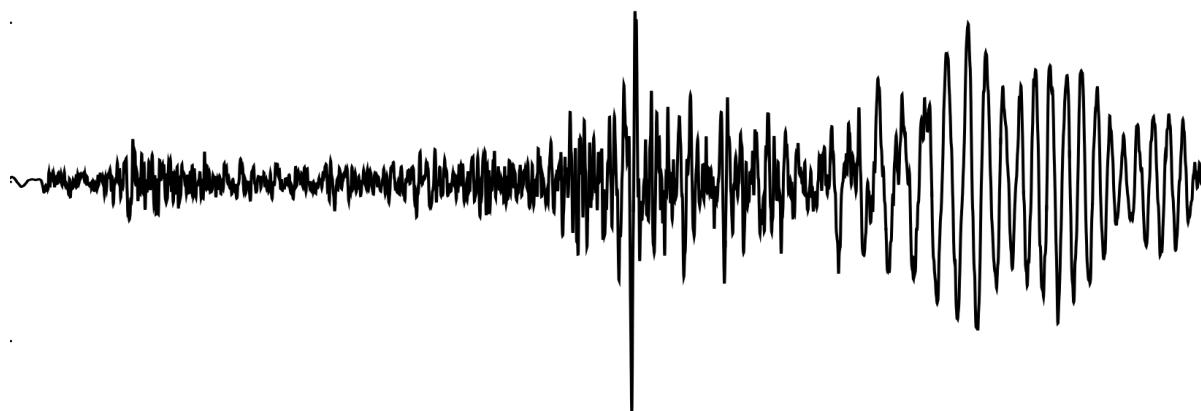


Estudo dos Tremores de Terra de Montes Claros, MG, de 2012.



Universidade de São Paulo (USP) e Universidade de Brasília (UnB)



Centro de Sismologia da USP (IAG-IEE)



SIS-UnB: Observatório Sismológico da UnB

Relatório de 11/03/2013

Resumo

Uma pequena atividade sísmica vem ocorrendo nos últimos anos em Montes Claros. O maior tremor até agora, com magnitude 4 na escala Richter, ocorreu em 19/05/2012: causou forte vibração, provocou pequenos danos em algumas casas frágeis e assustou a população não acostumada a tais fenômenos. Foi instalada uma rede de nove estações sismográficas. Os tremores mais fortes ocorrem numa falha geológica de orientação NNW-SSE com mergulho para leste, próxima ao Bairro Atlântida. Análises preliminares indicam tratar-se de uma falha inversa cuja movimentação é causada por tensões geológicas naturais do tipo compressão de direção aproximadamente E-W. Os tremores têm origem a profundidades entre 1 e 2 km, aproximadamente, ou seja, em rochas cristalinas da parte superior da crosta, abaixo da camada de calcário (resultado ainda a ser confirmado por estudos mais detalhados).

Tremores de magnitude 4 ou maior ocorrem, em média, duas vezes por ano no Brasil; desta maneira, a atividade sísmica em Montes Claros não é incomum. Não há evidência de que a exploração nas pedreiras tenha relação com a atividade sísmica. Não é possível prever se a atividade vai continuar diminuindo ou se haverá novo surto com algum tremor de magnitude superior a 4. O cenário mais provável, é que a atividade diminua gradualmente com alguns tremores ocasionais de magnitude perto de 3. A probabilidade de ocorrer outro tremor maior, é estimada em 1% (baseado em estatísticas de outros casos no Brasil). Mesmo com probabilidade pequena, recomenda-se reforçar as casas frágeis próximas à área epicentral.

1. Introdução

Pequenos tremores vêm ocorrendo em Montes Claros desde pelo menos 1995 (Fig. 1). Há notícias não confirmadas de que já em 1978 um pequeno tremor teria sido sentido na cidade (Berrocal et al., 1984). Em 2011, os tremores aumentaram e culminaram com um tremor mais forte em 19 de maio de 2012. Este tremor teve magnitude 4.0 na escala Richter e assustou a população de Montes Claros, MG.

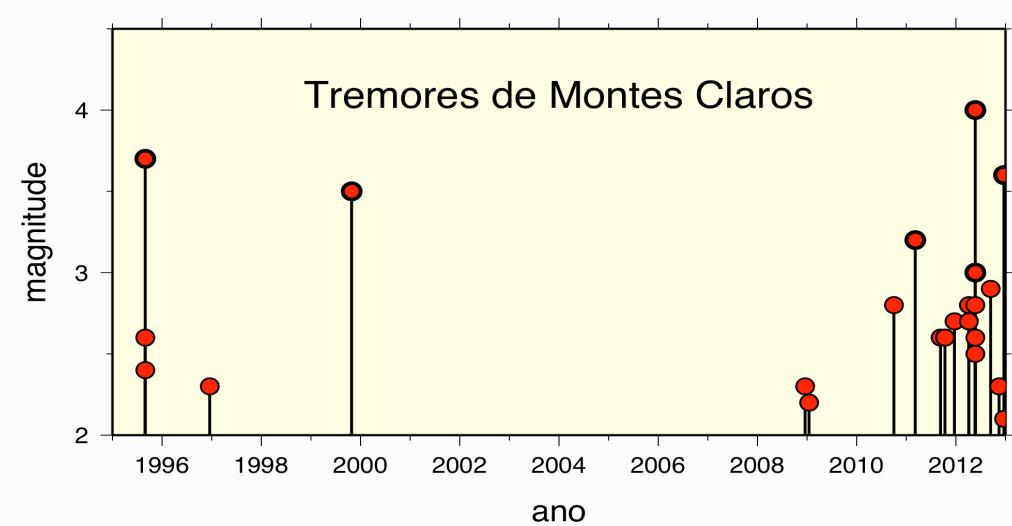


Fig. 1. Evolução da atividade sísmica sentida em Montes Claros.

O sismo principal de maio/2012 causou intensidades entre V e VI na escala Mercalli correspondendo a forte vibração, trincas e pequenos danos em casas muito frágeis da área epicentral. Não se relatou nenhum dano sério em casas ou construções de boa qualidade.

Na semana seguinte ao sismo de 19-05-2012, a Universidade de Brasília (UnB) e a Universidade de São Paulo (USP) instalaram uma rede de nove estações sismográficas para

estudar os pequenos tremores de terra que costumam ocorrer por várias semanas ou meses após um abalo de maior magnitude.

Este relatório descreve os principais resultados da análise dos registros da rede sismográfica e esclarece algumas questões frequentemente levantadas pela mídia e população em geral sobre a origem e causa dos tremores.

2. A rede sismográfica e as áreas de atividade sísmica

A rede sismográfica é composta de cinco estações instaladas pela UnB (maior parte com equipamento Guralp de banda-larga, 30s a 50 Hz,) e quatro estações instaladas pela USP (estações Nanometrics banda larga, 120s a 50 Hz), como pode ser visto na Fig. 2. As estações operam com baterias e painel solar. Duas delas (MC01 e MCI7) têm conexão de internet para transmissão dos dados em tempo real, embora ainda com muitas falhas e interrupções.

A Figura 2 mostra a localização das estações. As coordenadas e equipamentos das estações estão no Anexo 1.

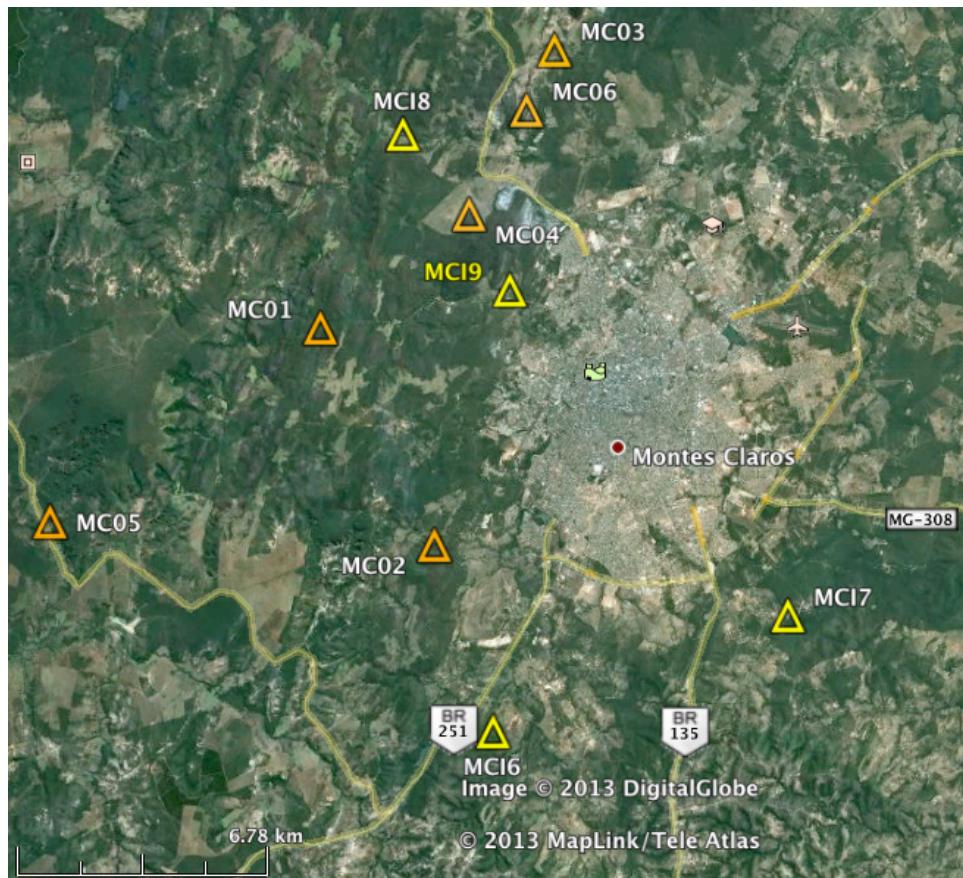


Fig. 2. Estações sismográficas: triângulos laranja são estações da UnB, amarelos da USP.

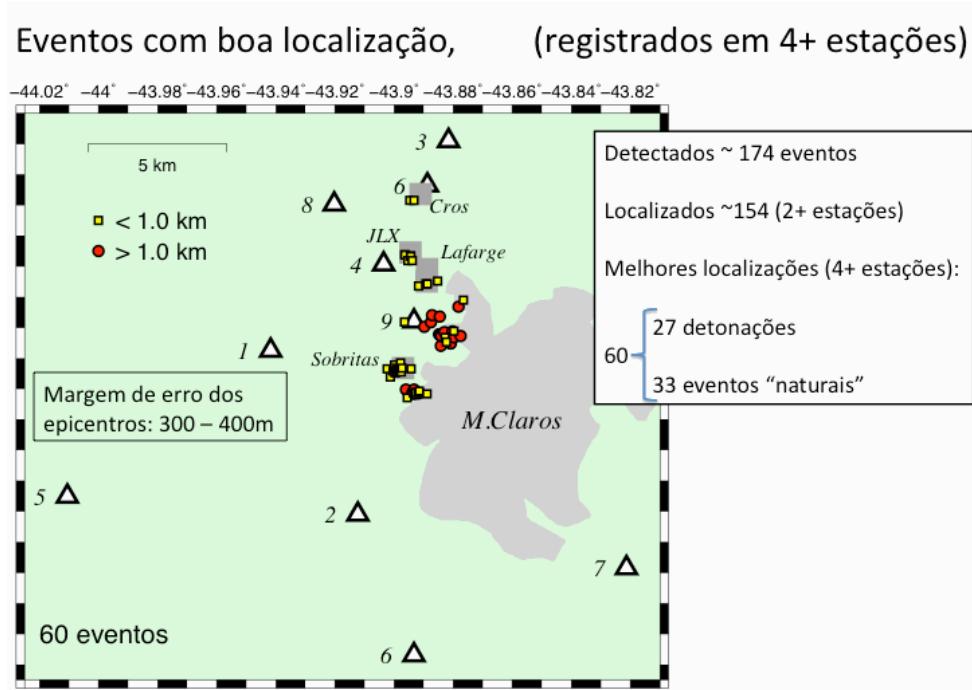


Fig. 3. Eventos localizados de maio a outubro de 2012. Quadrinhos amarelos são eventos com profundidades menores que 1 km, círculos vermelhos com profundidades maiores que 1 km. Área maior cinza clara representa a cidade de Montes Claros. Quadrados cinza escuro são as pedreiras Cros, JLX, Lafarge e Sobritas. Triângulos brancos são as estações sismográficas.

Além dos tremores de terra propriamente, centenas de detonações vêm sendo registradas pela rede, a maioria nas mineradoras do município, como Lafarge, JLX, Cros e Sobritas. Muitos registros de sismos podem ser facilmente confundidos com detonações e, por esta razão, as análises têm demorado mais que o previsto.

De final de maio a meados de novembro de 2012, foram detectados 174 eventos locais (detonações e tremores). Destes, 154 foram registrados por duas ou mais estações e podem ser localizados. Para se determinar o epicentro com boa precisão (melhor que +- 500m) é preciso que o evento seja bem registrado por quatro ou mais estações. Neste primeiro período de análise, 60 eventos foram localizados por 4 ou mais estações, como indicado na Fig. 3. Destes 60 eventos, 27 foram detonações e 33 tremores naturais com magnitudes inferiores a 3 na escala Richter. O anexo 2 apresenta a metodologia de localização epicentral e o modelo de velocidades usado para Montes Claros.

Os epicentros da Fig. 3 mostram as várias detonações detectadas nas pedreiras Cros, JLX, Lafarge e Sobritas (quadrinhos amarelos nas áreas das pedreiras). Duas áreas de atividade sísmica natural foram identificadas: uma mais ativa, ~1 km a leste da estação MCI9 perto do bairro Atlântida, e outra área menos ativa, ~1 km a sudeste da pedreira Sobritas.

3. Os tremores de Montes Claros e a sismicidade no Brasil

Tremores de terra são relativamente comuns no Brasil, e a grande maioria tem origem inteiramente natural – são causados por tensões geológicas existentes na crosta brasileira. A Fig. 4 mostra a distribuição da atividade sísmica do Brasil até dezembro de 2012. Tremores de magnitude 5 ou maior (com potencial de causar danos em construções fracas) ocorrem em média uma vez a cada 4 anos em todo o país. Tremores de magnitude 4 (como o de

maio/2012 em Montes Claros) ocorrem, em média, duas vezes por ano no Brasil. Portanto, o tremor de 19-05-2012 foi um tremor relativamente frequente mesmo para nosso país.

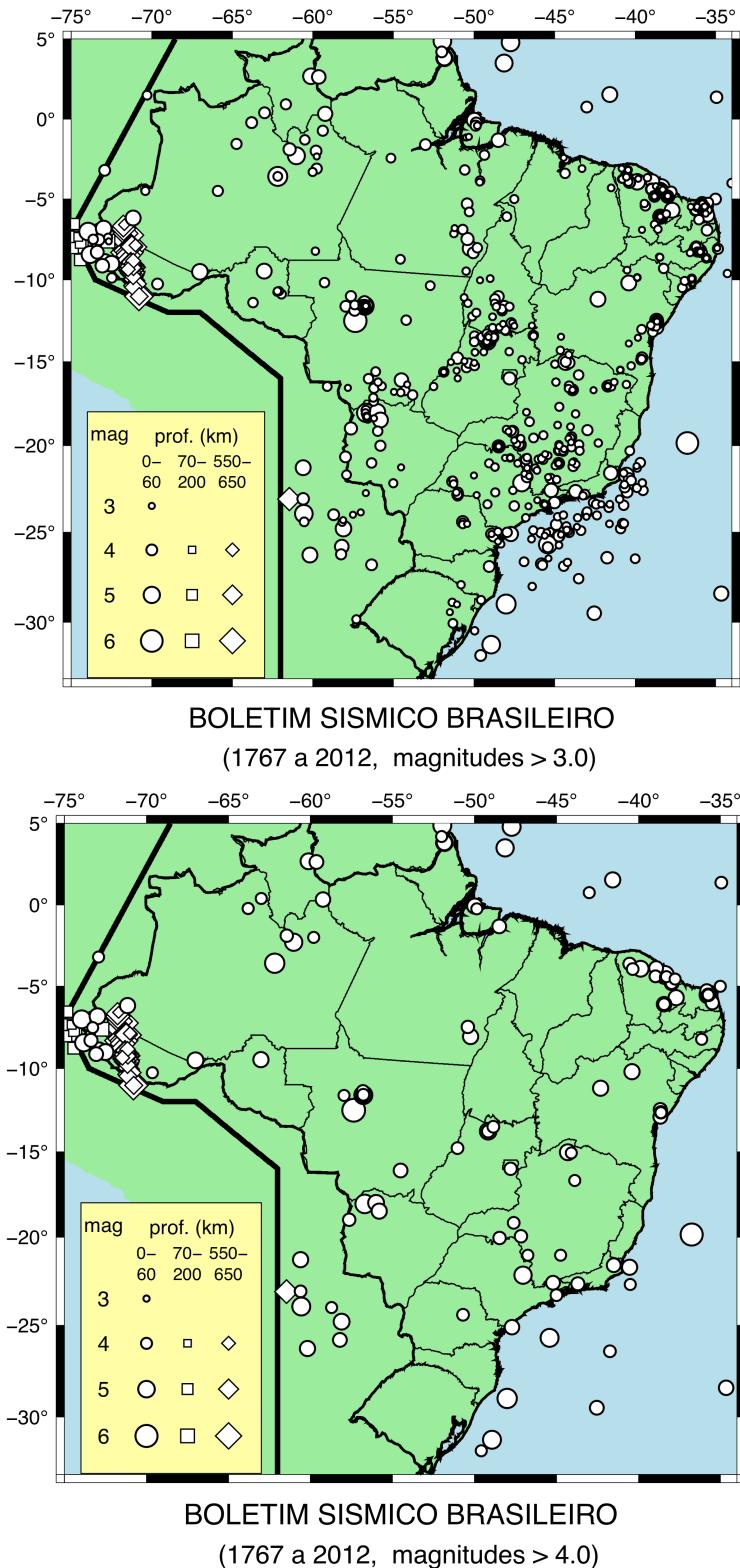


Fig. 4. Epicentros de sismos conhecidos no Brasil até dezembro/2012 com magnitudes iguais ou maiores que 3 na escala Richter (mapa superior) e magnitudes 4 ou maior (mapa inferior).

Tremores pequenos, com magnitude ~ 4 , podem ocorrer em qualquer parte do Brasil. Embora o norte de Minas não seja uma das áreas mais sísmicas do Brasil, tremores anteriores já haviam ocorrido em Tuparecê (1972 a 1974, magnitudes até ~ 3.9), em Janaúba (1977, magnitude estimada em ~ 3.7), Manga (1990, magnitude 3.1), Januária (1993, mag=3.3) e Caraíbas/Itacarambi (2007, com magnitudes de até 4.9).

Em vista da sismicidade anterior nesta parte do Brasil, pode-se dizer que a atividade sísmica em Montes Claros nos últimos anos não é um fenômeno incomum.

4. Magnitudes dos maiores tremores de 2012

A magnitude do tremor principal de 19/05/2012 foi estimada de duas maneiras. Algumas estações de outros países registraram o tremor de maio, como consta do Boletim do “International Seismological Centre” (Inglaterra). Com estas estações distantes mais de 2000 km, calcula-se a magnitude Richter m_b , resultando num valor médio de 4.1. Com as estações brasileiras, mais próximas, calcula-se a magnitude Richter m_R (regional; Assumpção, 1983) que leva em conta as características de atenuação sísmica da crosta brasileira, obtendo-se um valor médio de $m_R = 3.9$. (média das medidas em oito estações brasileiras). A Fig. 5 mostra o registro do sismo principal na estação de Patos de Minas. A magnitude m_R é medida com a máxima amplitude da onda P, neste caso a onda Pg. Pode-se adotar a média destas duas maneiras de calcular a magnitude, uma vez que são equivalentes. Ou seja, a magnitude do sismo principal foi de 4.0 na escala Richter.

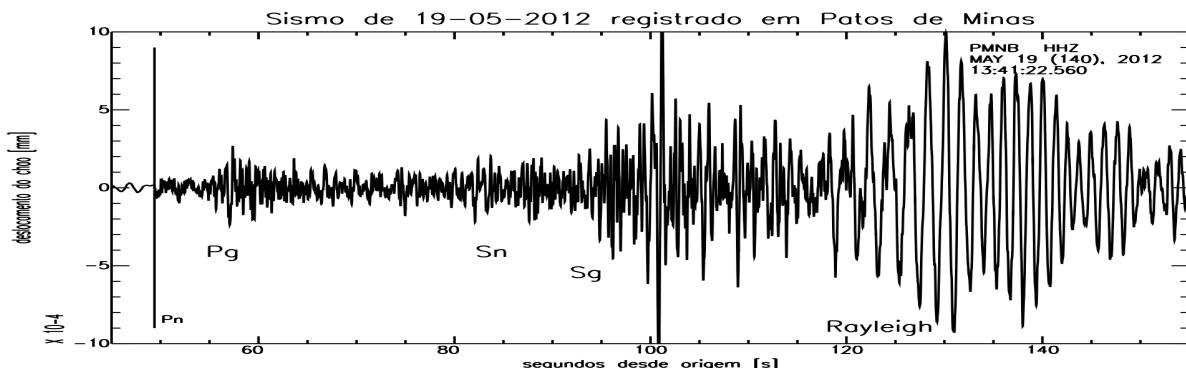


Fig. 5. Registro na estação PMNB (Patos de Minas, a 340 km de distância) do sismo de 19/05/2012. A magnitude regional é calculada com a onda Pg, neste caso. As ondas Sn e Sg são ondas transversais, e a Rayleigh são ondas superficiais.

A Tabela 1 mostra as coordenadas e magnitudes dos maiores sismos de Montes Claros.

Tabela 1. Maiores sismos sentidos em Montes Claros em 2012

Data	H.Origem (UT)	longitude	latitude	prof (km)	Magnitude
2012-05-19	13:41:22.56	-16.6955	-43.8828	1.1	4.0
2012-09-12	23:56:45.75	-16.7033	-43.8798	1.2	2.9
2012-11-15	03:03:14.7	-16.70	-43.88	-	2.3
2012-11-29	14:09:12.4	-	-	-	1.6
2012-12-19	04:54:38.57	-16.6972	-43.8783	1.8	3.6
2012-12-19	05:31:16.93	-16.7005	-43.8790	1.5	3.6
2012-12-23	06:06:43.42	-	-	-	2.7
2013-01-09	13:15:	-	-	-	~2
2013-02-08	13:57:16	-	-	-	~1

5. Determinação das profundidades e orientação da falha geológica

Para se localizar bem o epicentro e profundidade de um sismo é necessário que ele seja bem registrado por várias estações e que se conheçam as velocidades de propagação das ondas sísmicas na área circunscrita pelas estações da rede sismográfica. A Tabela A2 (Anexo) mostra o modelo de velocidades usado para a determinação epicentral. Para obtenção deste modelo de camadas, foram usadas localizações conhecidas de algumas detonações (ver Tabela A3 do Anexo). Ainda será preciso melhorar o modelo de velocidades para se obter maior precisão nas localizações, principalmente levando-se em conta variações laterais. A Fig. 6 mostra as localizações do sismo principal de 19/05 e os dois sismos fortes de 19/12 (magnitudes 3.6). Nesta mesma Fig. 6 estão também as localizações dos pequenos eventos que ocorreram logo após o tremor de 12-09-2012 (mag.=2.9). As localizações mostram que as profundidades dos sismos aumentam para leste, indicando uma falha geológica orientada aproximadamente na direção N-S com mergulho para leste.

O sismo principal de 19/05 (magnitude 4) foi registrado apenas por estações distantes (a rede local ainda não havia sido instalada). Mas sua localização precisa foi obtida usando-se o sismo de 12-09-2012 (estrela na figura 6) como referência e correlacionando-se as formas das ondas de ambos para obter grande precisão da localização relativa. O epicentro e profundidade do sismo principal estão bem consistentes com o plano de falha definido pelos sismos de setembro/2012. Estes resultados ainda poderão ser melhorados com o aprimoramento do modelo de velocidades sísmicas em Montes Claros.

As localizações dos dois sismos de 19-12-2012, ambos com magnitude 3.6, foram determinadas com apenas quatro estações da rede (MCI6, MCI7, MCI8 e MCI9) e os sismogramas foram também correlacionados com os do sismo de 12-09-2012. Neste caso os hipocentros tem uma margem de erro de +- 300 a 500m, mas ajudam a definir a orientação da falha geológica como se vê na Fig. 6.

6. Níveis de vibração do chão

A Fig. 7 mostra os registros dos dois sismos de 19/12/2012, ambos de magnitude 3.6. Estes tremores provocaram vibração do chão com “velocidade máxima de partícula” (termo técnico em geotecnica) de 0.6 cm/s na estação MCI9 a ~1.6 km de distância dos epicentros. Normalmente vibrações com velocidades menores que 1 cm/s não provocam danos sérios. É provável que os danos observados nestes tremores tenham sido causados por vibrações mais intensas, próximas ao epicentro.

Registros como os da Fig. 7 podem ser convertidos em aceleração do chão e comparados com dados de outros sismos do Brasil. Pode-se fazer uma extrapolação aproximada para o cenário de um tremor com magnitude 4.5, maior do que o sismo de 19/05/2012. A Fig. 8 mostra que, no caso de um tremor maior com magnitude 4.5, acelerações de até 15 % de g poderiam ser provocadas até quase 10 km de distância. Para este nível de aceleração (correspondendo aproximadamente a intensidade VII na escala Mercalli), poderiam ocorrer danos (trincas e rachaduras)em casas normais.

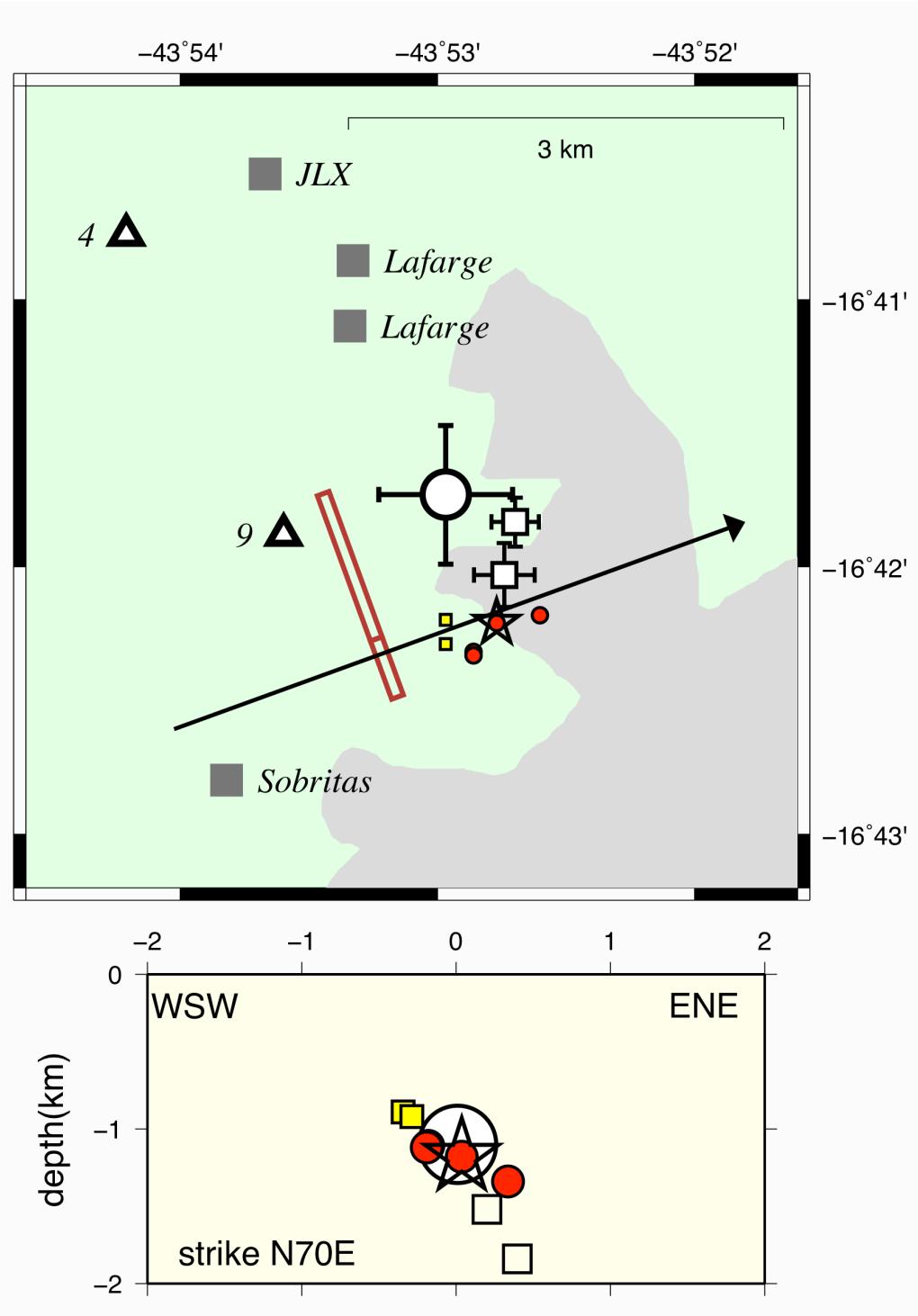


Fig. 6. Localização dos sismos principais de Montes Claros. **Acima)** mapa com epicentros: quadrados amarelos e círculos vermelhos são os eventos de Setembro/2012 (amarelos = rasos, vermelhos mais profundos que 1km). A estrela indica o epicentro do sismo de 12/09 (magnitude 2.9). Círculo branco é o sismo principal de 19/Maio, localizado usando-se como referência o sismo de 12/09. Os quadrados brancos são os dois eventos de 19/12 com magnitudes 3.6, localizados apenas com quatro estações da rede. A linha dupla marrom indica aproximadamente o local onde a falha geológica atingiria a superfície. A seta preta mostra a direção de projeção. **Abaixo)** projeção na direção WSW-ENE (escala em km) mostrando os sismos alinhados numa falha geológica mergulhando ~45° para ENE.

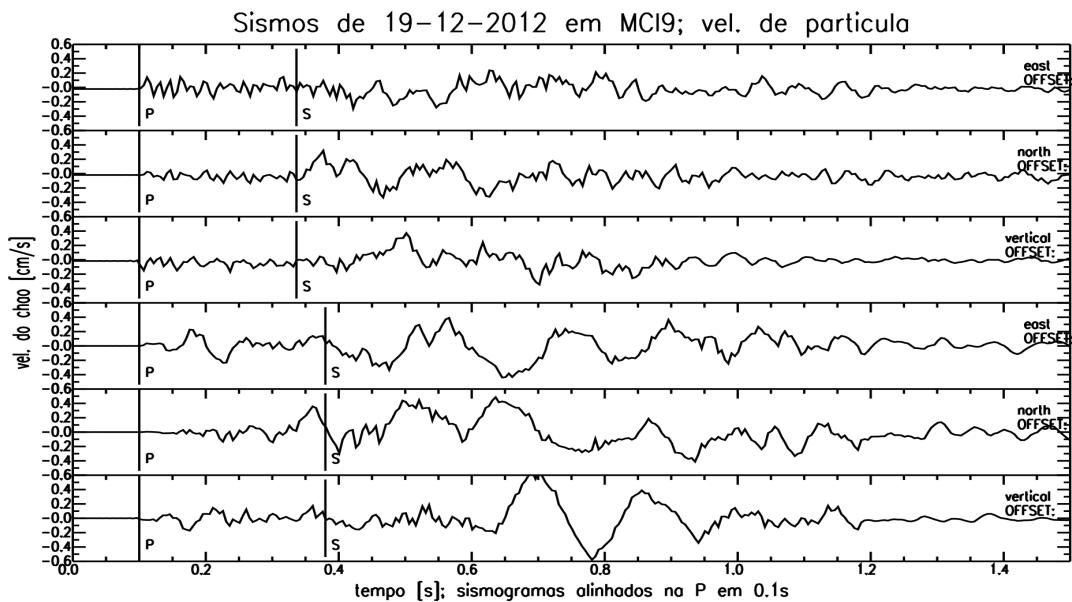


Fig. 7. Vibrações do chão na estação MCI9 a 1.6 km dos epicentros dos dois sismos de 19/12/2012, ambos com magnitude 3.6. Os três registros de cima são do sismo das 04:54 (02:54 Hora Local de Verão) e os três de baixo do sismo de 05:31 (03:31 Hora Local de Verão). A amplitude maior da vibração foi de 0.6 cm/s (limite da escala vertical).

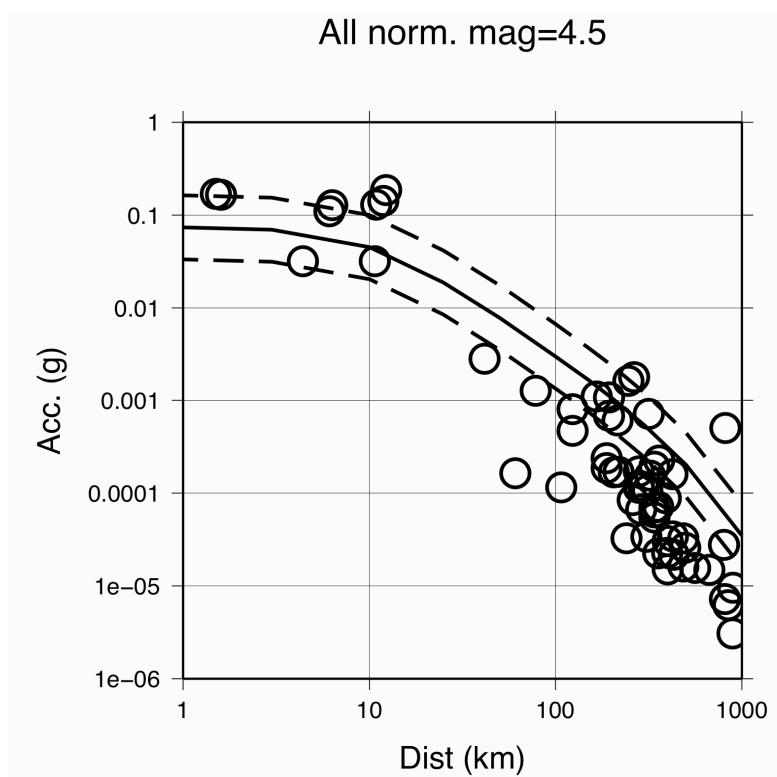


Fig. 8. Relação entre aceleração máxima no chão e distância epicentral. A curva (linha contínua e tracejada de +- 1 desvio padrão) é a relação de Toro et al.(1997). Os círculos são dados de sismos brasileiros (magnitudes entre 3 e 5) normalizados para magnitude $m=4.5$. As acelerações referem-se a locais de rocha e não incluem amplificações devido a camadas de solo.

6. Discussão e conclusões preliminares

Os tremores mais fortes de Montes Claros estão ocorrendo em uma pequena falha geológica de orientação aproximada NNW-SSE e dimensão de 1 a 2 km. Estudos preliminares (Anexo A4) mostram que a movimentação nesta falha se dá por compressão da crosta na direção aproximada E-W ou NE-SE. Este tipo de falfamento (falha inversa) é comum nesta parte do Brasil (Assumpção, 1998; Chimpliganond et al., 2010). Estas tensões geológicas compressivas são as mesmas que causaram os tremores de Manga (1990) e Caraíbas/Itacarambi (2007). Estas tensões geológicas são também compatíveis com as que causaram o sismo de Brasília de novembro/2000 (magnitude 4.2). Assim, os tremores de Montes Claros devem ser resultado de “pressões” geológicas que atuam em uma ampla região do Brasil e não é necessário que haja uma razão específica local em Montes Claros para explicá-los.

O foco dos tremores está entre 1 e 2 km de profundidade, bem abaixo da profundidade máxima esperada da camada de calcário na área de Montes Claros. Não há, portanto, nenhuma evidência de relação direta entre os tremores e a exploração nas pedreiras do município.

Embora a orientação da falha esteja relativamente bem determinada (dentro de uma margem de erro de +- 20°), há uma margem de erro da ordem de +- 500m na localização do conjunto dos tremores. As profundidades também têm incertezas desta mesma ordem. Ainda pretendemos realizar estudos mais detalhados em Montes Claros, com apoio das mineradoras, para aprimorar o modelo de velocidades e ter mais precisão na orientação da falha geológica e na posição dos focos dos tremores.

Há também um outro foco de atividade, mais fraco, próximo à pedreira Sobritas (Fig. 3) que ainda precisa de estudos mais detalhados.

7. Recomendações

Não é possível prever como a atividade sísmica vai evoluir. Não há estudos capazes de auxiliar na “previsão” de tremores. Esta dificuldade faz parte da natureza e não resulta de falta de equipamento ou insuficiência de maiores estudos geológicos, geofísicos ou sismológicos. Diante desta incerteza, só é possível comparar com as dezenas de outros casos já ocorridos no Brasil.

Uma análise estatística de todos os casos de tremores no Brasil mostra que, quando há um tremor de magnitude 4, há uma probabilidade entre 15 e 22% de que ocorra outro tremor maior durante os 12 meses seguintes ao primeiro tremor (Fig. 9a). Neste poucos casos em que tremores maiores voltam a ocorrer, a maior parte ocorre nas primeiras semanas e a chance de ocorrência cai exponencialmente com o tempo (Fig. 9b). Considerando que o tremor maior de Montes Claros ocorreu 10 meses atrás, pode-se estimar a chance de ocorrência de um tremor mais forte como sendo perto de 1%. Deve-se lembrar que este é o comportamento médio observado na sismicidade do Brasil. Cada caso é particular e pode não seguir este padrão médio.

Mesmo com pequena possibilidade de ocorrência de um outro tremor maior, as vibrações no solo poderiam atingir acelerações de até 15% de g, como mostrado na Fig. 7. Por este motivo, recomenda-se que as casas frágeis (afetadas pelo tremor de 19/05) sejam reforçadas, assim como outras construções críticas próximas à área epicentral, como escolas e hospitais. Telhados com telhas apenas assentadas mas não presas, em casas sem forro, são especialmente vulneráveis. Um estudo envolvendo as comunidades técnicas (engenharia civil e defesa civil) e científica (sismólogos e geólogos) seria desejável.

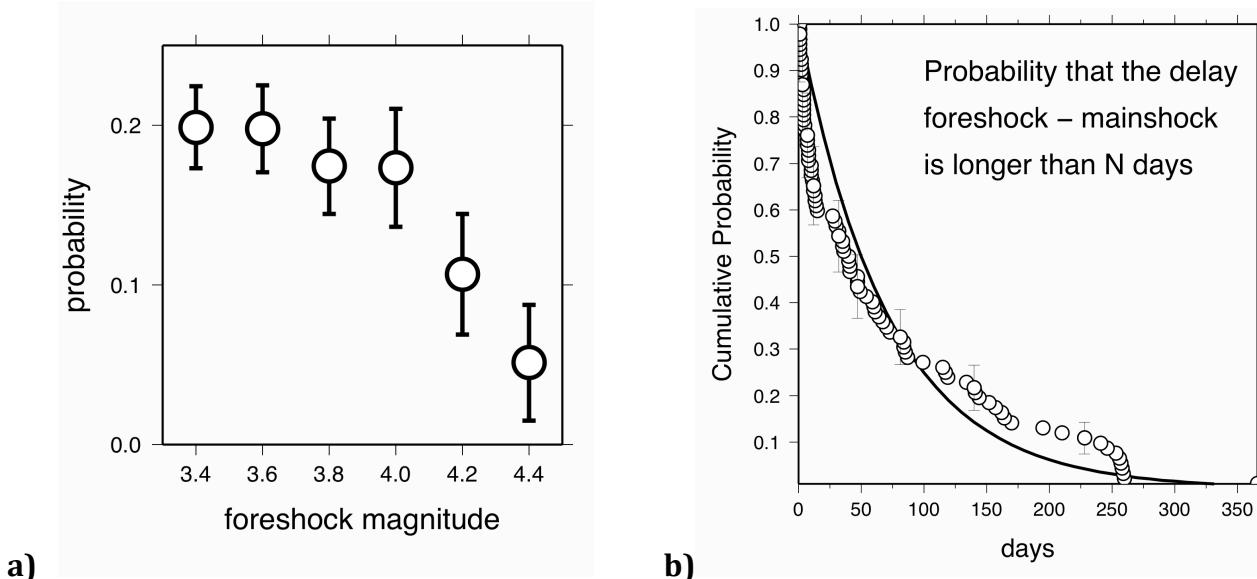


Fig. 9. Estatística de todos os outros casos de sismicidade já ocorridos no Brasil com tremores maiores que se seguiram a um tremor inicial (“precursor”).

- Porcentagem dos tremores, de acordo com a magnitude, que foram seguidos de tremores maiores nos 12 meses seguintes. No caso do tremor de Montes Claros de 19/05/2012 com magnitude =4.0, pode-se dizer que a chance de ocorrer outro maior nos 12 meses seguintes está entre 15 e 22 % (probabilidade entre 0.10 e 0.22).
- Tempo de ocorrência do sismo maior, depois do sismo “precursor”. Círculos = dados de sismos brasileiros; linha contínua - ajuste com modelo exponencial. Caso ocorra um tremor maior, a probabilidade diminui rapidamente com o tempo. Apenas 5 % dos tremores maiores ocorrem depois de 9 ou 10 meses do sismo inicial.

Referências

- Assumpção, M., 1983. A regional magnitude scale for Brazil. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 73, 237-246.
- Assumpção, M., 1998. Focal mechanisms of small earthquakes in SE Brazilian shield: a test of stress models of the South American plate. *Geophys. J. Int.*, 133, 490-498.
- Berrocal, J., M. Assumpção, R. Antezana, C.M. Dias Neto, R. Ortega, H. França & J. Veloso, 1984. Sismicidade do Brasil. *IAG-USP/CNEN*, São Paulo, 320 pp.
- Chimpliganond, C., M. Assumpção, M. von Huelsen & G.S. França, 2010. The intracratonic Caraíbas-Itacarambi earthquake of December 09, 2007 (4.9 mb), Minas Gerais State, Brazil. *Tectonophysics*, 480, 48-56.
- Toro, G. R., Abrahamson, N. A. & Schneider, J. F., 1997. Model of strong ground motions from earthquakes in Central and Eastern North America: best estimates and uncertainties. *Seismological Research Letters*, vol. 68(1), 41-57.

Anexos

Tabela A1. Estações da Rede Sismográfica de Montes Claros

Nome	Latitude	Longitude	elev(m)	Univ.	Equipamento
MC01	-16.7075	-43.9417	740	UnB	Guralp CMG40T/DM24EAM
MC02	-16.7610	-43.9123	840	UnB	Guralp CMG40T/DM24EAM
MC03	-16.6390	-43.8815	798	UnB	Guralp CMG6TD
MC04	-16.6793	-43.9035	685	UnB	Guralp CMG6TD
MC05	-16.7552	-44.0105	871	*	UnB Guralp CMG6TD
MC06	-16.6535	-43.8887	682	*	UnB Guralp CMG6TD
MCI6	-16.8070	-43.8933	736	USP	Nanometrics Trillium/Taurus
MCI7	-16.7785	-43.8213	714	+	Nanometrics Trillium/Taurus
MCI8	-16.6597	-43.9203	696	USP	Nanometrics Trillium/Taurus
MCI9	-16.6980	-43.8933	670	USP	Nanometrics Trillium/Taurus

* MC05 transferida para MC06 em final de julho/2012.

+ Desativada em 24/02/2013 às 06:00 hora local (equipamento roubado!).

Tabela A2. Modelo usado para localização hipocentral. Relação Vp/Vs = 1.68, obtida com diagrama de Wadati com 142 eventos (detonações e naturais).

Vp(km/s)	topo da camada (km)	Observação
4.40	0.00	Baseada em Chimpliganond et al.(2011)
5.50	0.10	"
5.75	0.50	Vp obtida pelo melhor ajuste às pedreiras

Tabela A3. Resultado do teste de localização das pedreiras

erro(km)	lat($^{\circ}$)	long($^{\circ}$)	Pedreira	data-hora	Observação
0.078	-16.68510	-43.88868	Lafarge	30/05 15:00	coord. fornecida
0.190	-16.7133	-43.8970	Sobrita	11/06 19:02	coord. fornecida
0.313	-16.7133	-43.8970	Sobrita	18/06 14:01	coord. google
0.300	-16.6564	-43.8910	Cros	03/08 19:42	coord. Google

"erro(km)" entre a determinação epicentral com o modelo da Tabela A1 e a posição da detonação. A coordenada da detonação da Lafarge de 30/05 foi fornecida pela empresa. A coordenada da Sobritas foi fornecida pela empresa mas é um valor médio geral. As coordenadas da Cros foram estimadas no ponto médio da bancada vista na imagem do Google-maps.

Anexo A4 – Mecanismo de Falhamento (preliminar)

Dados de polaridade das ondas P:

station	Io	Azim	Pol	Comentários
pmnb	-47.	233.	-	338 km 19.05.2012 Montes Claros
sjmb	-47.	128.	+	364 km
bsfb	-47.	128.	+	401 km
bdfb	-47.	284.	-	455 km eP- duvidoso!!
janb	-62.	346.	C	186 km 12/09/2012, 19/12/2012a,b
MC01	-98.	266.	D	medidas com a série de Setembro
MC02	-98.	209.	D	"
MC03	-98.	358.	D	"
MC04	-106.	316.	C	"
MC04	-106.	316.	-	"
MC05	-98.	249.	D	"
MC06	-100.	350.	-	"
MCI6	-93.	187.	D	2012.09.12
MCI7	-94.	143.	C	2012.09.12
MCI8	-96.	318.	C	2012.09.12
MCI9	-122.	292.	D	2012.09.12
MCI6	-97.	187.	D	2012.12.19a
MCI7	-98.	146.	C	2012.12.19a
MCI8	-105.	313.	C	2012.12.19a
MCI9	-122.	267.	D	2012.12.19a
MCI6	-96.	187.	D	2012.12.19b
MCI7	-96.	145.	C	2012.12.19b
MCI8	-101.	316.	C	2012.12.19b
MCI9	-133.	280.	D	2012.12.19b

Io = ângulo de saída do foco

Azim= azimute da estação medida no epicentro

Pol= polaridade do primeiro movimento da P:

C_+ = movimento da onda para frente (chão sobe)

D,- = movimento da onda para trás (chão desce)

STRIKE	DIP	SLIP
346	52	125
117	50	54

Vp = 6.00

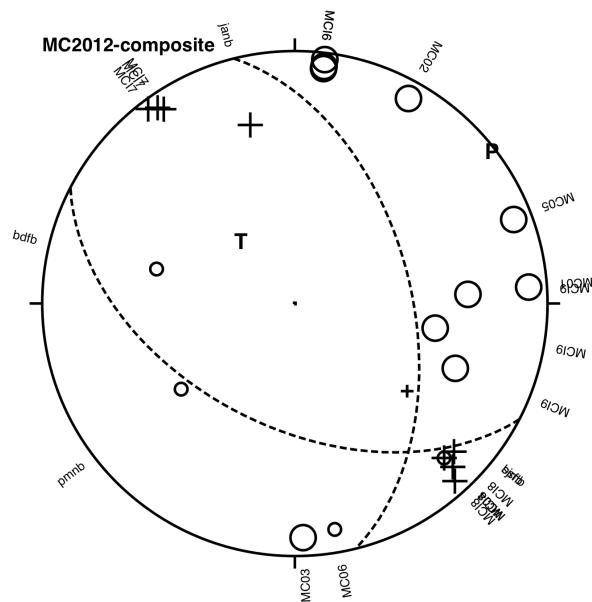


Fig. A1. Projeção estereográfica dos primeiros movimentos da onda P: (+) = movimento para frente; (0) = movimento para trás. O plano de direção NNW-ESE (Azimute = 346) e mergulho para ESE é o plano da falha e é consistente com a orientação do plano definido pelos hipocentros (Fig. 5). Eixos P e T são as direções da Pressão e Tracção liberadas pelos sismos.

Equipe participante deste estudo de Montes Claros

UnB:

Diogo Farrapo : instalação de estações, processamento e análise de sismogramas.

Prof. George Sand França: acompanhamento dos trabalhos e análise preliminar.

Marcelo Fernandes Moreira: instalação de estações e coleta de dados.

Profa. Mônica Huelsen: coordenação inicial dos trabalhos em Montes Claros.

Francimilton Salustiano da Silva: instalação de estações.

USP

José Roberto Barbosa: determinação de magnitudes regionais

Leandro do Nascimento: instalação de estações

Luis Galhardo Filho: instalação de estações e coleta de dados

Prof. Marcelo Assumpção: coleta de dados, análise de sismogramas e interpretação.

Agradecimentos

Os trabalhos de campo iniciais foram feitos com inestimável apoio da Prefeitura de Montes Claros e da Defesa Civil do município. As empresas mineradoras forneceram todos os dados solicitados sobre suas detonações. Agradecemos especialmente aos donos dos terrenos que permitiram instalação das nossas estações e ao pessoal da Unimontes pelo apoio aos trabalhos de campo.

São Paulo, 11 de março de 2011
(dois anos do acidente de Fukushima...)