

Taubaté, 21/05/16 a 06/08/16

TTEM 004/16

ENSAIOS DE ACELERÔMETRIA E EXTENSOMETRIA DE ELEVADOR CREMALHEIRA

ACCELEROMETRY TESTS AND LIFT EXTENSOMETRY RACK

Signatários:

- Dener Evangelista da Cruz¹
- Stephany de Barros Camargo²
- Prof. Dr. José Rubens de Camargo – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Evandro Luís Nohara – Universidade de Taubaté
- Prof. Dr. Francisco José Grandinetti – Universidade de Taubaté/FEG-UNESP
- Prof. Dr. Wendell de Queiroz Lamas – USP
- Prof. Dr. José Rui de Camargo – Universidade de Taubaté

Finalidade: Ensaio de acelerômetro e extensometria de elevador como ensaio não destrutivo (END).

Duração: 3 meses.

1 – Aluno do curso de Especialização em nível de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté (UNITAU/SP) – denerevangelista_cruz@hotmail.com

2 - Aluna do curso de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté – (UNITAU/SP)
stephanycamargo@live.com

Palavras chave: Elevador, Ensaio, Acelerômetro, Sensor.

Resumo. O presente trabalho técnico pretende abordar conceitos, aplicações e medições de acelerometria e extensometria efetuadas a obter os valores de deformação e acelerações em partes da estrutura do elevador cremalheira de testes durante o procedimento de parada de emergência. O equipamento monitorado está localizado nas dependências da empresa MONTARTE em Santa Isabel - SP.

1 - INTRODUÇÃO

O presente trabalho técnico pretende apresentar a técnica óptica de inspeção conhecida como Acelerômetro e Extensometria. Esta técnica tem sido utilizada com sucesso em vários setores da indústria aeronáutica, mecânica e em outros seguimentos para detectar defeitos e o comportamento de peças e materiais.

2 - ACELERÔMETRIA E EXTENSOMETRIA

Acelerometria: Ação de um sistema massa mola que se desloca por aceleração induzida.
Extensometria: É uma técnica utilizada para a análise experimental de tensões e deformações em estruturas mecânicas e de alvenaria.

Em principio todos os extensômetros podem ser utilizados em soluções de problemas de análise de tensões experimental ou na construção de transdutores. Porém, existem diversos tipos de extensômetro no mercado, fazendo que alguns sejam preferidos em aplicações particulares. A seleção dos extensômetros a serem utilizados na análise deve considerar basicamente a aplicação do extensômetro e as condições que o afetam durante a operação. Extensômetros destinados à análise de tensões experimental devem ser robustos e flexíveis que podem ser usados sob condições árduas. Extensômetros com material de transferência para a grade de medição sintética ou poliamida, e resina fenólica reforçada com fibra de vidro.

Acelerômetro serve para medir a aceleração de um corpo (normalmente o que está ligado nele) em relação à gravidade. Dependendo da complexidade do acelerômetro usado, que varia de acordo com o número seus eixos, ele também pode medir a direção dessa força.

2.1 - CONSIDERAÇÕES INICIAIS

O ensaio de acelerômetro visa à obtenção dos máximos valores de desaceleração durante o procedimento de parada de emergência do equipamento, já o ensaio por extensometria consiste em medir as deformações estruturais que ocorrem devido à variação de carga decorrente da desaceleração. Para que seja possível a medição das acelerações e deformações, a estrutura monitorada é instrumentada. A instrumentação da estrutura consiste na fixação de sensores diretamente na estrutura, os sensores são ligados por meio de cabos a um coletor de sinais.

Nesse coletor o sinal analógico é coletado e digitalizado por meio de um conversor Analógico-Digital (A/D), além de ser amplificado para aumentar a resolução do sinal e ser filtrado para eliminar possíveis ruídos. Por fim através de softwares são fornecidos gráficos de aceleração [g] x tempo [s] e deformação [μ S] x tempo [s] dos sinais aqui citados pelos sensores que ilustram o comportamento da estrutura analisada quanto à aceleração e deformação sofrida em função das condições do ensaio. No caso do elevador cremalheira o carregamento operacional considerado para medição das deformações foi o teste de queda livre, no qual o freio de emergência é acionado e efetua a parada total do equipamento.

O monitoramento das deformações estruturais é executado com o sistema de aquisição de dados modular ADS 2000-Lynx, acelerômetros tri-axiais AI2161 e extensômetros unidirecionais PA-06-250BA-120L, software de aquisição de sinais Aqdados versão 7.02 e software de análise de sinais Aqdanalysis 7. A frequência de aquisição utilizada é de 500 Hz. A fixação dos acelerômetros e colagem dos strain gages foi disposta conforme as figuras 1 a 9.



Figura 1 – Estrutura instrumentada com a respectiva identificação.

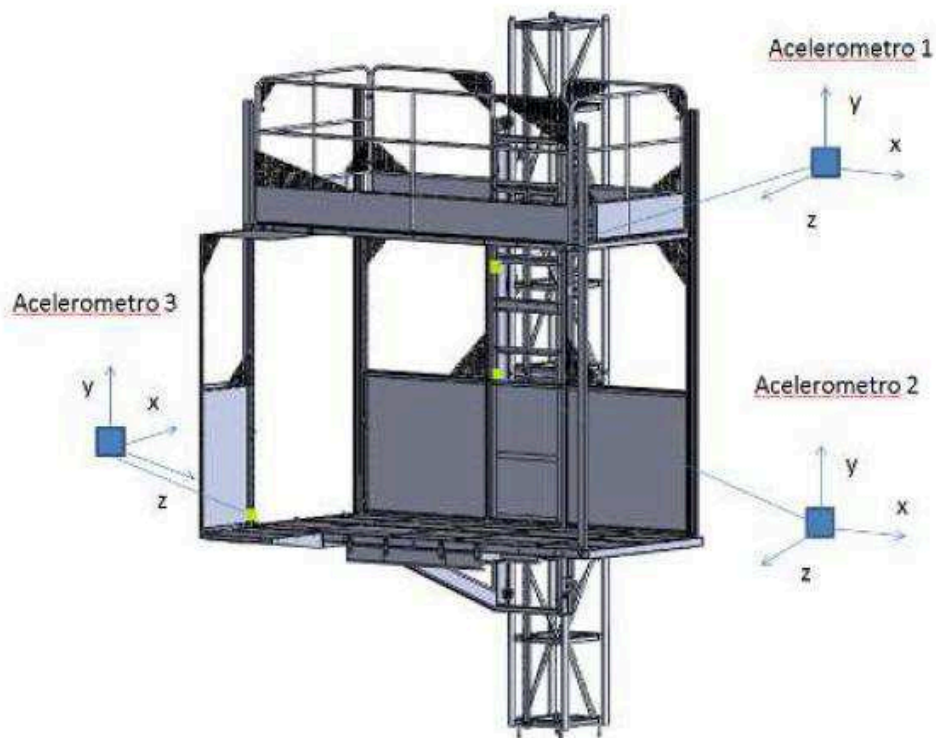


Figura 2 – Estrutura com a posição e coordenadas dos acelerômetros.

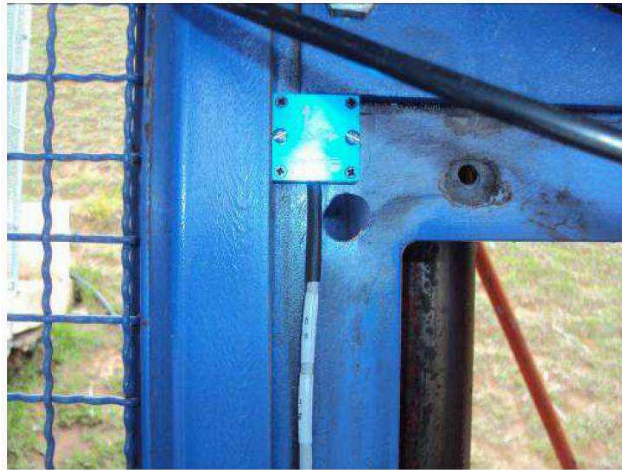


Figura 3 – Detalhe da posição do acelerômetro 1 (abaixo do freio).



Figura 4 - Detalhe da posição do acelerômetro 2 (900 mm abaixo do freio).



Figura 5 - Posição do acelerômetro 3 (parte inferior interna da cabine)



Figura 6 - Estrutura do montante, região onde foram posicionados os strain-gages 10,11, 12, 13 e 14.



Figura 7 – Estrutura com a posição do strain-gage 10.



Figura 8 – Detalhe dos strain-gages 11 e 12.



Figura 9 – Estrutura instrumentada com os strain-gages 13 e 14.

2.2 - Procedimento de medição

O carregamento considerado para a medição das acelerações e deformações foi o teste de queda livre do elevador cremalheira no qual o freio de emergência é acionado.

1º ENSAIO

O 1º Ensaio foi efetuado com freio novo.

- Calibração e zeragem dos sensores com o equipamento fora de operação;
- Movimentação do elevador pelo operador até a posição de teste;
- Saída do operador do equipamento;
- Simulação de queda livre através de acionamento por botoeira externa ao elevador;
- Frenagem de emergência;
- Fim do monitoramento.

2º ENSAIO

Antes do início do 2º Ensaio o freio foi aberto e o seu sistema de rosca interna foi reposicionado na condição inicial de trabalho.

- Calibração e zeragem dos sensores com o equipamento fora de operação;
- Movimentação do elevador pelo operador até a posição de teste;
- Saída do operador do equipamento;
- 1ª Simulação de queda livre através de acionamento por botoeira externa ao elevador;
- Frenagem de emergência;
- Retorno do operador para dentro do equipamento, destravamento do freio e reposicionamento da cabina na posição de testes;
- Saída do operador do equipamento;
- 2ª Simulação de queda livre através de acionamento por botoeira externa ao elevador;*
- Frenagem de emergência;
- Retorno do operador para dentro do equipamento, destravamento do freio e reposicionamento da cabina na posição de testes;
- Saída do operador do equipamento;
- 3ª Simulação de queda livre através de acionamento por botoeira externa ao elevador;*
- Frenagem de emergência;
- Fim do monitoramento.

Para a 2ª e 3ª simulação de queda livre o freio foi apenas destravado, **não** retornando o seu sistema para a condição inicial como no início do teste.

A seguir estão apresentados os principais resultados dos monitoramentos efetuados. Os gráficos de aceleração [g] x tempo [s] e de deformação [μ S] x tempo [s] obtidos com os resultados das medições nas operações aqui citadas são apresentados no item 8 (ANEXO).

3 - Resultados

Resultados experimentais: Nas tabelas a seguir são apresentados os principais resultados obtidos em acelerações e deformações durante os testes efetuados.

- Acelerações verticais obtidas no primeiro teste de queda livre (1º Ensaio)

Sensor	Direção	Acelerações verticais [g]		
		Inicial	Pico	Variação
Acelerometro 1	Y	-1,00	-2,08	-1,08
Acelerometro 2	Y	-1,00	-1,96	-0,96
Acelerometro 3	Y	-1,00	-1,76	-0,76

- Acelerações verticais obtidas no 2º, 3º e 4º teste de queda livre (2º Ensaio)

Sensor	Direção	Aceleração [g]						
		Inicial	Pico	Variação	Pico	Variação	Pico	Variação
Acel. 1	Y	-1,00	-2,21	-1,21	-2,21	-1,21	-2,87	-1,87
Acel. 2	Y	-0,99	-1,51	-0,52	-1,25	-0,26	-1,46	-0,47
Acel. 3	Y	-1,00	-1,47	-0,47	-1,51	-0,51	-1,23	-0,23
			1ª Queda		2ª Queda		3ª Queda	

- Acelerações laterais obtidas no primeiro teste de queda livre (1º Ensaio)

Sensor	Direção	Acelerações laterais [g]			
		Inicial	Máxima	Mínima	Maior Pico
Acelerômetro 1	X	-0,02	0,65	-0,94	0,92
	Z	0,01	0,58	-0,70	0,71
Acelerômetro 2	X	0,05	0,25	-0,29	0,34
	Z	0,03	0,46	-0,6	0,63
Acelerômetro 3	X	-0,02	0,23	-0,31	0,29
	Z	0,00	0,23	-0,28	0,28

- Acelerações laterais obtidas no 2º, 3º e 4º teste de queda livre (2º Ensaio)

Sensor	Direção	Acelerações laterais [g]									
		Inicial	Máxima	Mínima	Maior Pico	Máxima	Mínima	Maior Pico	Máxima	Mínima	Maior Pico
Acel. 1	X	-0,02	0,95	-0,84	0,97	1,12	-0,77	1,14	1,42	-1,19	1,44
	Z	0,01	0,95	-1,21	1,22	1,12	-1,44	1,45	0,88	-1,53	1,54
Acel. 2	X	0,03	0,34	-0,33	0,36	0,51	-0,46	0,49	0,6	-0,56	0,59
	Z	0	0,6	-0,62	0,62	0,46	-0,69	0,69	0,79	-0,47	0,79
Acel. 3	X	-0,03	0,32	-0,33	0,35	0,4	-0,38	0,43	0,39	-0,41	0,42
	Z	0	0,54	-0,27	0,54	0,44	-0,29	0,44	0,47	-0,25	0,47

- Deformações obtidas no primeiro teste de queda livre (1º Ensaio)

Gage	Deformação [µS]		
	Inicial	Máxima	Variação
10	17,9	19,5	1,6
11	-1,1	12,7	13,8
12	3,8	14,1	10,3
13	-8,1	23,1	31,2
14	-3,7	10,6	14,3

- Deformações obtidas no 2º, 3º e 4º teste de queda livre (2º Ensaio)

Gage	Deformação [µS]										
	Inicial	Máxima	Variação	Inicial	Máxima	Variação	Inicial	Máxima	Variação		
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
11	-5,80	18,20	24,00	-5,36	22,50	27,86	-8,21	27,80	36,01		
12	2,20	8,60	6,40	-1,97	8,90	10,87	1,42	9,70	8,28		
13	-4,80	33,40	38,20	0,24	24,20	23,96	3,04	29,50	26,46		
14	-0,80	11,50	12,30	-4,99	7,30	12,29	-1,01	10,40	11,41		
			1ª Queda			2ª Queda			3ª Queda		

4 - Resultados - Teóricos x Experimentais de deformação

O comparativo teórico x experimental de deformação é efetuado através da reprodução da condição de ensaio no modelo de elementos finitos. Na primeira etapa o modelo de elementos finitos do elevador cremalheira é submetido à aceleração máxima obtida no 1º ensaio de queda livre, ou seja, é aplicada uma desaceleração vertical de $-1,08\text{ g}$ ($-10,59\text{ m/s}^2$). Para a realização do comparativo é aplicada apenas a variação da aceleração lida no acelerômetro, pois os sensores de deformação foram calibrados com a aceleração inicial ($-1,00\text{g}$). Após processada uma análise estática sem carga interna do elevador (condição de ensaio), são obtidas as deformações nos pontos onde foram colados os sensores, e por fim os valores das deformações obtidas são comparados com as deformações lidas experimentalmente, Figuras 10 a 12.

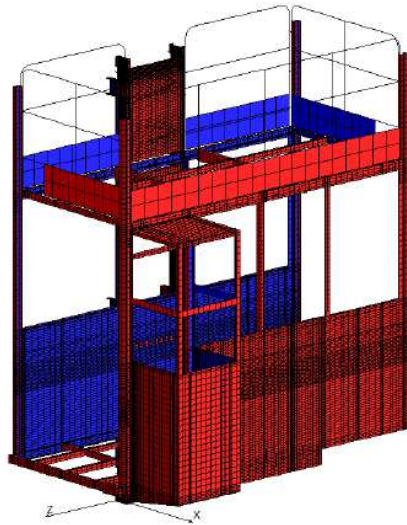


Figura 10 – Modelo de elementos finitos do elevador.

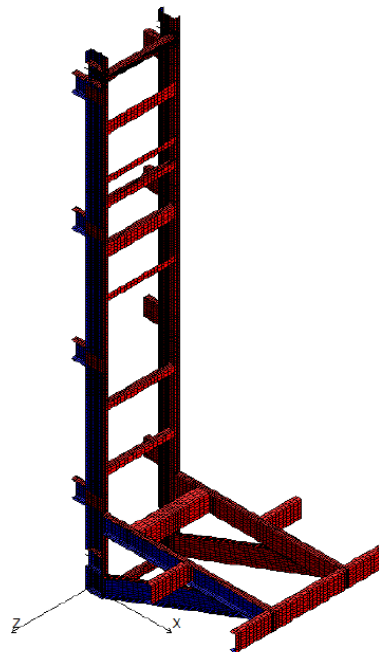


Figura 11 – Modelo de elementos finitos do elevador 1319 – Detalhe do montante.

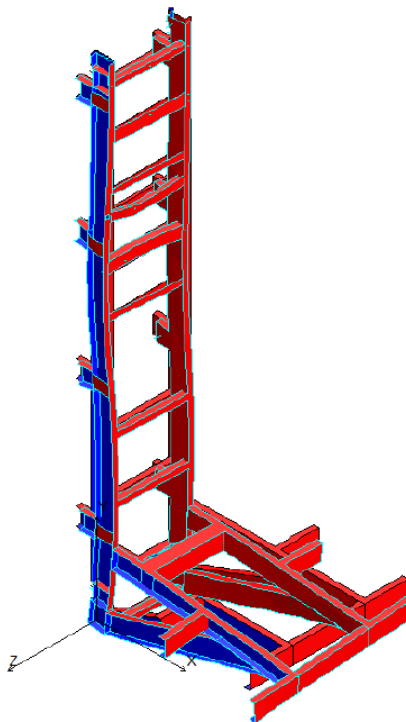


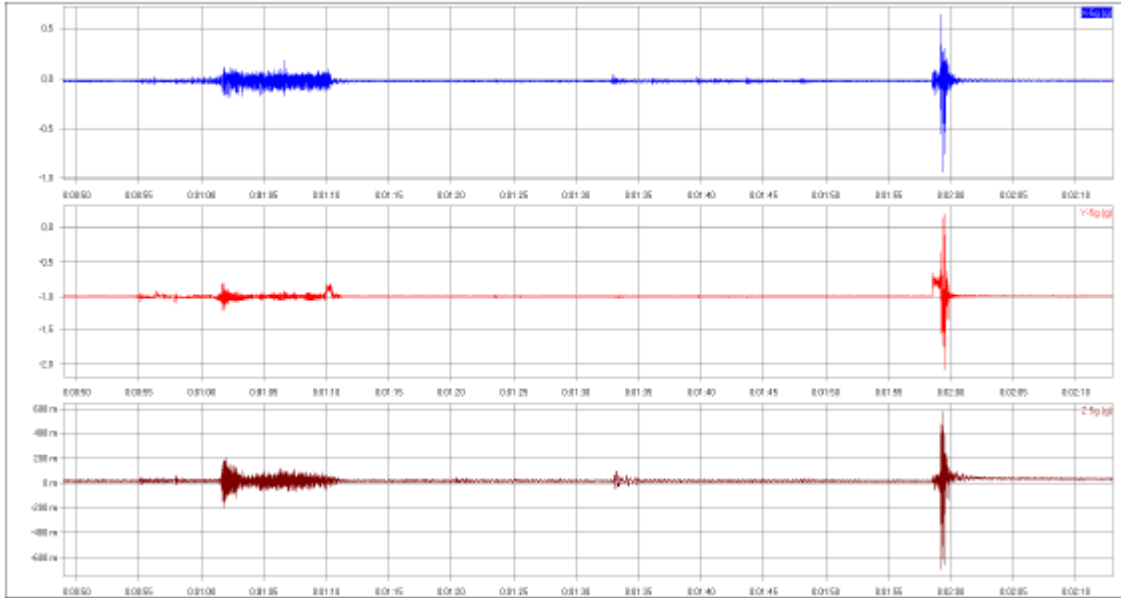
Figura 12 – Configuração deformada do montante para o caso de carga de frenagem.

5 - Considerações

Os valores de medição foram obtidos com o elevador em operação assistida, simulando uma condição de frenagem de emergência sem carga. Os pontos para fixação dos sensores foram escolhidos em função da análise por elementos finitos e pela facilidade de acesso para colagem dos sensores. O sensor de número 10 apresentou problema durante a medição do segundo ensaio, portanto seus resultados não são apresentados na Tabela 4.5. O comparativo teórico x experimental de deformações é efetuado para o primeiro ensaio, e seus resultados são utilizados para aumentar a confiabilidade dos valores de acelerações obtidos.

6 - Sinais coletados pelos acelerômetros

Nos resultados são apresentadas imagens com gráficos de acelerações [g]x tempo [s].



- Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 1º ensaio do acelerômetro 1.

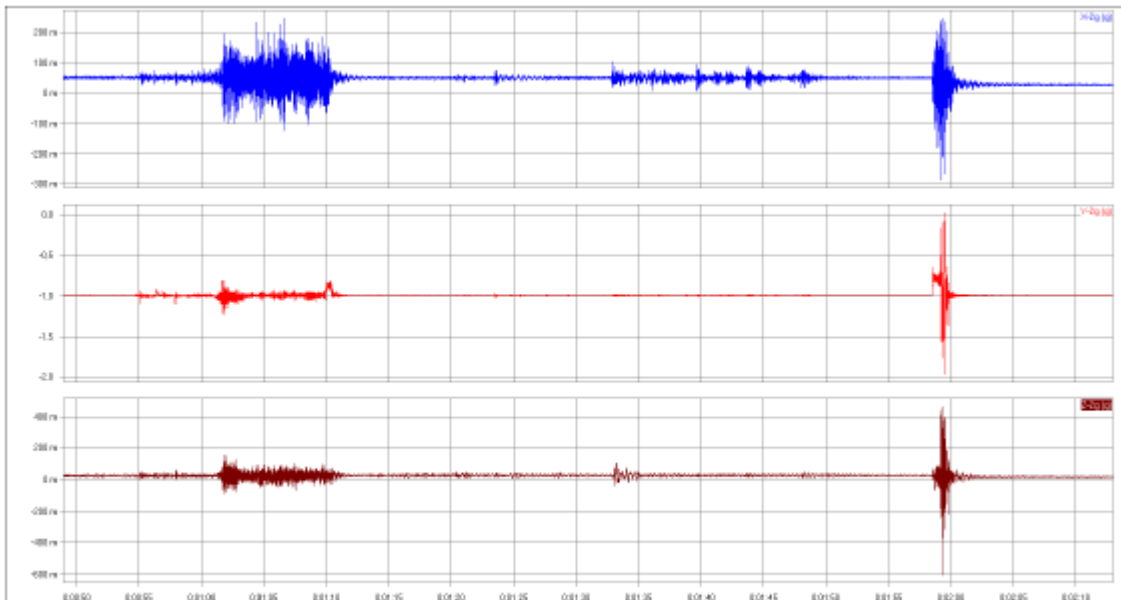


Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 1º ensaio do acelerômetro 2.

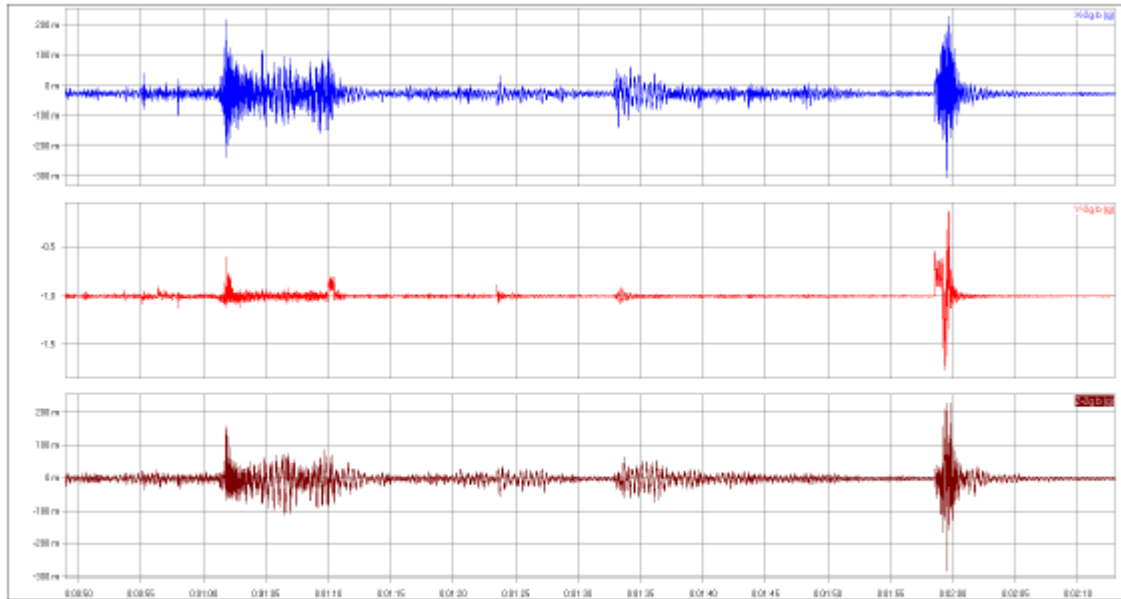
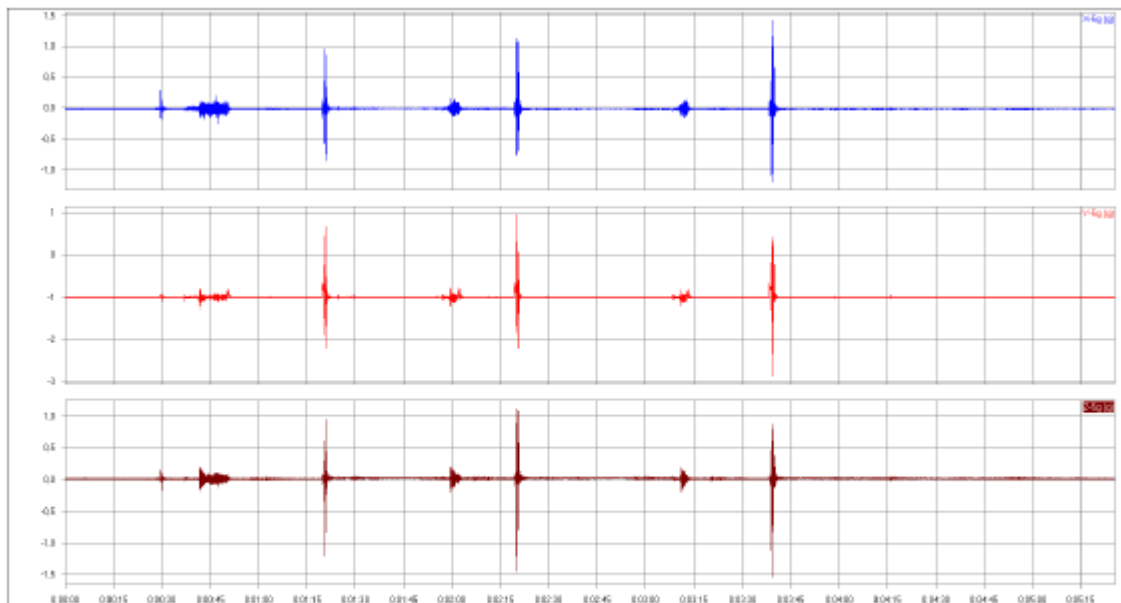


Fig.4.3 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 1º ensaio do acelerômetro 3.



- Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 1.

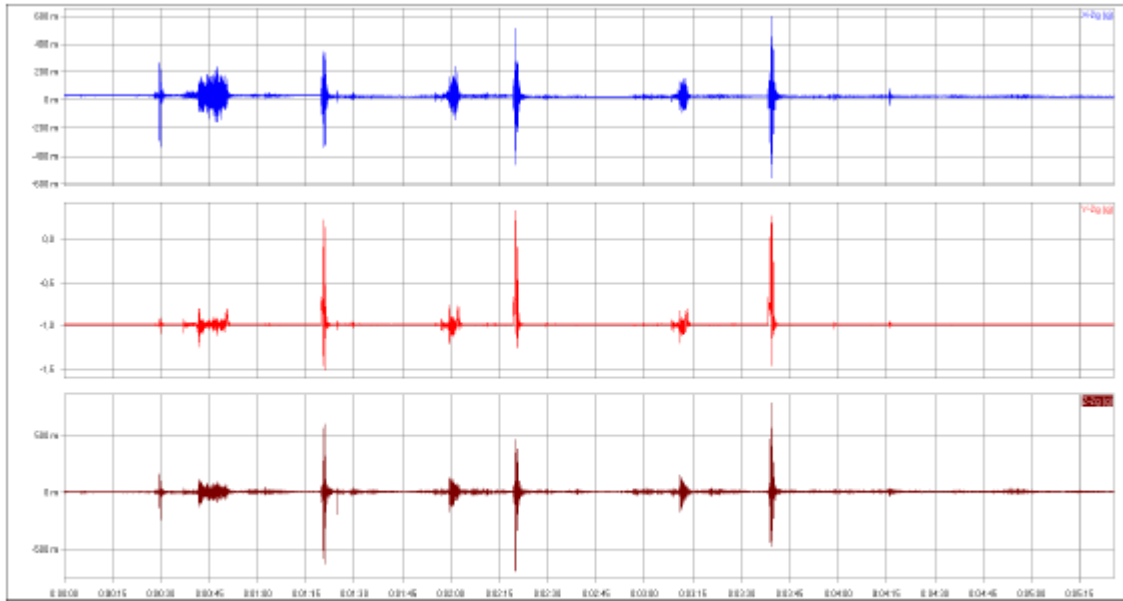


Fig.4.5 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 2.

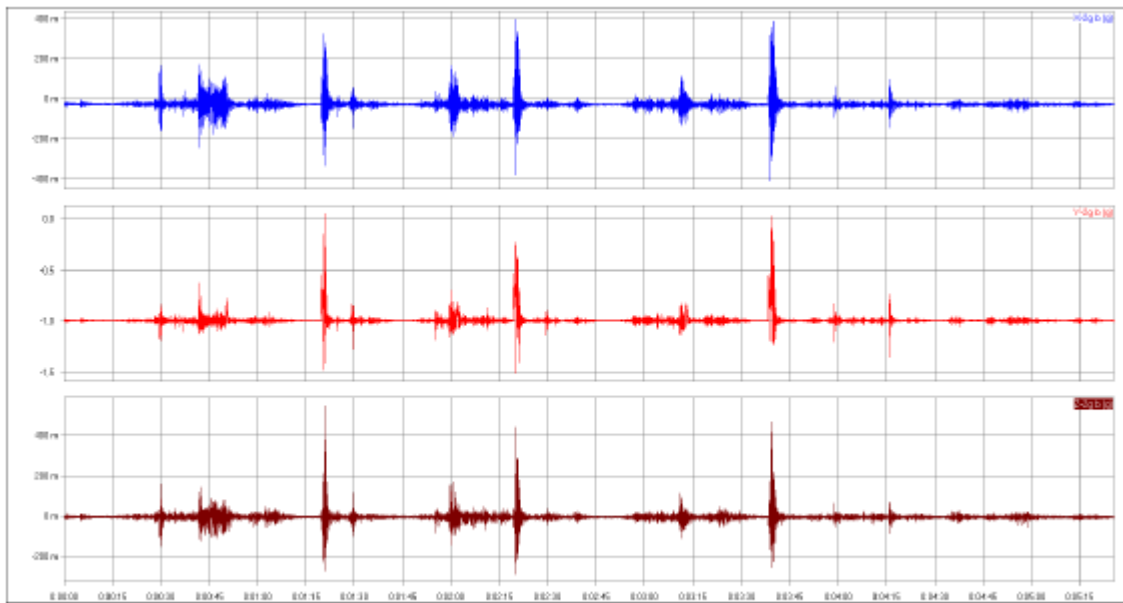


Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 3.

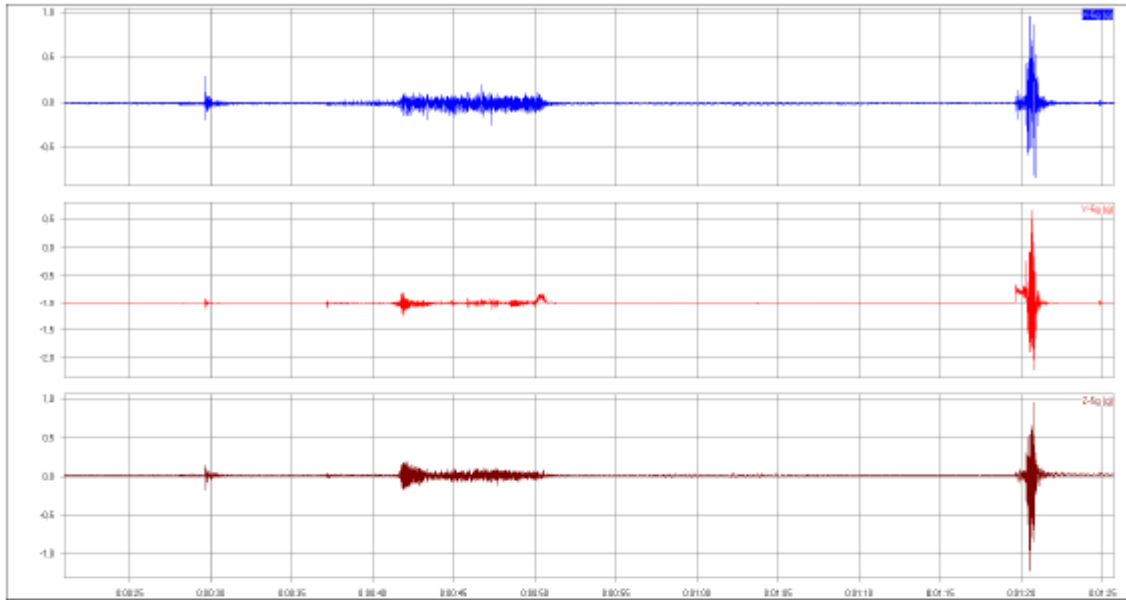
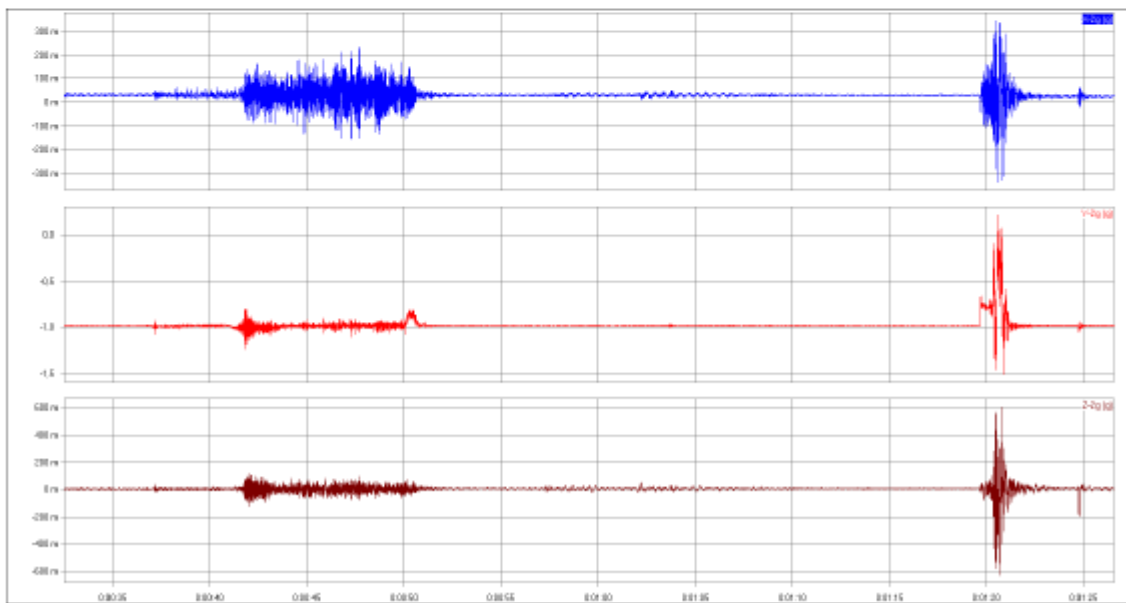


Fig.4.7 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 1 – 1º queda.



- Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 2 – 1º queda.

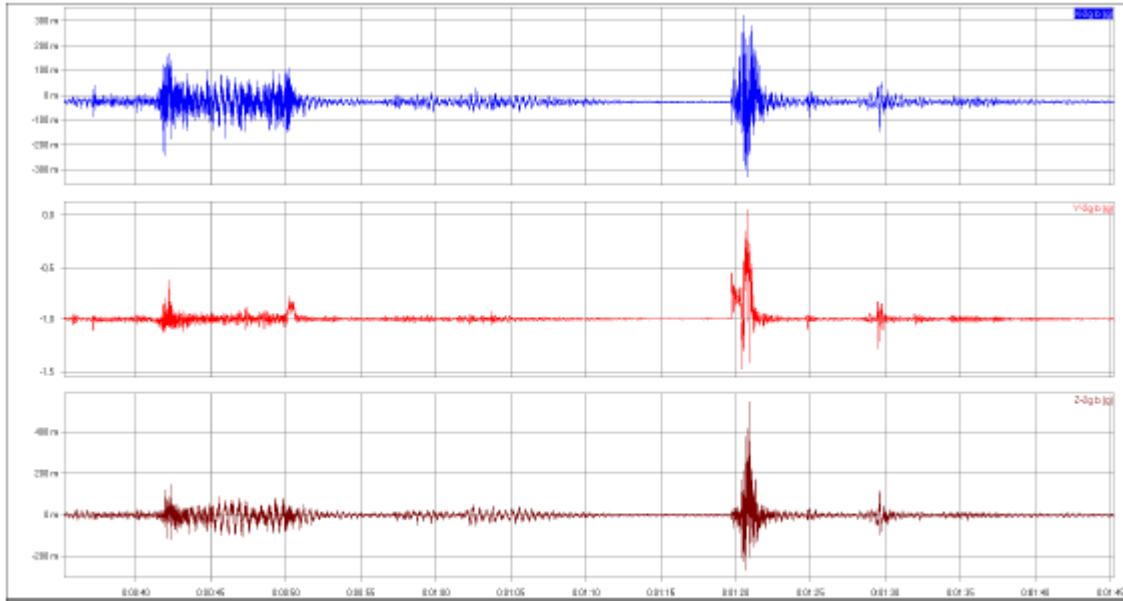


Fig.4.9 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 3 – 1º queda.

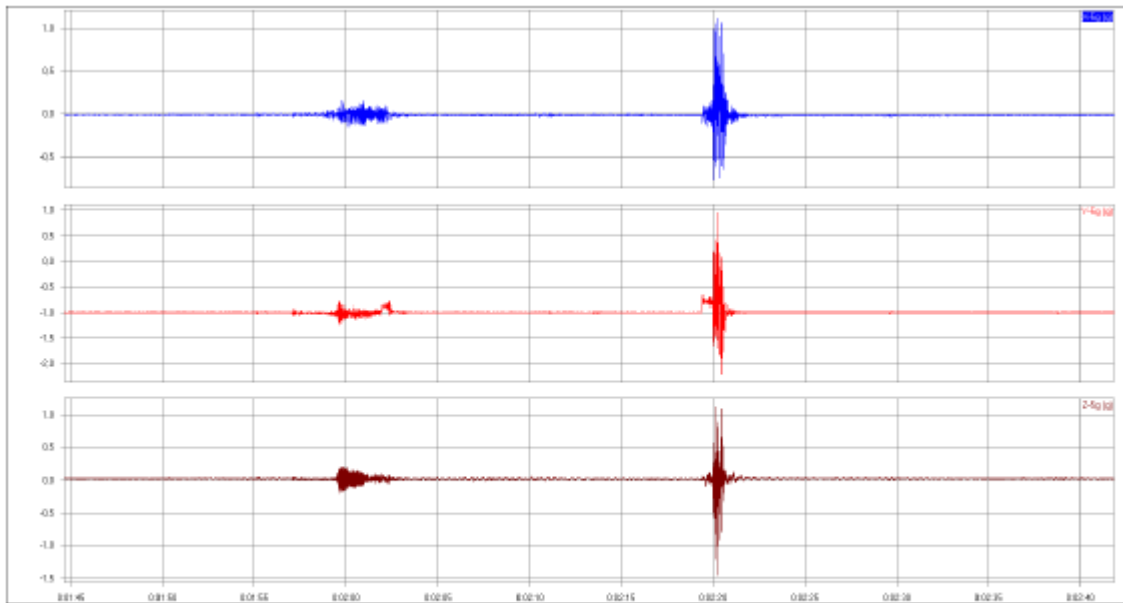


Fig.4.10 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 1 – 2º queda.

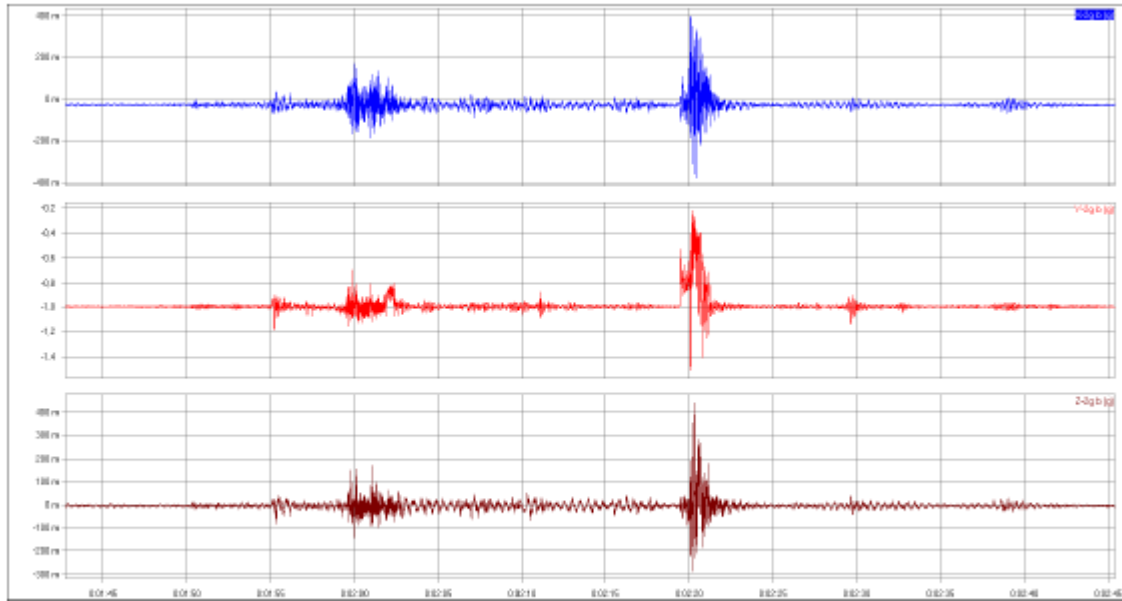
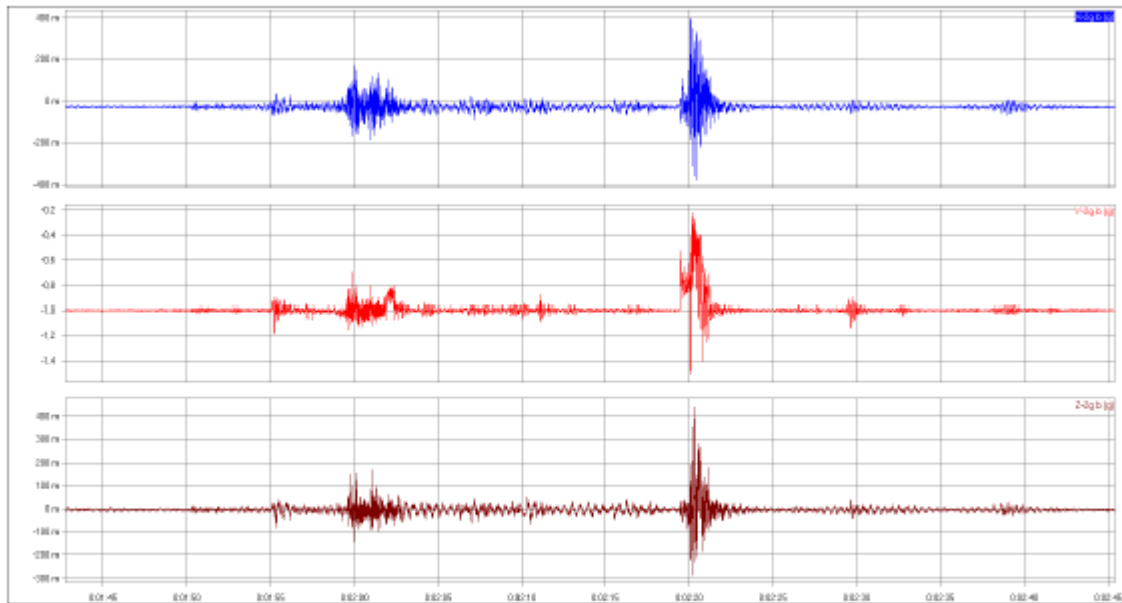


Fig 4 .11 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 2 – 2º queda.



- Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 3 – 2º queda.

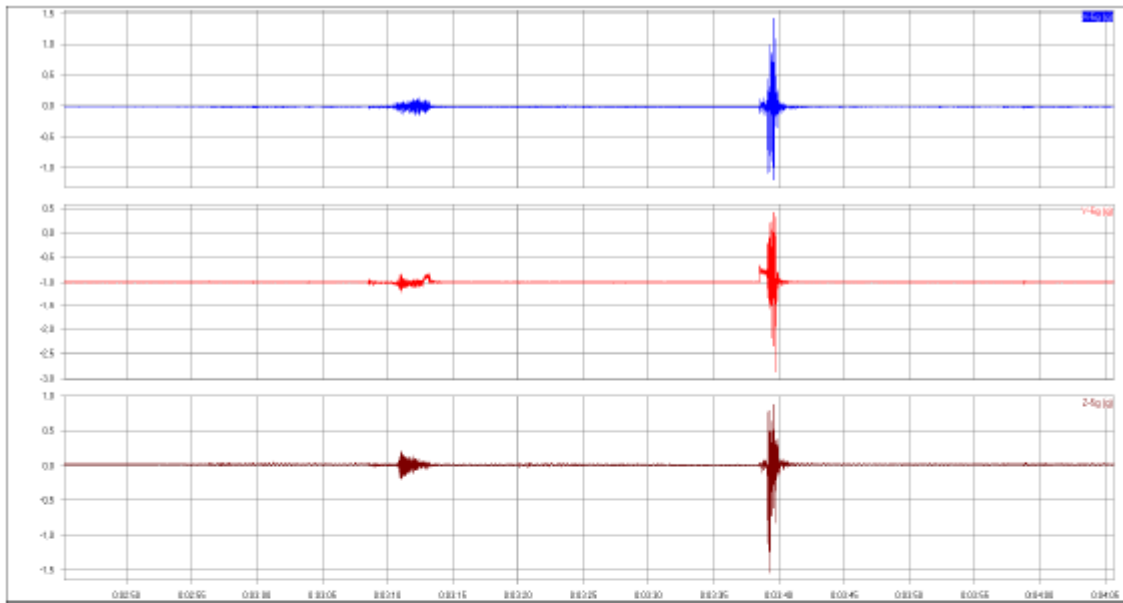
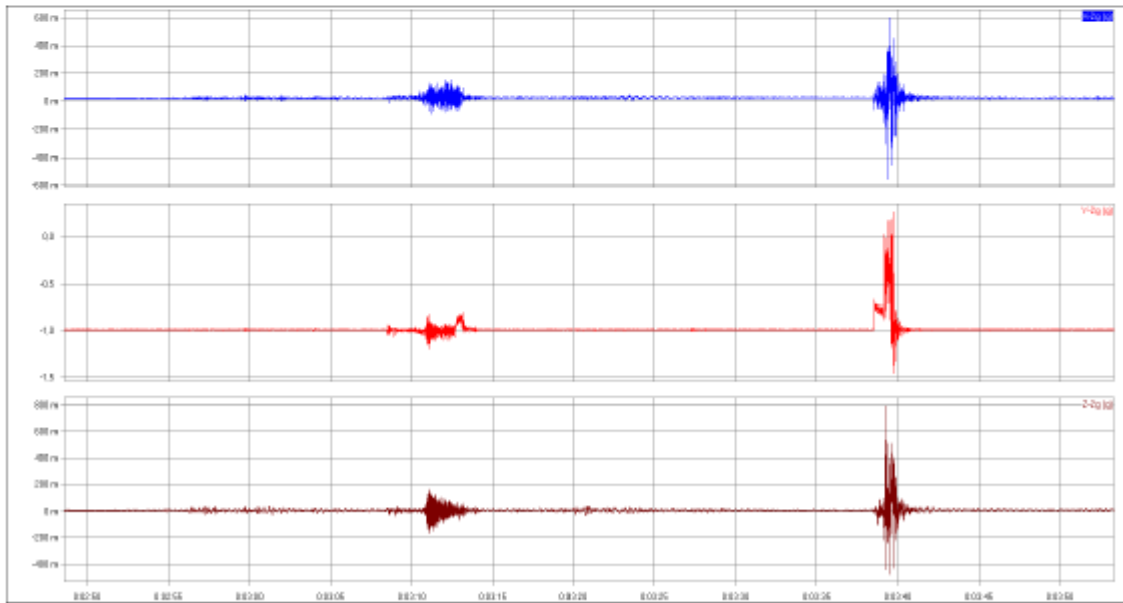


Fig.4 .13 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 1 – 3º queda.



- Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 2 – 3º queda.

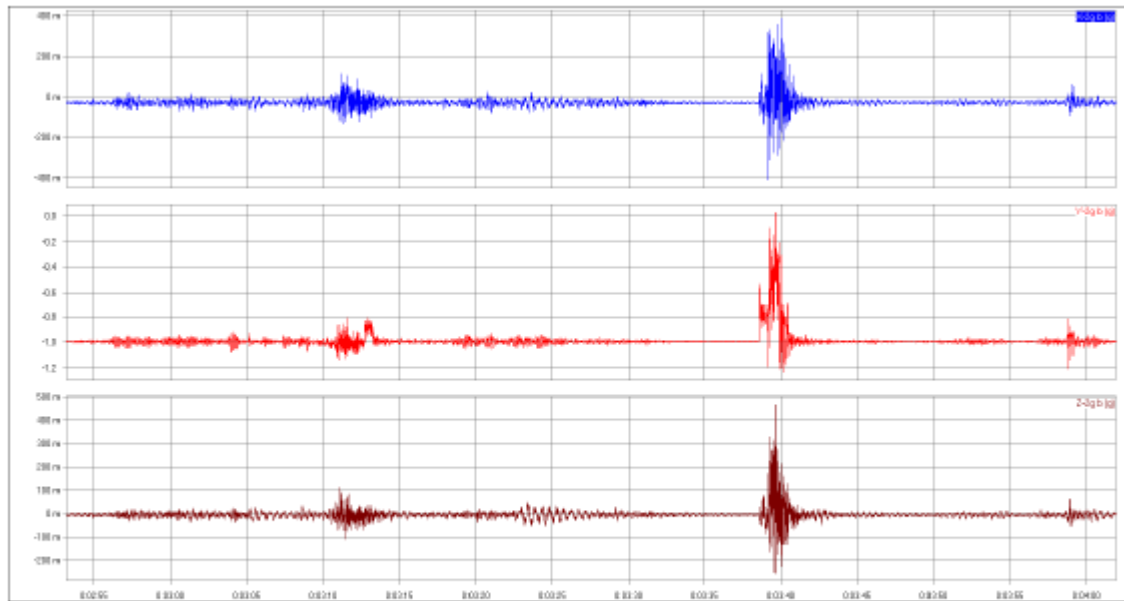
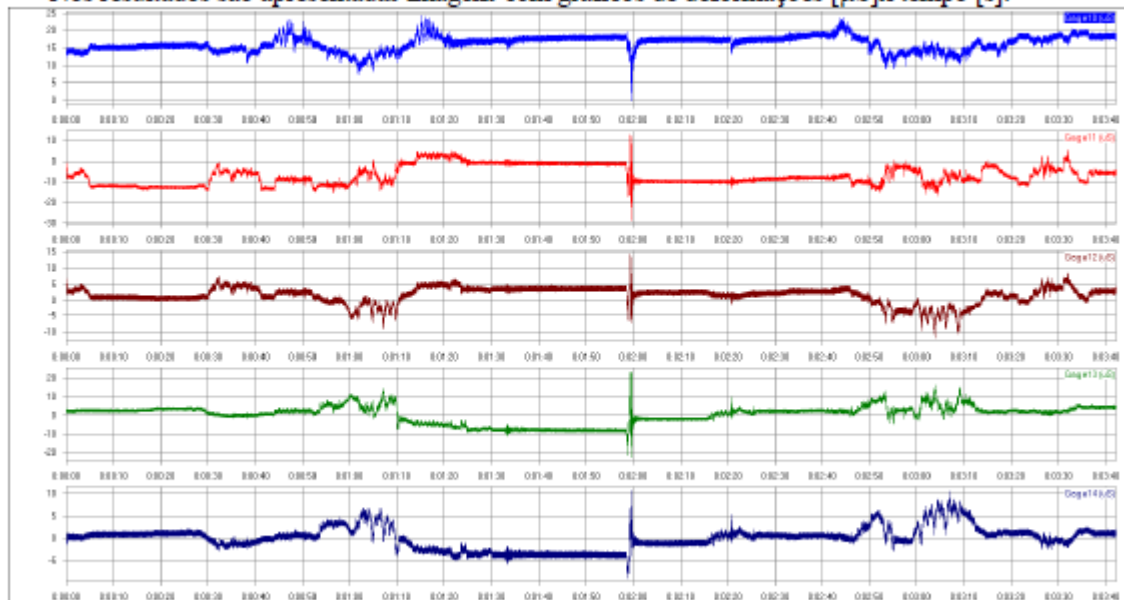


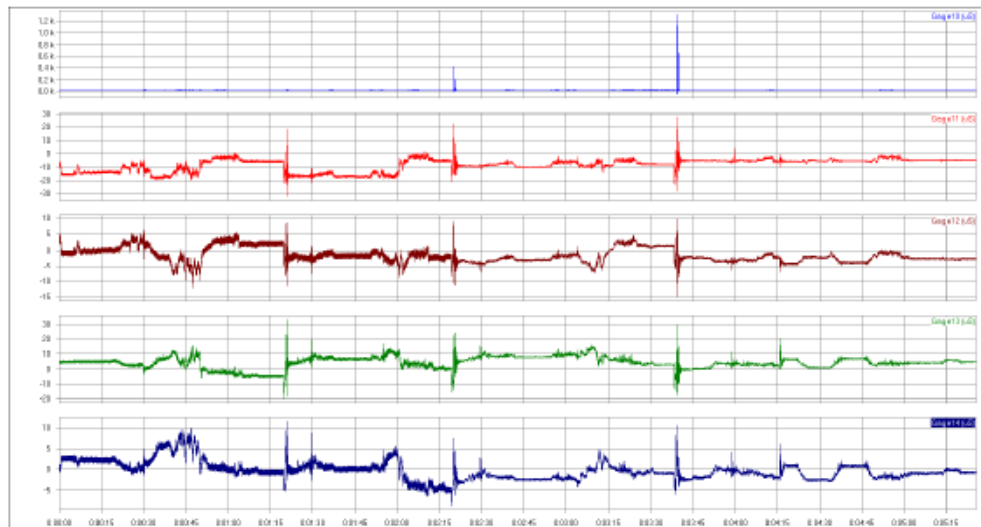
Fig.4.15 - Gráfico aceleração[g]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio do acelerômetro 3 – 3º queda.

Sinais coletados pelos extensômetros:

Nos resultados são apresentadas imagens com gráficos de deformações [μS]x tempo [s].



- Gráfico deformação[μS]x tempo [s] com os sinais do 1º ensaio – Gages 10 a 14.



- Gráfico deformação[μ S]x tempo [s] com os sinais do 2º ensaio – Gages 10 a 14.

7 - Conclusões:

O máximo valor de desaceleração vertical obtido descontando-se o valor da gravidade é de 1,87g. Para fins de análise estrutural, deve ser considerado o valor total de aceleração de 2,87g, ou seja, 28,15 m/s². Com os resultados do comparativo teórico experimental pode-se concluir que a desaceleração vertical obtida no 1º ensaio de acelerometria, quando imposta no modelo de elementos finitos, resulta em deformações estruturais semelhantes às deformações obtidas durante o ensaio de extensometria do elevador cremalheira 1319, validando os resultados. Os valores obtidos neste estudo serão utilizados como cargas de dimensionamento de estruturas e componentes submetidos à frenagem de emergência.

8 - Referências

ABNT NBR IEC 60529, Graus de proteção para invólucros de equipamentos elétricos (código IP)

ABNT NBR ISO 4309, Equipamentos de movimentação de carga - Cabos de aço - Cuidados, manutenção, instalação, inspeção e descarte.

ABNT NBR NM 196, Elevadores de passageiros e monta-cargas - Guias para carros e contrapesos - Perfil T ABNT NBR NM 273, Segurança de máquinas - Dispositivos de intertravamento associados a proteções - Princípios para projeto e seleção.

Schulz, Diponível em: <http://www.schlz.com.br/pt/site/automotiva/home>
Indez.[Acesso em outubro 2012]

Manual do programa de aquisição de dados AqDados V.7.02

9 - Comunicado de responsabilidade

O autor é o único responsável pelo material pesquisado.

Abstract: The present study addresses the technical concepts, applications and accelerometric and extensometric measurements made to obtain the deformation and acceleration values in parts of the structure of lift rack of tests during emergency stop procedure. The monitored equipment is located on the premises of MONTARTE Company in Santa Isabel - SP.