software livre "R" com os pacotes *epiR*, *epicalc*, *Zelig*, *rcmd*, *corplot*. O pacote estatístico *Zelig* (CHOIRAT *et al.*, 2016) organiza os dados a partir da técnica de distribuição amostral (*à priori*) como forma de ajustar os dados para um estudo de caso controle antes de efetuar a regressão logística (CHOIRAT *et al.*, 2016). A aplicação da regressão logística segue as etapas propostas por Hair *et al.* (2005) e o tratamento da amostra para dados raros proposto por Tomz, King e Zeng (2001). Ao final se apresenta o modelo ajustado para a variável desfecho e a razão de chances de ocorrência do desfecho.

6 RESULTADOS

6.1 Razão de chances a partir da regressão logística

Uma forma de analisar a ocorrência do evento é através da razão de

chances (RC), dada pela divisão do fator de exposição (variável explicativa) em dois grupos, caso ou controle (VIGO *et al.*, 2015).

A RC foi calculada para a variável de estudo "Fissura horizontal em paredes próximo às lajes (FHPL)" com o fator de exposição "pavimento", ao considerar que a possibilidade de ocorrência desta fissura é maior no último pavimento, devido ao gradiente térmico diferencial neste, com relação aos demais.

A RC obtida a partir da técnica de regressão logística possibilita extrair a RC por coeficientes estimados, bastando uma transformação exponencial destes para se obter a RC. A Tabela 2 apresenta os resultados para o ajuste.

Tabela 2 - Cálculo da RC por regressão logística

Modelo ajustado de fissuração horizontal nas paredes próximo às lajes com a variável pavimento							
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Z value	P>Z	RC	RC IC_I	RC IC_S
Pavimento	0,5775	0,2369	2,438	0,0148	1,78	1,2080	2,6275

Fonte: Os autores

No ajuste por regressão logística, a RC de 1,78 significa que a cada pavimento superior há um aumento de 78% na possibilidade de ocorrência da fissura.

6.2 Ajustes dos modelos individuais

As variáveis explicativas foram selecionadas conforme o ajuste individual de cada variável em relação ao desfecho, em que o parâmetro estabelecido para a seleção foi o z-value e o valor de p, devidamente apresentado na Tabela 3

Tabela 3 – Modelos individuais ajustados com cada variável explicativa

Modelos individuais ajustados de FHPL							
Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Z value	P>Z	RC	RC IC_I	RC IC_S
Pavimento	0,5775	0,2369	2,438	0,0148	1,78	1,2080	2,6275
Tipologia	0,01888	0,3583	0,053	0,958	1,02	1,0787	1,4910
Empreendimento	-0,14483	0,039493	-3,667	0,0002	0,87	0,5662	1,8340
Faixa de renda	1,6808	0,4164	4,037	0,00005	5,37	0,8109	0,9231
Região	-0,446	0,3302	-1,351	0,177	0,64	2,7126	10,6302
Orientação Solar	0,007978	0,075829	0,105	0,91621	1,01	0,3725	1,1002
FLAT	0,3949	0,8335	0,474	0,636	1,48	0,8901	1,1415
FPLP	0,6895	0,3437	2,006	0,0449	1,99	0,3783	5,8231

Fonte: Os autores

6.3 Teste Wald

A estatística Wald mede a significância da variável independente através de seu coeficiente ajustado, e, como interpretação, um coeficiente nulo indica que a variável independente não tem associação sobre a variável

dependente (Hair *et al.*, 2005). O teste de *Wald* é realizado através do parâmetro *z value* (divisão do coeficiente da variável independente pelo seu erro padrão). O *z value* segue uma distribuição normal em que é possível se obter o valor de *p* (HOSMER; LEMESHOW, 2000). Neste trabalho, fixamos um intervalo de confiança de 90% com $\alpha = 0,10$.

As variáveis, pavimento, empreendimento, faixa de renda e FPLP apresentaram valores inferiores ($p < 0,10$) ao nível de significância estabelecida, indicando adequação da variável para o ajuste do modelo.

Já as variáveis, tipologia, região, orientação solar e FLAT apresentaram valores de *p* superiores ao estabelecido, não apresentando adequação para o modelo global.

Cabe destacar que, o intervalo de confiança do RC em regressão logística não devem conter o valor 1 (CABRAL, 2013) pelo fato da escala neste tipo de regressão ser logarítmica, em que, a exponencial de 0 é igual a 1 ($e^0 = 1$). Desta forma, as variáveis que foram excluídas pelo primeiro critério também seriam excluídas pelo fato de o valor 1 estar incluído no intervalo de confiança.

6.4 Ajuste do modelo Global

Após seleção dos fatores de exposição (variáveis explicativas), o ajuste global foi realizado. A Tabela 4 apresenta o ajuste de um único modelo composto pelas variáveis selecionadas.

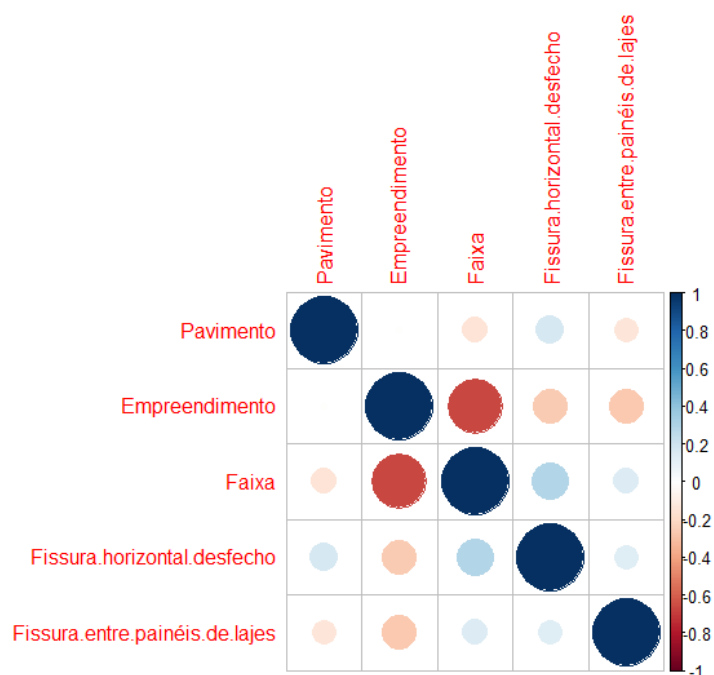
Tabela 4 – Primeiro Modelo Global ajustado pela regressão logística

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Z value	P>Z	RC	RC IC_I	RC IC_S	Ajuste 1
Pavimento	0,83726	0,26607	3,1468	0,00165	2,31	1,4932	3,5737	
Empreendimento	-0,03705	0,05144	-0,7203	0,47134	0,96	0,8857	1,0484	
Faixa	1,60388	0,51958	3,0869	0,00202	4,97	2,1207	11,6580	
FPLP	0,55431	0,39036	1,4200	0,15561	1,74	0,9177	3,3019	

Fonte: Os autores

No ajuste global, a variável empreendimento foi retirada devido ao valor de *p* acima do esperado, e pela alta correlação com a variável faixa de renda, em torno de 0,66 conforme é possível observar na figura 4. Segundo HAIR *et al.* (2005), a regressão logística é sensível à correlações, assim a colinearidade deve ser evitada.

Figura 2 - Correlações entre variáveis do estudo



Fonte: Os autores - com o uso software livre "R" pacote Corplot

Também a FPLP deve ser retirada por apresentar elevado p -value. Contudo, identifica-se uma relação inversa desta com a FHPL, uma vez que esta última é uma fissura projetada para controle das movimentações da laje, assim, aplicamos o teste da razão de verossimilhança (TRV) e o Critério de Informação de Akaike (AIC), a fim de avaliar a permanência desta variável.

6.5 Teste da Razão de verossimilhança – TRV – desvio residual

Para determinar a permanência da variável explicativa FPLP e validar o modelo, aplicou-se teste da razão da verossimilhança (TRV) para avaliar a explicação desta variável sobre o ajuste do modelo. O TRV segue uma distribuição qui-quadrado (CAMPOS, 2007), e é um teste de hipóteses que compara a qualidade do ajuste entre dois modelos, sendo um dos modelos com a variável a ser avaliada e outro sem a mesma.

Os valores de p -value apresentaram-se mais adequados no modelo contendo a variável explicativa em análise (Ajuste 2) do que sem a variável (Ajuste 3).

Tabela 5 - Segundo e terceiro Modelo Global ajustado pela regressão logística

Variável	Coeficiente	Erro Padrão	Z value	P>Z	RC	RC IC_I	RC IC_S	
Pavimento	0,8508	0,2657	3,2021	0,00137	2,34	1,5144	3,6203	Ajuste 2
Faixa	1,8132	0,4356	4,1625	0,00005	6,13	3,0006	12,523	
FPLP	0,6133	0,385	1,5930	0,11118	1,85	0,9821	3,4719	
Pavimento	0,8149	0,2565	3,1770	0,00149	2,26	1,4833	3,4403	Ajuste 3
Faixa	1,9292	0,4334	4,4513	0,000008	6,88	3,3819	14,0129	

Fonte: Os autores

A regressão logística apresentou os seguintes resultados para os ajustes do modelo global:

- a) Com a variável FPLP (Ajuste 2) - desvio residual = 193.67 com 220 graus de liberdade.
- b) Sem a variável FPLP (Ajuste 3) – desvio residual = 196.29 com 221 graus de liberdade.

O desvio residual é duas vezes a diferença dos logaritmos da verossimilhança do modelo saturado e do modelo ajustado (CAMPOS, 2007).

O modelo saturado é aquele com ajuste perfeito para todos os dados (modelo hipotético com parâmetros para cada ponto de dados), enquanto que o modelo ajustado é aquele que está sendo avaliado.

A diferença entre os desvios residuais dos dois ajustes propostos resulta no TRV. Os graus de liberdade a serem considerados para encontrar o valor de p na distribuição qui-quadrado é a diferença dos graus de liberdade dos dois resíduos, ou seja, para nosso teste é 1. Como resultado, o teste TRV resultou em 2,62 com 1 grau de liberdade contendo p -value igual a 0,1055.

Este valor encontrado pelo TRV está mais próximo do nível alfa estabelecido para o estudo ($\alpha = 0,10$) do que o valor encontrado pelo Teste Wald, logo, é possível aceitar a continuidade da variável FPLP no modelo.

6.6 Critério de Informação de Akaike (AIC)

Ainda, para comparar os modelos ajustados e a importância da variável FPLP, utilizamos também como parâmetro de qualidade de ajuste o critério de Informação de Akaike (AIC). Este critério fornece uma pontuação baseada na adequação dos dados e na ordem do modelo (SOBRAL; BARRETO, 2011), ou seja, o que se procura é uma quantidade de variáveis independentes (ordem) que consiga explicar satisfatoriamente os dados. Entre os modelos, deve ser escolhido aquele que apresentar menor valor de AIC.

O ajuste 2 obteve melhor adequação no valor de AIC com 201,67 em comparação com o ajuste 3 com AIC de 202,29. Portanto, conforme este critério, novamente o ajuste 2 se adequou melhor, o que sugere a permanência desta variável.

6.7 Teste da Razão de verossimilhança - TRV - desvio nulo

Para validar o modelo utilizamos também o TRV, a partir do resultado do desvio nulo com o emprego do software livre “R” com o pacote *Zelig*.

O desvio nulo é duas vezes a diferença do logaritmo entre o modelo saturado e o modelo nulo. O modelo nulo nada mais é do que aquele que apenas considera o intercepto ou constante do modelo.

O modelo a validar é o modelo ajustado 2 que foi escolhido conforme os critérios anteriormente aplicados a partir do desvio residual:

a) desvio nulo = 230,15 com 223 graus de liberdade.

A subtração do desvio residual obtido no TRV com relação ao desvio nulo resulta na diferença entre o modelo nulo e o modelo ajustado, avaliando, desta forma a explicação das variáveis para a ocorrência do desfecho modelada.

A subtração do desvio nulo com relação ao desvio residual do modelo ajustado 2 resultou em 36,48, com 3 graus de liberdade, visto que os graus de liberdade para o desvio nulo é de 223 e para o desvio residual é de 220.

Para um TRV de 36,48 com 3 graus de liberdade, conforme a distribuição qui-quadrado tem-se valor de p igual a $5,92.e^{-8} < \alpha$ o qual indica que as variáveis do modelo ajustado 2 explicam adequadamente o desfecho.

6.8 Modelo Final

A Equação refere-se ao modelo final para a análise do desfecho FHPL. Esta equação possibilita avaliar a ocorrência do referido desfecho com diferentes combinações das variáveis explicativas.

Equação 1 - Equação do modelo para a análise do desfecho

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{(-4,6433 + 0,8508 \cdot x_1 + 1,8132 \cdot x_2 + 0,6133 \cdot x_3)}} \quad (1)$$

Em que:

x_1 = Pavimento

x_2 = Faixa de renda

x_3 = FPLP

Intercepto = -4,6433

$P(x)$ = Desfecho

Para estimarmos a probabilidade de ocorrência da fissura horizontal nas paredes próximas às lajes para um apartamento localizado no quinto pavimento (últimos pavimentos onde $X_1 = 3$), pertencente a um empreendimento destinado à população com faixa de renda inferior a R\$1600,00 reais ($X_2 = 1$) e ainda, neste apartamento não apresentar a ocorrência de FPLP ($X_3 = 0$) aplicamos os valores das variáveis na equação 1 (Equação 2). Esta ausência da fissura projetada pode sugerir outra solução técnica para as lajes.

Equação 2 - Exemplo de uso da equação 1

$$P(x) = \frac{1}{1 + e^{(-4,6433 + 0,8508 \cdot 3 + 1,8132 \cdot 1 + 0,6133 \cdot 0)}} = 0,4310 \quad (2)$$

Deste modo, a probabilidade de ocorrência da fissura próxima às lajes para apartamento do quinto andar, pertencente a faixa de renda I e ausência de FPLP é de 43,10%.

7 CONCLUSÃO

Este trabalho propôs avaliar o quanto as características (variáveis explicativas), de um empreendimento, podem ser relacionadas com um determinado padrão de fissuração (desfecho), neste caso a fissuração horizontal nas paredes próximas às lajes. A técnica estatística de regressão logística se mostrou adequada para a atividade devido às características dos dados (binários e categóricos) com a possibilidade de elaboração de equações para a avaliação de padrões de fissuração com base em dados obtidos em campo. De maneira geral busca-se avaliar a ocorrência de manifestações patológicas com base apenas em falhas antecedentes. A abordagem empregada com a regressão logística para amostras desbalanceadas possibilitou combinar variáveis de características gerais dos empreendimentos. Informações estas que podem ser úteis em definições de projeto, o estabelecimento de sistemas construtivos e soluções técnicas para manifestações patológicas específicas, bem como no estabelecimento no manual do proprietário dos cuidados de manutenção mais adequados à solução construtiva adotada.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos revisores anônimos pelos comentários que contribuíram para este artigo, bem como à BIC/UFRGS pela bolsa de iniciação científica disponibilizada.

REFERÊNCIAS

- ABDUL-RAHMAN, H.; WANG, C. Preliminary approach to improve knowledge management in engineering management. **Scientific Research and Essays**, v. 5, n. 15, p. 1950–1964, 2010.
- CABRAL, C.I.S. **Aplicação do Modelo de Regressão Logística num Estudo de Mercado**. 2012. 58 f. Dissertação (Mestrado em Matemática Aplicada à Economia e à Gestão) – Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade de Lisboa.
- Campos, A. O. R. **Aplicação da Regressão Logística na Modelagem da Quantidade de Sessões de Fisioterapia em Pacientes do Instituto de Assistência à Saúde dos Servidores do Estado do Pará – IASEP**. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Bacharelado em Estatística), UFPA, Belém.
- CHOIRAT, C. et al. **relogit: Rare Events Logistic Regression for Dichotomous Dependent Variables** in Christine Choirat, James Honaker, Kosuke Imai, Gary King, and Olivia Lau, "Zelig: Everyone's Statistical Software," 2016. Disponível em: <<http://zeligproject.org/>>

FISS, J. R. et al. **Causas da ocorrência de manifestações patológicas em conjuntos habitacionais do Estado de São Paulo** I CONFERÊNCIA LATINO-AMERICANA DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL X ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO. **Anais...**São Paulo: 2004

FORCADA, N. et al. Knowledge management perceptions in construction and design companies. **Automation in Construction**, v. 29, p. 83–91, 2013.

GEORGIU, J. Verification of a building defect classification system for housing. **Structural Survey**, v. 28, n. 5, p. 370–383, 2010.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. A. S. Sant'Anna & A. C. Neto (Trad.). Porto Alegre: Bookman, 2005.

HOSMER, D. W.; LEMESHOW, S. **Applied Logistic Regression**. 2nd ed ed. New York: John Miley & Sons, Inc., 2000.

JOSEPHSON, P. E.; HAMMARLUND, Y. Causes and costs of defects in construction a study of seven building projects. **Automation in construction**, v. 8, n. 6, p. 681–687, 1999.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction Technology**. Stanford University - Center for Integrated Facility Engineering (CIFE Technical Report, n. 72) 1982.

MACARULLA, M. et al. Standardizing Housing Defects: Classification, Validation, and Benefits. **Journal of Construction Engineering and Management**, v. 139, n. 8, p. 968–976, 2013.

MELHADO, S. B. **GESTÃO, COOPERAÇÃO E INTEGRAÇÃO PARA UM NOVO MODELO VOLTADO À QUALIDADE DO PROCESSO DE PROJETO NA CONSTRUÇÃO DE EDIFÍCIOS**. São Paulo, 2001. Tese (Livre-Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil.

POZZOBON, M. A. **O processo de monitoramento e controle estrutural**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Santa Maria, 2003.

RICHTER, C. **Qualidade da alvenaria estrutural em habitações de baixa renda: uma análise da confiabilidade e da conformidade**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Escola de Engenharia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Porto Alegre, RS-Brasil, 2007.

SOBRAL, T. E. L.; BARRETO, G. Análise dos critérios de informação para a seleção de ordem em modelos auto-regressivos. **Conferência Brasileira de Dinâmica, Controle e**

Aplicações, vol.1, n.único, p.379-382. São Paulo, 2011.
<http://dincon.org.br/doi/10.5540/DINCON.2011.001.1.0097> acessado em 21/04/2016.

THOMAZ, E. **Trincas em edifícios: causas, prevenção e recuperação. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Instituto de pesquisas e tecnologia - IPT.** São Paulo: PINI, 1989.

THOMAZ, E.; HELENE, P. R. DO L. **Qualidade no projeto e na execução de alvenaria estrutural e de alvenarias de vedação em edifícios.** São Paulo: Universidade de São Paulo - Escola Politécnica (BT/PCC/252) 2000.

TOMZ, M.; KING, G.; ZENG, L. Logistic regression in rare events data. **International Organization**, v. 55, n. 3, p. 693–715, 2001.

VIGO, *et al.* **Métodos estatísticos para análise de desfechos binários usando o R.** Apostila do curso de extensão à distância via Moodle. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2015.

YUSOF, M. N.; BAKAR, A. H. A. Knowledge Management and Growth Performance in Construction Companies: A Framework. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 62, p. 128–134, 2012.