

ANÁLISE DE TENSÕES MECÂNICAS, EM PÓRTICO DO TIPO GRUA, COM AUXÍLIO DE TÉCNICAS DE VIBRAÇÕES ESTRUTURAIS E EXTENSOMETRIA

Marcelo Henrique Tavares Gomes, marmecmg@gmail.com¹
Nilton da Silva Maia, niltonmaia@des.cefetmg.br²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Campus I, Belo Horizonte

²Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Campus I, Belo Horizonte

Resumo: Este artigo apresenta um estudo de análise de tensões mecânicas, com auxílio de extensometria e de vibrações estruturais em um pórtico estrutural do tipo Grua. A Grua, ou guindaste torre, é um elemento treliçado fixo, resultante da montagem de vários elementos de treliça espacial, usados no transporte horizontal e principalmente vertical de cargas.

O pórtico estrutural do tipo Grua foi construído como um modelo reduzido, em escala dimensional de 1:10, para fidelizar ao máximo a uma estrutura real, com pesos na lança, contra-lança e em sua base, com o intuito de alcançar o equilíbrio estático do sistema. A lança e a contra-lança são sustentados por um cabo de aço na torre da Grua.

Os transdutores (extensômetros elétricos e acelerômetros) usados neste artigo foram fixados em pontos estratégicos, definidos por simulação numérica, do pórtico treliçado, para a obtenção dos dados de deformação (que foram convertidos em tensões mecânicas) e aceleração (para estudos de vibrações ao longo do comprimento da lança da grua). Estes dados propiciaram a avaliação do comportamento da Grua, em relação às deformações mecânicas e as vibrações presentes na estrutura durante o carregamento e a possibilidade de comparação com os valores de tensões previstos pela simulação numérica. A Grua foi carregada com pesos sucessivos de 2 kgf na ponta da lança, até que se alcançasse o início do desequilíbrio estático (início do tombamento da Grua).

Foram obtidos e avaliados diversos gráficos (acelerações e tensões) para o auxílio da compreensão do comportamento da Grua após o carregamento de cada peso na ponta da lança. A avaliação dos dados preliminares indicaram a existência de componentes de tensão não previstos em projeto e que podem estar relacionados com a excentricidade na fase de fabricação.

Palavras-chave: Tensões Mecânicas, Extensometria, Vibrações Estruturais.

1. INTRODUÇÃO

Devido à grande limitação de espaço nos centros urbanos, a tendência é de verticalização das edificações. Para uma boa e eficiente construção das grandes edificações verticalizadas, surge a dificuldade dos transportes de materiais, onde o mesmo é realizado pelo guindaste torre ou Grua. A Grua é um tipo de pórtico treliçado fixo usados no transporte horizontal e principalmente vertical de cargas (GALO apud CHO; LEE, 2008). Pode ser observado, na figura 1, um pórtico do tipo Grua.

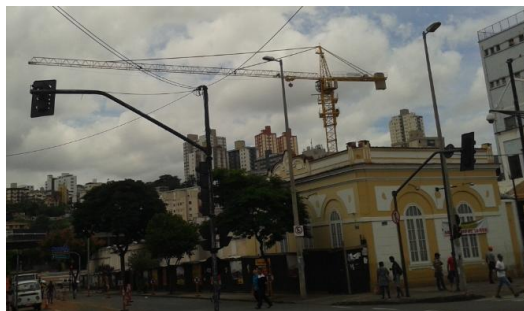


Figura 1 – Grua instalada no centro de Belo Horizonte (próprio autor)

A Grua, que é uma treliça espacial, é formada por várias treliças planas triangulares nas quais são formadas tridimensionalmente, onde nas barras e nos nós não há momento fletor e em cada nó o somatório das forças é igual a zero (DEGERTEKIN; HAYALIOGLU, 2013).

A compreensão das tensões mecânicas, por meio experimental, provenientes de carregamentos na lança da Grua ou guindaste torre e possíveis influências que as mesmas possam exercer na sua estrutura como um todo e as consequentes vibrações e oscilações na estrutura originadas pela adição de cada peso são fundamentais para a segurança do transporte vertical de cargas nos seus mais diversos campos de aplicação.

Este artigo visa verificar a existência ou não dos efeitos transientes no pórtico por meio de sensores de vibração e deformação, bem como: comparar os valores de tensão mecânica, obtidos em simulação numérica e experimental para o mesmo pórtico, bem como correlacionar por estatística, ao utilizar a técnica de Rho de Spearman, os dados de vibrações e deformações para identificar ou não a presença de esforços no pórtico diferentes do projeto e também apresentar as possíveis origens da presença de esforços e tensões diferentes do projeto no pórtico.

2. METODOLOGIA

Este artigo abrange estudos de extensometria e de vibrações estruturais de um guindaste torre (Grua), fazendo uso de extensômetros elétricos (*Strain Gages* instalados na lança, contra-lança e torre) e de transdutores do tipo acelerômetro (vertical e horizontal, ambos na lança), cujos dados serão disponibilizados por meio de um sistema de aquisição de dados. Foram analisados comportamentos e influências das vibrações estruturais no pórtico treliçado. Há também estudos das tensões mecânicas, por extensometria, com o intuito de relacioná-las com vibrações estruturais.

Após os procedimentos de coleta e tratamento dos dados de vibrações estruturais e extensometria, verificar-se correlações estatísticas das tensões mecânicas com acelerações, por meio da técnica da correlação estatística de Rho de Spearman, com o auxílio do software Minitab.

A Grua usada é um modelo reduzido em escala dimensional de 1:10, onde a fixação foi aproximada em relação a escala real, pois existe padronização de cabos de aço, parafusos e elementos de fixação. Foi usado o aço estrutural ASTM A36, para a construção da grua (construída por Galo, 2014, em sua dissertação de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação de Engenharia Civil do CEFET-MG), onde o peso teórico da estrutura reduzida foi de 184,04 kgf. O centro de gravidade da estrutura está fora da área de apoio, com isso é necessário equilibrá-la com contrapesos, que são de concreto.

Pode ser observado, na figura 2 e figura 3, a lança e contra-lança (com os contrapesos), torre e base da torre.

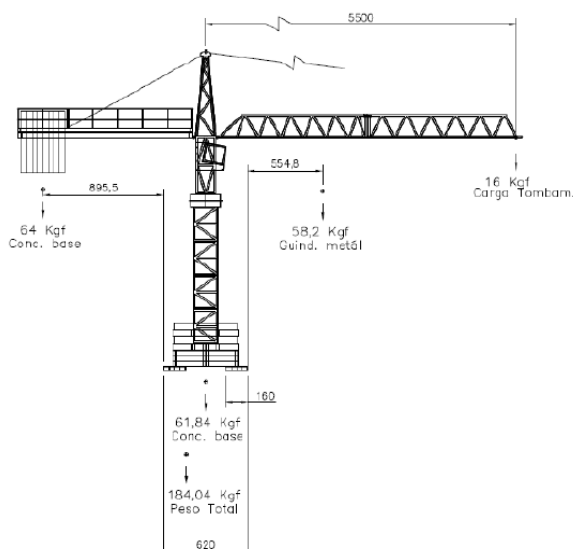


Figura 2 - Projeto de equilíbrio estático do pórtico em modelo reduzido (Galo, 2014)



Figura 3 - Fotografia geral do equipamento (próprio autor)

Os dados de extensometria e de vibrações estruturais foram obtidos nos carregamentos sucessivos de 2 kgf na ponta da lança, que causaram deformações e vibrações estruturais, até o carregamento final de 10 kgf. No carregamento de 10,5 kgf, onde houve o início de tombamento da Grua.

Os carregamentos foram realizados na ponta da lança, por meio de um laço tipo “gancho” de aço pendurado na mesma. Com isso, para um bom assentamento da estrutura, houve a necessidade também de apoiar pesos de barras de concreto na base. A condição de equilíbrio estático é atendida com o uso do contrapeso e os pesos alojados na base do pórtico treliçado.

O sistema de aquisição de dados, permitiu a obtenção dos dados de aceleração e deformação os quais foram tratados para a finalidade desejada. A plataforma computacional usada para a geração de gráficos de tensão mecânica na torre,

lança e contra-lança e aceleração na lança, a partir dos carregamentos de pesos na lança, foi o OriginPro 8.5. A plataforma computacional usada para a obtenção de correlação estatística Rho de Spearman foi o Minitab.

Os pontos para as análises de vibrações nos quais os transdutores do tipo acelerômetros foram colocados estão próximos a ponta da lança (distantes somente em aproximadamente 30 cm de um em relação a outro, considerando que o comprimento da lança é de 550 cm), para medição de vibrações verticais e horizontais. A proximidade dos dois acelerômetros é importante, pois, como será realizado comparativos das acelerações nas duas direções, uma grande distância entre os mesmos fornecerá dados de pontos distintos, mascarando a confiabilidade das comparações dos resultados de ambas acelerações.

Pode ser observado, na figura 4, os acelerômetros instalados na vertical e horizontal, estando próximos à ponta da lança da grua.



Figura 4 – Acelerômetros Vertical e Horizontal (próprio autor)

Os extensômetros foram colados em locais estratégicos na Grua, em suas principais partes (lança, contra-lança e torre). Galo (2014), escolheu os locais para a fixação dos extensômetros a partir de sua simulação numérica computacional (M.E.F.), em regiões que apresentaram os maiores valores de tensão mecânica abaixo dos da concentração de tensões. Segundo Galo, 2014, as regiões que apresentaram maiores valores de tensões mecânica constituíam-se em concentrações de tensões com valores próximos a 160 MPa. Estas não permitem a instalação de extensômetros por se tratar de minúsculos encontros de arestas e regiões de mudanças de seção com solda e não fazem parte do objetivo do trabalho. Os extensômetros foram nomeados de S1 a S12, sendo 6 (seis) uniaxiais e 2 (duas) rosetas. A roseta R1 é composta pelos extensômetros S5, S6 e S7 e a roseta R2 pelos extensômetros S9, S10 e S11.

Pode ser observado, na figura 5, a localização dos extensômetros e rosetas na torre da Grua.

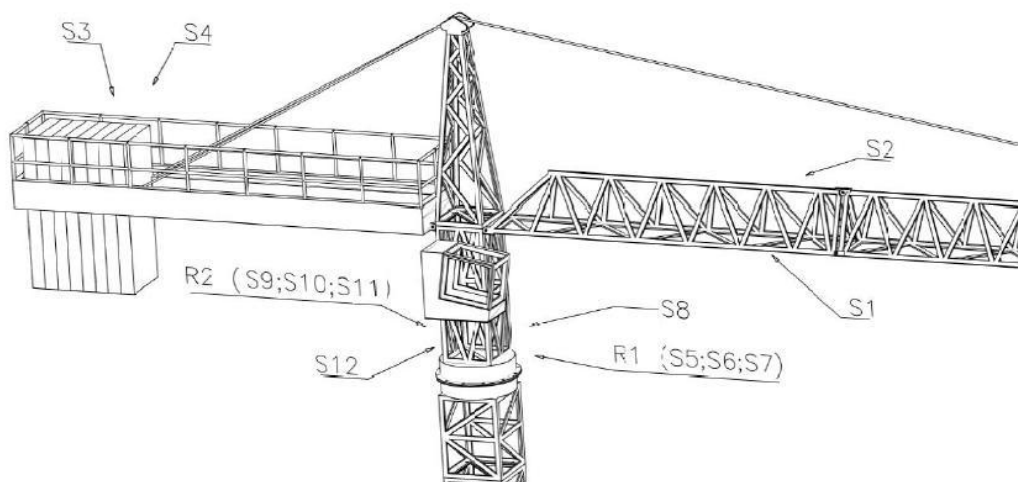


Figura 5 – Local de fixação dos extensômetros (GALO, 2014)

Pode ser observado, na figura 6, o posicionamento dos extensômetros nas rosetas R1 e R2 (horizontal, vertical e a 45 graus).

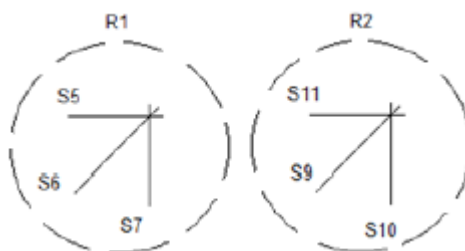


Figura 6 – Rosetas R1 e R2 (próprio autor)

As rosetas R1 e R2 usadas neste artigo correspondem a rosetas do tipo $0^\circ / 45^\circ / 90^\circ$ do fabricante TML, modelo: FRA-2-11, com “Gauge Factor” de 2,11 e resistência elétrica de $120 \pm 0,5$ Ohm para as três direções. Os extensômetros uniaxiais foram do fabricante KYOWA, modelo: KFG-1-120-C1-11L1M2R, com “Gauge Factor” de 2,09 e resistência elétrica de $120,4 \pm 0,4$ Ohms. A aquisição dos sinais de deformação dos extensômetros foi obtidos por ligação em 1/4 de Ponte de Wheatstone.

Pode ser observado, na figura 7, a Ponte de Wheatstone, na configuração de $\frac{1}{4}$ de ponte.

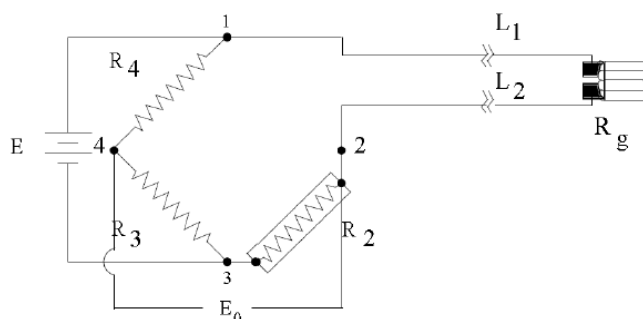


Figura 7 - Ponte de Wheatstone para um extensômetro denominada configuração de $\frac{1}{4}$ (GALO apud MORRIS; LANGARI, 2011)

As principais equações usadas para cálculos de deformações na Grua, que foram posteriormente convertidas em tensões mecânicas, são:

$$R = \rho L / A, \quad (1)$$

onde

R = Resistência Elétrica (Ω)

ρ = Resistividade Elétrica ($\Omega.m$)

L = Comprimento (m)

A = Área da seção transversal (m^2)

$$\Delta R / R = \epsilon S \quad (2)$$

onde

ΔR = variação de resistência dada em Ω (Ohm)

R = resistência dada em Ω (Ohm)

S = fator de sensibilidade do *strain gage* (adimensional)

ϵ = deformação percentual (adimensional)

As tensões principais, bem como o ângulo entre as tensões principais, para o estudos das tensões na Grua, foram calculados da seguinte maneira (MAIA, 1998):

$$\sigma_{\max, \min} = \frac{E}{2} \left[\frac{\epsilon_1 + \epsilon_3}{1 - \nu} \pm \frac{1}{1 + \nu} \sqrt{(\epsilon_1 - \epsilon_3)^2 + [2\epsilon_2 - (\epsilon_1 + \epsilon_3)]^2} \right] \quad (3)$$

$$\Theta_p = \frac{1}{2} \tan^{-1} \frac{2\epsilon_2 - (\epsilon_1 + \epsilon_3)}{\epsilon_1 - \epsilon_3} \quad (4)$$

onde,

$\sigma_{\max, \min}$ = Tensões Principais

φ_p = Ângulo das Tensões Principais

Pode ser observado na figura 8, o início do tombamento da Grua, com o carregamento de 10,5 kgf na lança.

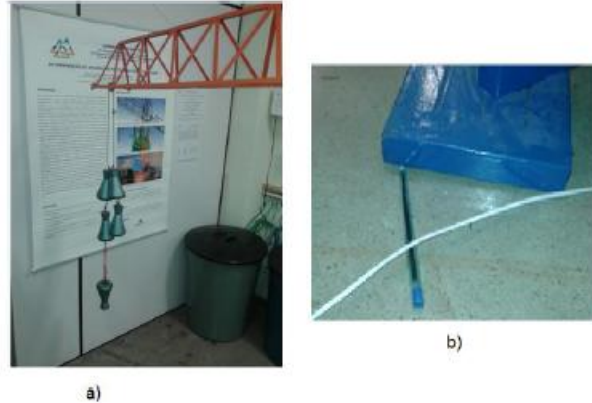


Figura 8 - a) Carregamentos de pesos sucessivos de 2 kgf, até 10 kgf, na lança da grua e b) Início de tombamento na Grua, em 10,5 kgf (próprio autor)

O estudo das correlações estatísticas entre tensão mecânica (horizontal e vertical) e aceleração (horizontal e vertical) foi realizado com o intuito de estudar as possíveis correlações estatísticas da tensão mecânica com a vibração. Será descartado o estudo quando o Valor P for superior a 0,1; pois a correlação torna-se insignificante (cada vez menor) quando o Valor P assume valores superiores a 0,1.

A correlação estatística Rho de Spearman foi escolhida por não depender da linearidade das variáveis das tensões mecânicas e acelerações, por se tratar de carregamentos na lança, que são oscilatórios e dinâmicos (que são não-lineares). O equacionamento da correlação estatística Rho de Spearman é:

$$\rho = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (5)$$

onde,

ρ = é o coeficiente de correlação de Spearman;

d_i = é a diferença entre as ordenações;

n = é o número de pares de ordenações.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Tensões Principais nas Rosetas

Os resultados obtidos neste artigo se basearam nos dados resultantes da extensometria (extensômetros colados na lança, contra-lança e torre), acelerômetros (vertical e horizontal, colados na ponta da lança) capturados por meio de um sistema de aquisição de dados (plataforma Labview) convertidos por meio de gráficos (tensão mecânica e aceleração) e tabelas de correlação estatística (entre tensão mecânica e aceleração).

Pode ser observado, na tabela 1, que a Roseta 1, que está instalada torre da Grua, sofre esforços predominantes de compressão (devido ao posicionamento desta em relação aos pesos na lança), onde a tensão mecânica aumenta de acordo com os carregamentos. A carga é aplicada com a introdução de pesos sucessivos de 2 kgf na ponta da lança. Os dados apresentados na Tabela 1 foram calculados de acordo com as equações 3 e 4. A alteração dos Ângulos das Tensões Principais podem indicar efeitos de torção na Grua.

Tabela 1 - Dados das Tensões Mecânicas Principais, na Roseta R1, e Ângulos em relação à horizontal

Carga	Tensão Max. (MPa)	Tensão Min. (MPa)	Ang. Tensões Principais
2 kgf	0,08	-1,73	10,62
4 kgf	0,14	-3,67	12,12
6 kgf	0,09	-5,68	10,71
8 kgf	0,07	-8,48	9,92
10 kgf	0,06	-13,57	7,55

Pode ser observado, na tabela 2, que a Roseta 2 (também instalada na torre) sofre esforços de tração (devido ao posicionamento desta em relação aos pesos na lança), onde a tensão mecânica aumenta de acordo com os carregamentos.

Tabela 2 - Dados das Tensões Mecânicas Principais, na Roseta R2, e Ângulos em relação à horizontal

Carga	Tensão Max. (MPa)	Tensão Mín. (MPa)	Âng. Tensões Principais
2 kgf	6,80	-0,14	-0,83
4 kgf	11,27	-0,21	-0,83
6 kgf	16,59	-0,20	-1,00
8 kgf	21,70	-0,35	-1,24
10 kgf	26,07	-0,41	-1,36

3.2 Simulação numérica computacional (M.E.F.) no trabalho de Galo, 2014

Pode ser observado, na tabela 3, os valores de tensão mecânica nos extensômetros, obtidos por métodos de elementos finitos, no trabalho de Galo, 2014.

Tabela 3 - Valores de Tensão Mecânica (MPa) nos extensômetros por MEF (GALO, 2014)

SIMULAÇÃO					
	2 kgf	4 kgf	6 kgf	8 kgf	10 kgf
S1	-1,08	-2,16	-3,24	-4,31	-5,39
S2	-1,05	-2,1	-3,15	-4,2	-5,25
S3	0,18	0,36	0,54	0,43	0,62
S4	0,08	0,16	0,24	0,32	0,44
S5	-	-	-	-	-
S6	-	-	-	-	-
S7	-4,84	-9,67	-14,5	-19,33	-24,16
S8	-4,17	-8,35	-12,52	-17,18	-20,87
S9	-	-	-	-	-
S10	4,21	8,42	12,63	16,84	21,05
S11	-	-	-	-	-
S12	4,91	9,83	14,74	19,65	24,57

No trabalho de Galo (2014), na condição de contorno imposta, só se admite tensões de tração e compressão nos elementos da treliça da Grua, onde os extensômetros (S5, S6, S9 e S11), localizados nas rosetas, instaladas na torre (horizontais e a 45 graus da horizontal) não foram objetos de estudos por elementos finitos, porém, na extensometria, obtiveram valores consideráveis, com forte suspeita de serem relacionados ao efeito de torção na estrutura da Grua.

3.3 Desbalanceamento geométrico na seção transversal da lança

Em relação a seção transversal da lança, espera-se, idealmente, que a mesma seja perfeitamente simétrica em relação aos seus dois triângulos retângulos que compõem o triângulo isósceles. Pode ser observado, na figura 9, os triângulos retângulos TR1 e TR2, da seção transversal da lança, supostamente idênticos, e na figura 10, os seus valores reais.

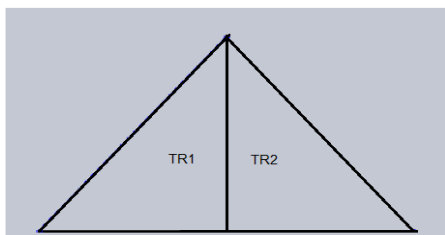


Figura 9 – Triângulo isósceles da seção transversal da lança (próprio autor)

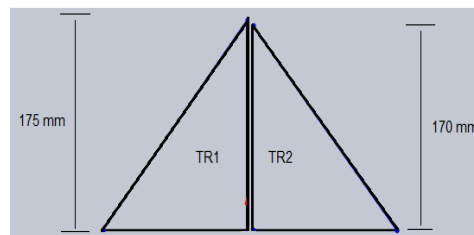


Figura 10 – Medidas dos dois triângulos retângulos da seção transversal da lança (próprio autor)

Os dois triângulos isósceles que compõem a seção transversal da lança não são perfeitamente simétricos. Pode ser observado, na figura 11, a imagem da seção transversal treliçada da lança, cujo comprimento é de 5,5 metros.



Figura 11 - Seção transversal da lança (próprio autor)

Essa diferença de medidas propicia que o centro geométrico da seção transversal da lança não coincida com o centro de massa, gerando assim uma excentricidade e desbalanceamento, que poderá também provocar um efeitos de torção na torre da Grua. O desbalanceamento é sentido durante o comprimento da lança, que será transmitido para a torre da Grua.

3.4. Gráfico de Aceleração Vertical e Horizontal

Pode ser observado, na figura 12, um gráfico de aceleração vertical e horizontal em função do tempo.

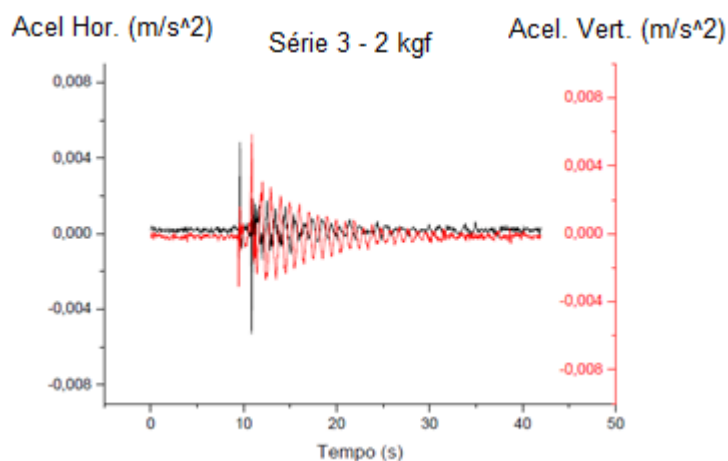


Figura 12 - Gráfico Aceleração Vertical x Aceleração Horizontal - Série 3 - 2 kgf

Esse gráfico foi obtido por meio dos dados coletados dos acelerômetros instalados na ponta da lança. As amplitudes de vibração são maiores na direção vertical (pelo fato do carregamento ser nessa direção). As vibrações e oscilações ocorridas na direção horizontal são as principais responsáveis pelos efeitos de torção na torre, ocasionados pelo desbalanceamento.

3.5. Gráfico das Tensões Mecânicas e Acelerações

Pode ser observado, na figura 13, o gráfico das tensões mecânicas (direção vertical e horizontal) e acelerações (direção vertical e horizontal) da roseta 2 instalada na torre da grua, onde as legendas indicam os nomes e as unidades de medida.

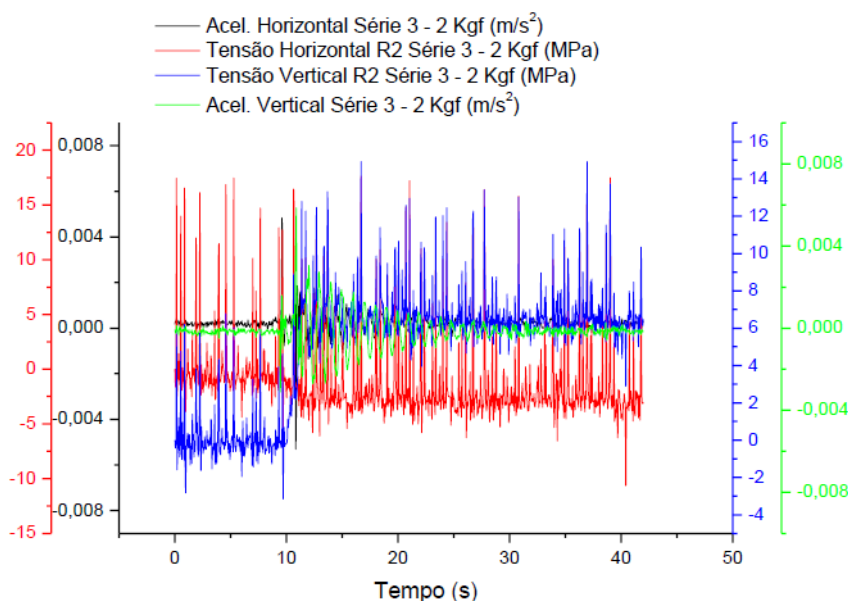


Figura 13 - Gráficos Tensões da Roseta 2 x Acelerações - Série 3 - 2 kgf

No gráfico da figura 13, pode ser observado que a tensão horizontal, onde está instalada esta roseta, é compressiva na torre da grua, porém, há alguns picos tensão horizontal trativos, sendo este, outro indício de efeitos de torção na torre da Grua, devido ao desbalanceamento geométrico na lança da Grua.

3.6. Tabela de Correlação Estatística

Pode ser observado, na tabela 4, os valores de correlação estatística das tensões mecânicas (horizontais e verticais) e das acelerações (verticais e horizontais).

Tabela 4 - Correlações entre Tensões Mecânicas e Acelerações de R2 - Série 3 - 10 kgf

Série 3 – 10 kgf			
	Acel. Hor.	T. Hor. R2 (S11)	T. Vert. R2 (S10)
T. Hor. R2 (S11)	-0,087		
Valor P	0,001		
T. Vert. R2 (S10)	-0,051	-0,018	
Valor P	0,053	0,509	
Acel. Vert.	-0,227	-0,016	-0,06
Valor P	0	0,547	0,024

Observa-se, pela tabela 4, que existe correlação estatística entre tensões mecânicas e acelerações, onde a correlação estatística entre tensão mecânica horizontal x aceleração horizontal são maiores, se comparados com a correlação estatística entre tensão mecânica vertical x aceleração vertical, sendo, então, indício do efeito de torção provocado pela vibração (ou oscilação) horizontal da lança.

4. CONCLUSÕES

Na estrutura, a diferença de 5 mm observada na alturas do triângulo isósceles da seção transversal da lança, onde a diferença, entre ambos, é de três por cento, pode gerar tensões de Torção, pois o centro geométrico não coincidirá com o centro de massa, gerando, assim, um desbalanceamento rotativo e posteriormente Torção.

O desbalanceamento rotativo da seção transversal da lança é determinante para a ocorrência de efeitos de torção, pois deste desbalanceamento ocorre em toda a extensão da grua (5,5 m), tendo, assim, o efeito incrementado e provocando oscilações horizontais na lança, ocorrendo, assim, tensões de Torção.

Deve-se prever, na medida do possível, uma fabricação de guias no qual minimize os possíveis efeitos de torção, como, por exemplo, uma melhor simetria da seção transversal da lança, para que não ocorra um desbalanceamento geométrico. Isso poderá amenizar as oscilações e vibrações horizontais.

Evidências tensões de Torção são claras em gráficos de carregamentos de compressão em uma roseta, onde ocorre, eventualmente, alguns picos inesperados de carregamentos de tração, podendo ser provocados pelas oscilações horizontais na lança, sendo transmitidas na torre da Grua.

Uma grande fonte de tensões de Torção é devido a aceleração horizontal (consequentemente oscilações e vibrações horizontais) da lança, onde existe grande correlação estatística entre Tensão Horizontal com Aceleração Horizontal, sendo, em alguns casos, maiores do que a correlação estatística entre Tensão Vertical com Aceleração Vertical. Deve-se lembrar que o carregamento de pesos na lança é na direção vertical, não tendo, pelo menos teoricamente, movimento horizontal.

5. REFERÊNCIAS

BENJAMIN, Huber. Origin 9.1. A review. Texas: Physics Today, 2014.

BROOK; QUENTIN. Lean Six Sigma and Minitab. The Complete Toolbox Guide for All Lean Six Sigma Practitioners, 2010.

CHEN; POPOVIC. Correlation. London: Sage, 2002.

CHO; LEE. Adaptive control and stability analysis of nonlinear crane systems with perturbation. Journal of Mechanical Science and Technology, v. 22, n. 6, p. 1091-1098, 2008.

CIONE, Francisco. Medidas de tensões residuais por extensometria em componentes usados no setor de mobilidade. 2012. 105f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Ciências na área de Tecnologia Nuclear, Ipen, USP, São Paulo.

DEGERTEKIN; HAYALIOGLU. Sizing truss structures using teaching-learning-based optimization. Computers and Structures, v. 119, p. 177-188, 2013.

FILHO; JUNIOR. Desvendando os mistérios do coeficiente de Correlação de Pearson. Recife: Revista Política Hoje, Universidade Federal de Pernambuco, 2009. Vol. 18, n. 1.

GALO, Cristiano. Determinação de tensões em pórtico metálico treliçado em função de carregamento estático. 2014. 87f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Centro Federal de Educação Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

HARRIS, H. G.; SABNIS, G. M. Structural Modeling and Experimental Techniques. 2. ed. CRC Press LLC, 1999. Book 808p.

KELLER; HIGGINS; LOVEJOY. Evaluation of Torsional Vibrations in Steel Truss Bridge Members. Journal of Bridge Engineering, p.10, 2014.

LIRA, Sachico Araki. Análise de correlação: Abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações. 2004. 196f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Métodos Numéricos, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

MAIA, N. S. Estudo analítico-experimental de tensões em um desacelerador de uma usina termelétrica. 1998. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

MORRIS, A. S.; LANGARI, R. Measurement and Instrumentation: Theory and Application. Academic Press, Book 576p, 2011.

OLIVEIRA, Adécio; ALMEIDA, Alexandre. Estudo analítico dos modos vibracionais transversais de vigas com seção variável: Um modelo simplificado de asa de aeronave. In: V ENCONTRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA

DE MATERIAIS, 2014, Ouro Branco. XVII Encontro de Modelagem Computacional. Departamento de Física e Matemática, Universidade Federal de São João Del Rei.

PARK; KIM. Semi-active vibration control of space truss structures by friction damper for maximization of modal damping ratio. Elsevier, p.12, 2013.

SAGIRLI; AZELOGLU; GUCLU; YAZICI. Self-tuning fuzzy logic control of crane structures against earthquake induced vibration. Springer Science, p.10, 2010.

SANCHEZ, César. Estudo de impacto usando elementos finitos e análise não linear. 2001. 128f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade de São Paulo, São Carlos. 125

SCHULZ, Sérgio. Metodologia para a alocação ótima discreta de sensores e atuadores piezoelétricos na simulação do controle de vibrações em estruturas de materiais compósitos laminados. 2012. 174f. Tese (Doutorado) – Curso de Pós Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

TML Tokyo Sokki Kenkyujo Co.,Ltd. Strain Gages: Precise & Flexible, 2014. 80p.

6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

ANALYSIS OF MECHANICAL TENSIONS, IN TRUSS OF THE CRANE TYPE, WITH AID OF STRUCTURAL VIBRATION TECHNIQUES AND EXTENSOMETRY

COBEF2017-0244

Marcelo Henrique Tavares Gomes, marmecmg@gmail.com¹

Nilton da Silva Maia, niltonmaia@des.cefetmg.br²

¹Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Campus I, Belo Horizonte

²Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Av. Amazonas, 5253, Campus I, Belo Horizonte

Abstract: *This article presents a study of mechanical stress analysis with the aid of extensometry and structural vibrations in a structural gantry of the crane type. The crane, or tower crane, is a fixed lattice element, resulting from the assembly of several space truss elements, used in the horizontal and mainly vertical transport of loads.*

The crane-type structural gantry was built as a reduced model, in a 1:10 dimensional scale, to maximize retention of a real structure, with weights on the boom, counter-boom and at its base, in order to achieve equilibrium the system. The boom and the counter-lance are supported by a steel cable in the tower of the crane.

The transducers (electrical extensometers and accelerometers) used in this article were fixed at strategic points, defined by numerical simulation, of the lattice gantry, to obtain the deformation data (which were converted to mechanical stresses) and acceleration (for studies of vibrations along of the crane boom length).

These data allowed the evaluation of the crane behavior in relation to the mechanical deformations and vibrations present in the structure during loading and the possibility of comparison with the values of voltages predicted by the numerical simulation. The crane was loaded with successive weights of 2 kgf at the tip of the boom until the start of the static unbalance (beginning of crane tipping) was reached. Several graphs (accelerations and tensions) were obtained and evaluated to aid in understanding the behavior of the crane after loading of each weight at the tip of the crane boom.

The evaluation of the preliminary data indicated the existence of voltage components not foreseen in design and that may be related to the eccentricity in the manufacturing phase.

Keywords: *Mechanical Stresses; Structural Vibrations; Extensometer*

RESPONSIBILITY NOTICE

The authors are the only responsible for the printed material included in this paper.