

a arte da conservação técnicas e métodos de conservação em arte rupestre

O objectivo do presente volume é o de apresentar e avaliar as experiências de conservação levadas a cabo nos últimos dois anos no Vale do Côa, bem como as soluções propostas pelas empresas de conservação de pedra que participaram neste projecto para mitigar as dinâmicas erosivas em acção nos afloramentos com arte rupestre. Inclui pareceres de peritos internacionais em conservação de arte rupestre, e levanta questões sobre as várias intervenções propostas. Integra ainda as conclusões mais relevantes de um projecto de monitorização sísmica do território do Parque Arqueológico do Vale do Côa.

02

**a arte da
conservação**
técnicas e métodos
de conservação em
arte rupestre

**III congresso
de arqueologia**
trás-os-montes,
alto douro
e beira interior

actas das sessões

entidades organizadoras do congresso:



Centro Nacional de Arte Rupestre



Parque
Arqueológico
Vale do Côa

entidades financiadoras da edição:



COMISSÃO DE
COORDENAÇÃO DA
REGIÃO CENTRO



PROGRAMA
OPERACIONAL
DA REGIÃO CENTRO



Governo da
República Portuguesa



UNIÃO EUROPEIA
Fundo Europeu de
Desenvolvimento Regional



02

**a arte da
conservação**
técnicas e métodos
de conservação em
arte rupestre

**III congresso
de arqueologia**
trás-os-montes,
alto douro
e beira interior

actas das sessões

índice

- 4 **prefácio**
Emílio António Pessoa Mesquita
- 5 **introdução**
António Pedro Batarda Fernandes
- 12 acta 1
Monitorização Sísmica do Território do Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)
Idalina Veludo, Luís Matias e Paula Teves Costa
- 29 acta 2
Conservação das rochas com gravuras do Vale do Côa: intervenção piloto, núcleo da Canada do Inferno
Luís Machado
- 43 acta 3
Estudo prévio de conservação das rochas gravadas no núcleo de arte rupestre da Penascosa - Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)
Fátima de Llera, Marco Marques, Madalena Rodrigues e Carlos Catita
- 81 acta 4
Projecto de experimentação prévia para a conservação de uma rocha gravada e de uma rocha-tipo, do núcleo da Ribeira de Piscos, no Parque Arqueológico do Vale do Côa
Marta Raposo e Nuno Proença
- 103 acta 5
Limites estéticos e éticos na intervenção de conservação de superfícies de arte rupestre do Vale do Côa
António Pedro Batarda Fernandes
- 114 acta 6
Problemas e estratégias de conservação das rochas gravadas e apreciação das intervenções-piloto no Parque Arqueológico do Vale do Côa
J. Delgado Rodrigues
- 124 acta 7
Comments on treatment proposals for rock art at Foz Côa
Valerie Magar
- 130 acta 8
Propuestas de conservación directa en Foz Côa: una valoración
Fernando Carrera Ramírez
- 138 acta 9
Préservation et conservation de l'Art Rupestre dans la Vallée du Côa (Portugal): rapport d'une visite de terrain dans trois sites expérimentaux
François Soleilhavoup

ficha técnica

Editor

Associação Cultural Desportiva e Recreativa de Freixo de Numão

Título

Actas do III.º Congresso de Arqueologia de Trás-os-Montes, Alto Douro e Beira Interior

Coordenação do Congresso

Alexandra Cerveira Lima, António Martinho Baptista, António Sá Coixão

Coordenação Editorial das Actas

Alexandra Cerveira Lima, André Tomás Santos, António Martinho Baptista, António Sá Coixão, Luís Luís

Coordenação Científica da Sessão

António Pedro Batarda Fernandes e Rosa Jardim

Coordenação da Publicação

António Pedro Batarda Fernandes

Autores

António Pedro Batarda Fernandes, Carlos Catita, Emilio António Pessoa Mesquita, Fátima de Llera, Fernando Carrera Ramirez, François Soleilhavoup, Idalina Veludo, J. Delgado Rodrigues, Luís Machado, Luís Matias, Madalena Rodrigues, Marco Marques, Marta Raposo, Nuno Proença, Paula Teves Costa, Valerie Magar

Gestão Editorial

Setepés.Arte

Revisão de Textos

António Pedro Batarda Fernandes

Design

Gina Ferreira

Pré-Impressão, Impressão e Acabamentos

???

1ª Edição, 2008. Porto

ISBN: 978-972-99799-3-4

Depósito Legal

Tiragem

1000 Exemplares

acta 1

Monitorização Sísmica do Território do Parque Arqueológico do Vale do Côa (PAVC)

Idalina Veludo

(Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa; idalina_veludo@yahoo.com.br)

Luis Matias

(Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, DF-Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; lmatias@fc.ul.pt)

Paula Teves Costa

(Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa, DF-Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa; ptcosta@fc.ul.pt)

Introdução

O complexo Paleolítico de Arte Rupestre do Vale do Côa apresenta uma distribuição de gravuras por diversos locais ao longo de quase 20 Km. A exposição preferencial das gravuras e a associação dos animais gravados com o rio sugere uma veneração do curso de água levando-nos a crer que estamos perante um santuário ao ar livre. A importância do Côa excede o âmbito nacional: poucos sítios de arte rupestre do Paleolítico Superior ao ar livre foram identificados até hoje no mundo inteiro, um dos quais também em Portugal – Mazouco, a cerca de 25 Km. do Vale do Côa. (Zilhão, 1999)

Este conjunto artístico é limitado, a Oeste, por um grande e complexo acidente tectónico com uma extensão de mais de 200 Kms., a Falha Manteigas – Vilariza – Bragança (M-V-B) de orientação SSW-NNE. A avaliar pela deformação de sedimentos relativamente recentes e pela ocorrência de episódios sísmicos, quer instrumentais quer históricos, o movimento dos blocos desta Falha continua até aos nossos dias. (Cabral, 1985; Cabral, 1995).

Junto do Núcleo de Arte Rupestre da Canada do Inferno encontram-se as Pedreiras do Poio. A distância entre estes dois locais é aproximadamente de 500 m. Como tal, o Núcleo é uma zona sensível às vibrações causadas pelas explosões que se verificam nas Pedreiras.

Com o objectivo de monitorizar a actividade sísmica no território do PAVC em geral, e na Canada do Inferno em particular, o Centro de Geofísica da Universidade de Lisboa instalou neste local, em parceria com o Parque, um sistema de aquisição sísmica constituído por i) uma estação sísmica (modelo HATHOR-LEAS), ii) um sensor de 2 hz e três componentes (Vertical, Este-Oeste e Norte-Sul) e iii) 2 baterias e 1 painel solar para fornecimento autónomo de energia. Este sistema registou dados em modo contínuo durante um período de 2 anos.

A monitorização sísmica em modo contínuo implica a gestão duma grande quantidade de informação. A detecção de eventos sísmicos num registo em modo contínuo é feita quer visualizando todo o registo, quer com recurso a programas automáticos de detecção que dependem de parâmetros que devem ser ajustados consoante as características do sinal que se pretende detectar. Recorrendo à componente de informação vertical do sinal contínuo é possível criar espectogramas diários que rapidamente identificam e localizam no tempo os sinais sísmicos fornecendo ainda dados sobre a sua amplitude, frequência e duração. Assim, torna-se possível extrair rápida e facilmente apenas os sinais pertinentes. Em consequência, e utilizando o software SEISAN 8.0 (Havskov e Ottemoller, 2003), é possível seleccionar e visualizar apenas os intervalos de tempo que contêm os sinais a analisar que serão automaticamente registados nas bases de dados. Este foi o método utilizado na monitorização sísmica do território do PAVC.

2. Análise

Detectaram-se 6 grupos principais de sinais como ilustrado na Fig. 4:

1. Sinal curto e impulsivo;
2. Sinal longo, imerso e de baixa amplitude;
- 3a). Anomalias verticais;
4. Sismo regional (Al-Hoceima. Marrocos, 24/02/2004);
5. Réplicas do sismo de Al-Hoceima;
6. Sismo local (epicentro a NE de Vila Flor e sentido em Foz Côa)

2.1 Sinais breves e impulsivos

De todos os sinais detectados, estes são aqueles que apresentam a maior amplitude sendo a sua duração de apenas 1 a 2 segundos. Têm características impulsivas, compressivas e são praticamente coincidentes com o exacto momento em que se verifica uma explosão nas Pedreiras. Uma explosão provoca um primeiro movimento que é compressivo em todas as direcções o que contrasta com um evento natural em que os primeiros movimentos são de diferente amplitude e polaridade dependendo da direcção fonte - observadores.

Estes sinais são pois os melhores candidatos do registo duma explosão. Esta suposição é corroborada se examinarmos a sua distribuição diária e semanal.

Do mesmo modo, a distribuição epicentral destes sinais praticamente coincide com a área de laboração das Pedreiras.

Para avaliar a influência das vibrações causadas pelas explosões nas Pedreiras recorreu-se à Norma NP-2074 – 1997 da Comissão Técnica Portuguesa de Normalização Acústica. Esta Norma foi criada com o objectivo de avaliar as vibrações provocadas por explosões, não em estruturas ‘naturais’ (para as quais não existe referência), mas em edifícios (monumentos, de habitação, indústria ou serviços) considerando ainda a natureza do solo e a frequência dos fenómenos vibratórios. O valor referência (2,5 mm/s) utilizado na análise dos dados sísmicos recolhidos corresponde ao limite mínimo de todos os valores mencionados pela Norma. Este valor corresponde ao limite máximo de velocidade de vibração no solo permitida para monumentos históricos em solos brandos. Ainda de acordo com esta Norma, verificando-se mais do que três explosões diárias, um factor de 0,70 terá de ser aplicado e o este valor máximo decresce 30% para 1,75 mm/s.

Date	Time (UTC)*	Maximum velocity (mm/s)
<i>Minimum value of Norma</i>	NP-2074 – 1997	1.75 mm/s
07/10/2003	14:45	0,048
16/11/2003	13:16	0,371
15/12/2003	08:39	0,133
17/01/2004	08:47	0,111
04/02/2004	09:25	0,086
05/03/2004	15:49	0,136
05/04/2004	09:06	0,216
20/05/2004	10:34	0,238
25/06/2004	14:01	0,162
22/07/2004	12:48	0,190
13/08/2004	09:11	0,026
27/09/2004	09:57	0,014
2004/10/06	09:21	0,084
No data due to Hard Disk damage	No data due to Hard Disk damage	No data due to Hard Disk damage
2004/12/06	16:32	0,202
2005/01/06	10:26	0,162
2005/02/16	16:02	0,091
2005/03/28	12:43	0,129
2005/04/07	10:51	0,132
2005/05/21	15:04	0,106
2005/06/02	09:01	0,114
2005/07/16	08:48	0,401
2005/08/01	09:43	0,217
2005/09/27	10:05	0,295
2005/10/21	15:40	0,305
2005/11/29	16:02	0,154
2005/12/12	16:34	0,148

tabela 1 Valores diários e mensais máximos de velocidade da vibração verificados na estação de Foz Côa para os sinais impulsivos, curtos.

Como se verifica, os valores nunca excedem os 1,75 mm/s, não sendo considerados, com reserva, prejudiciais para a rocha suporte das gravuras rupestres.

2.2 Sinais longos e emersos.

Estes sinais apresentam-se como emersos, duram 20 a 30 segundos e têm baixos valores de amplitude e velocidade de vibração. Apresentam uma distribuição diária e semanal semelhante à dos sinais impulsivos e têm origem provável no arremesso dos materiais não utilizáveis das Pedreiras pelas encostas que rodeiam quer estas explorações quer o Núcleo da Arte Rupestre da Canada do Inferno.

Date	Time (UTC)*	Maximum velocity (mm/s)
<i>Minimum value of Norma</i>	NP-2074 – 1997	1.75 mm/s
23/10/2003	07:32	0,013
04/11/2003	10:39	0,010
18/12/2003	13:10	0,010
12/01/2004	13:18	0,018
23/02/2004	13:23	0,015
25/03/2004	11:11	0,015
23/04/2004	15:46	0,020
14/05/2004	15:11	0,013
02/06/2004	10:07	0,010
02/07/2004	09:21	0,015
25/08/2004	07:41	0,011
14/09/2004	14:5	0,009
08/10/2004	14:13	0,011
	Dados não disponíveis	Dados não disponíveis
2004/12/15	08:02	0,025
2005/01/11	09:07	0,017
2005/02/28	16:03	0,010
2005/03/03	11:25	0,010
2005/04/30	08:22	0,013
2005/05/04	12:43	0,019
2005/06/27	07:54	0,033
2005/07/28	07:54	0,022
2005/08/12	08:16	0,033
2005/09/06	14:48	0,067
2005/10/03	14:44	0,043
2005/11/25	14:57	0,055
2005/12/16	13:43	0,050

tabela 2 Valores diários e mensais máximos de velocidade da vibração verificados na estação de Foz Côa para os sinais longos de baixa amplitude.

Como se verifica, os valores nunca excedem os 1,75 mm/s, não sendo considerados prejudiciais para a rocha suporte das gravuras rupestres.

2.3

O registo apresenta também sinais considerados como anómalos. Estes sinais surgem como picos isolados com uma larga escala de amplitudes (de 20 até 76000 unidades de contagem) podendo ser separados em 3 diferentes tipos de acordo com a sua periodicidade:

Anomalia 1 – anomalia que aparece aleatoriamente na componente vertical com valores variáveis de amplitude e picos de duração 2 – 3 segundos. Sendo aleatória, a sua causa não foi ainda identificada.

Anomalia 2 – anomalia diária que surge aproximadamente às 07:00 (UTC) e em todas as componentes (vertical, N-S e E-W). Possui um baixo valor de amplitude e uma duração de cerca de 2 horas.

A suposição de que esta anomalia poderá estar relacionada com o fornecimento de energia à estação, nomeadamente com o nascer do sol, parece razoável se analisarmos o próximo gráfico.

Anomalia 3 – anomalia diária constituída por um único par de picos com cerca de 2 minutos de diferença entre si, simultâneos em todas as três componentes e presumivelmente também relacionados com o fornecimento de energia à estação.

Estas anomalias não alteram significativamente a qualidade da informação recolhida pela estação sísmica.

2.4. Sismicidade

Sempre que ocorria um evento sísmico, dados provenientes das estações sísmicas do Instituto de Meteorologia (IM)¹ e/ou do Instituto Geográfico Nacional (IGN, Espanha)² foram integrados com aqueles fornecidos pela estação de Foz Côa com o objectivo de melhorar a qualidade e precisão do cálculo dos hipocentros.

De forma a caracterizar a actividade sísmica na região do Baixo Côa, foi necessário delimitar uma área considerada como estando sob influência do sistema de falhas M-V-B, representada pelo polígono negro na Figura 14. Complementarmente foram utilizados os catálogos sísmicos do International Seismological Center (ISC)³ e do IGN para o período de 1964 a 2005, uma vez que o período monitorizado é demasiado curto em termos geológicos apenas tendo sido detectados 44 eventos. A análise dos catálogos elevou para 194 o número de eventos usados na caracterização sísmica. Os respectivos epicentros encontram-se distribuídos de uma forma difusa, o que torna a sua associação com uma falha específica nem sempre inquestionável.

Os dados foram então filtrados, usando o algoritmo Gardner&Knopoff (1974), de modo a por de lado as réplicas e sismos precursoros. Este algoritmo associa, a cada valor de magnitude, um intervalo no espaço e no tempo, que define eventos como réplicas ou sismos precursoros consoante ocorrem antes ou depois do abalo principal (de maior magnitude).

Deste modo foi possível identificar 38 precursoros, 43 réplicas e 113 eventos principais. A partir destes eventos principais detectados foi possível calcular os parâmetros Gutenberg Richter. Assim, o número de abalos sísmicos por 'período de tempo' de magnitude igual ou superior a M, N(M), pode ser calculado considerando os 113 eventos principais e os valores de magnitude (ML) entre 1.3 e 2.9 (magnitude máxima presente no catálogos). O valor resultante,

¹ www.meteo.pt

² www.ign.es

³ www.isc.ac.uk

⁴ “Forte. Dificil de aguentar. Notada por condutores e veículos automóveis. Objectos suspensos balouçam. Mobília parte-se. Chaminés frágeis desmoronam. Queda de estuque e de pedras, tijolos, azulejos e cornijas soltas. Ondulação em tanques e lagos. Toque de sinos grandes.”

o parâmetro b (proporção relativa entre eventos de grande e pequena magnitude no universo considerado), é para o Vale do Côa de 1.03, característico de um ambiente continental, onde a capacidade de acumulação de stress sísmico não é elevada. Este valor está em concordância com os cálculos realizados pelo IGN (1992) para toda a Península Ibérica como se pode deprender da análise da Fig. 16.

Podemos também olhar para a escala Mercalli de máximas intensidades para Portugal (Fig. 17) onde, para o Vale do Côa, é atribuída um valor de VI⁴.

3. Conclusão

Da monitorização levada a cabo, conclui-se que a actividade tectónica na zona da Vilarça é moderada (0,5 a 0,6 mm/ano) o que é também confirmado pelos registos de sismicidade histórica e instrumental. Contudo, descrições históricas de eventos com epicentro junto de Torre de Moncorvo (5 Km a Este da zona da Vilarça) são conhecidas para 1751 (Intensidade Mercalli VI – VII), 1752 (IV – V) e 1858 (VII). Conhecem-se também no registo instrumental eventos sucedidos perto da Vilarça, nomeadamente em 1918 (magnitude local de 5,7), 1945 e 1949 (ambos com magnitude local de 3,6). Para todos estes eventos a profundidade focal é desconhecida. (Moreira, 1984)

Os sinais impulsivos curtos são aqueles que apresentam uma amplitude mais elevada. Têm uma distribuição temporal que denota serem de origem antropogénica, tendo como causa provável as explosões nas Pedreiras do Poio. Os valores de velocidade de vibração nunca excedem os 1,17 mm/s. Como tal considera-se, com reserva, que não fazem perigar a rocha de suporte das gravuras rupestres. No caso dos sinais longos de amplitude baixa, com origem provável também nas Pedreiras (no transporte dos desperdícios de exploração), o que foi dito na frase anterior é igualmente aplicável.

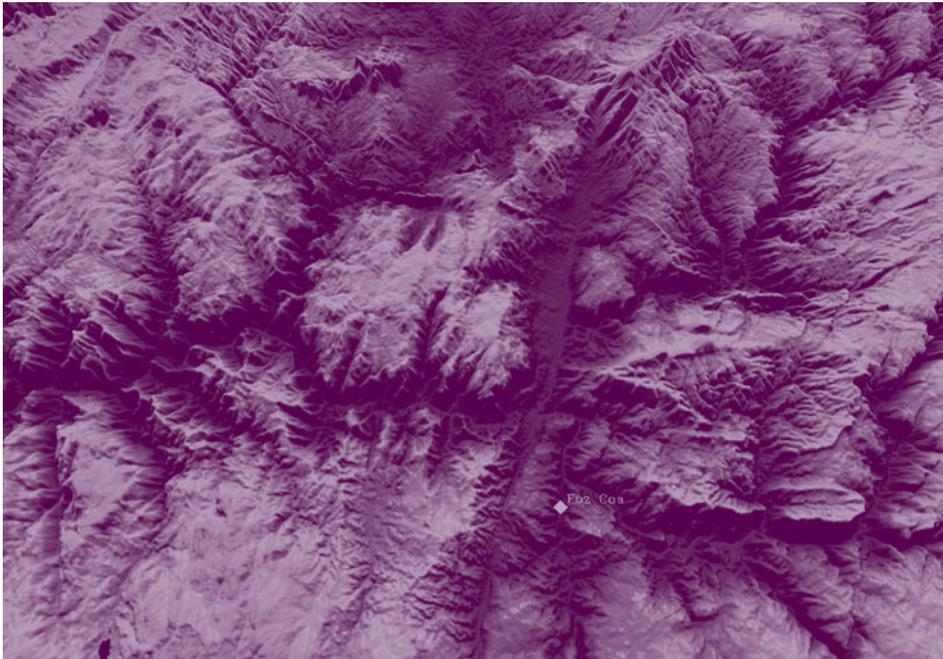
A região em estudo considera-se como sísmicamente activa. De facto, a instalação da estação sísmica na Canada do Inferno, contribuiu para aumentar o número de eventos sísmicos detectados na zona. A não existência de Normas para avaliar a influência das vibrações (de origem natural ou humana) em monumentos como os Núcleos de Arte Rupestre do Vale do Côa levou-nos a utilizar a Norma NP-2074 – 1997 que tem como objectivo a protecção do edificado, não a de ambientes naturais ou superfícies rochosas como aquelas que suportam as gravuras. Assim, a realização de um estudo de avaliação de risco sísmico, similar aos que se executam para barragens, depósitos de gás ou centrais nucleares, é recomendado para o território do PAVC.

agradecimentos

Ao Prof. Dr. João Cabral do Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, pela disponibilidade em discutir o ambiente geotectónico da região do Vale do Côa.

Ao Instituto de Meteorologia, em particular à Eng. Dina Vales, pela disponibilização dos dados da rede sísmica do IM.

Ao Parque Arqueológico do Vale do Côa, em particular ao Dr. António Batarda e aos vigilantes do Parque, pela manutenção da estação sísmica e por todo o apoio e informação disponibilizada.



figuras

fig. 1 Topografia, verticalmente exagerada, da região do troço final do Côa com indicação da localização da estação sísmica instalada próximo da Falha da Vilarça.



fig. 2 Distância entre o Núcleo da Canada do Inferno e as Pedreiras do Poio. Coordenadas UTM, ponto central: 9° W.



fig. 3 O sistema de aquisição

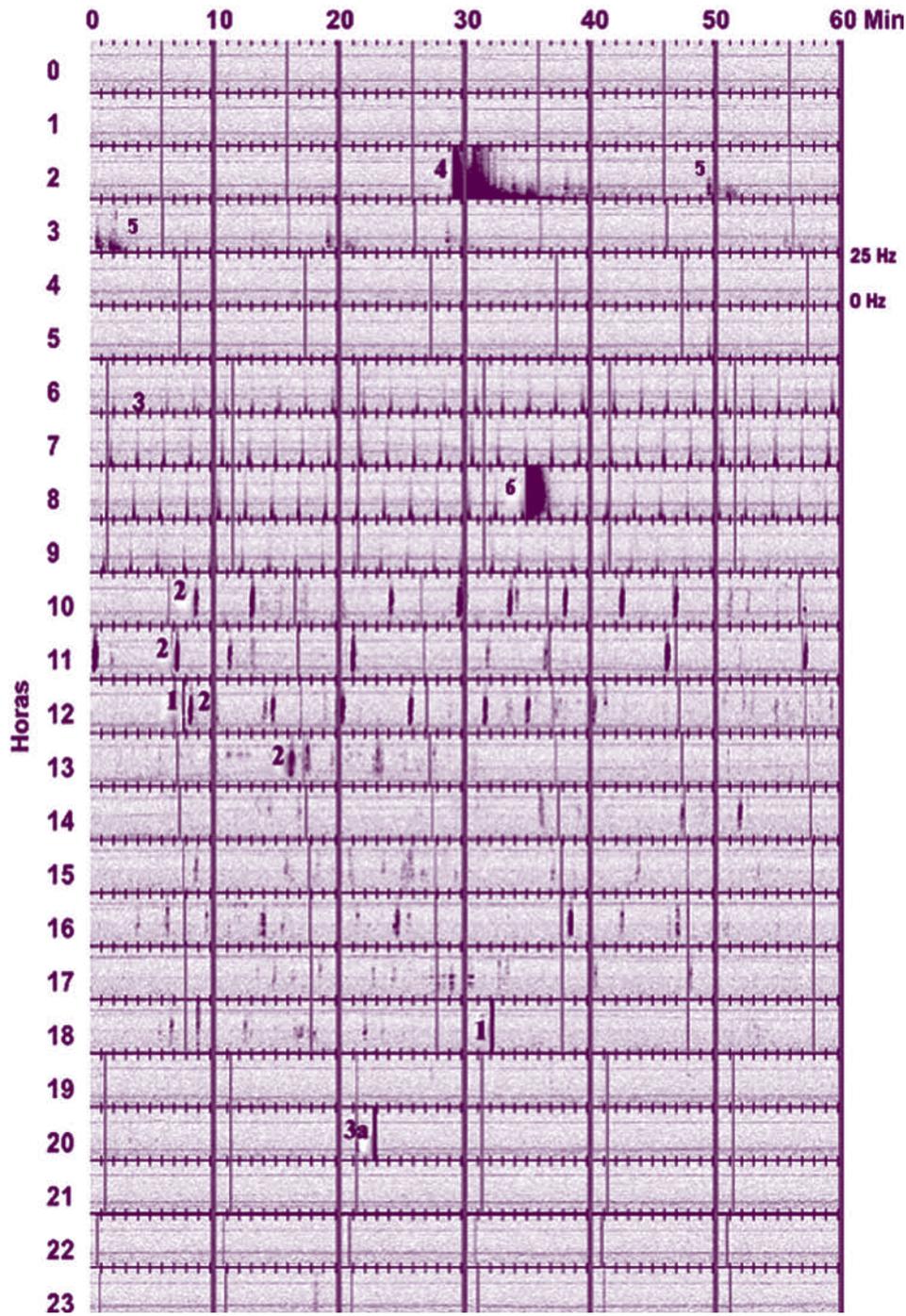


fig. 4 Espectrograma virtual diário, criado para exemplificar numa só imagem os 6 tipos de sinais detectados. Eixo horizontal: hora. Eixo vertical: frequência (0 aos 25 HZ). Escala de cinzentos: amplitude.

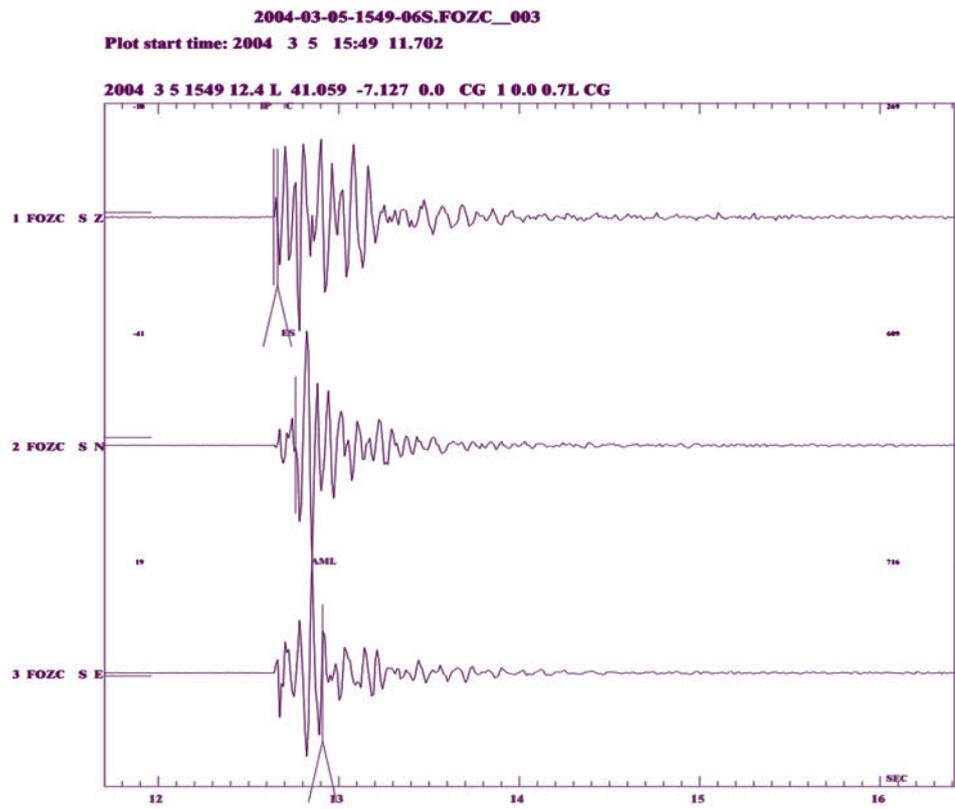


fig. 5 Sismograma de um sinal curto e impulsivo.

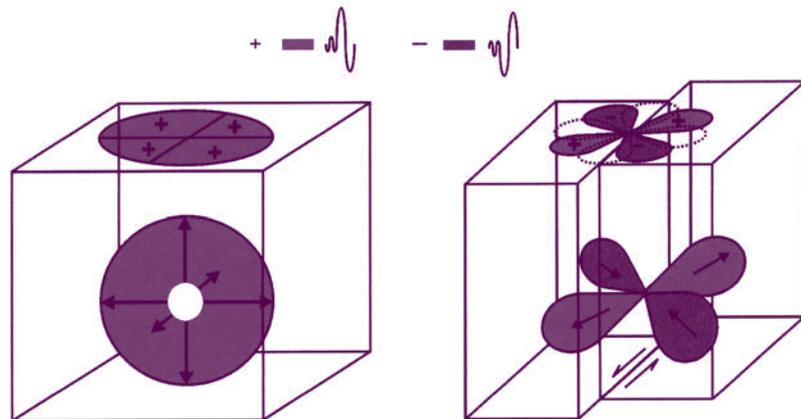
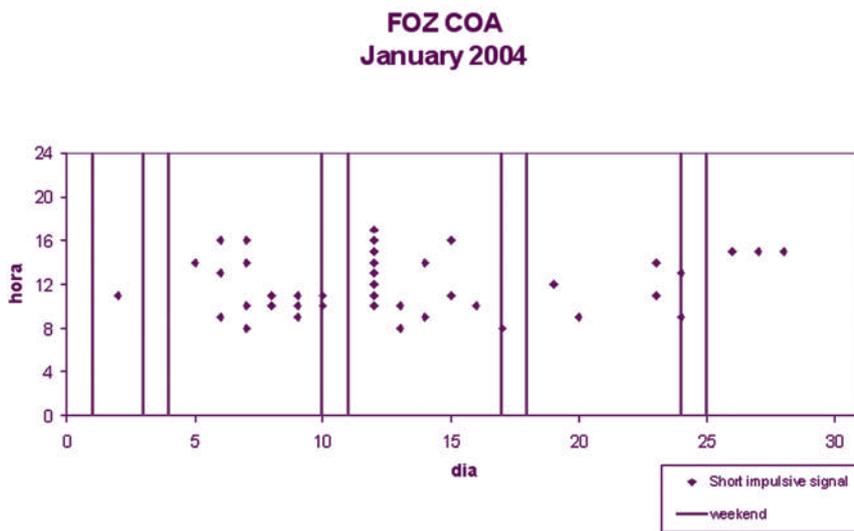
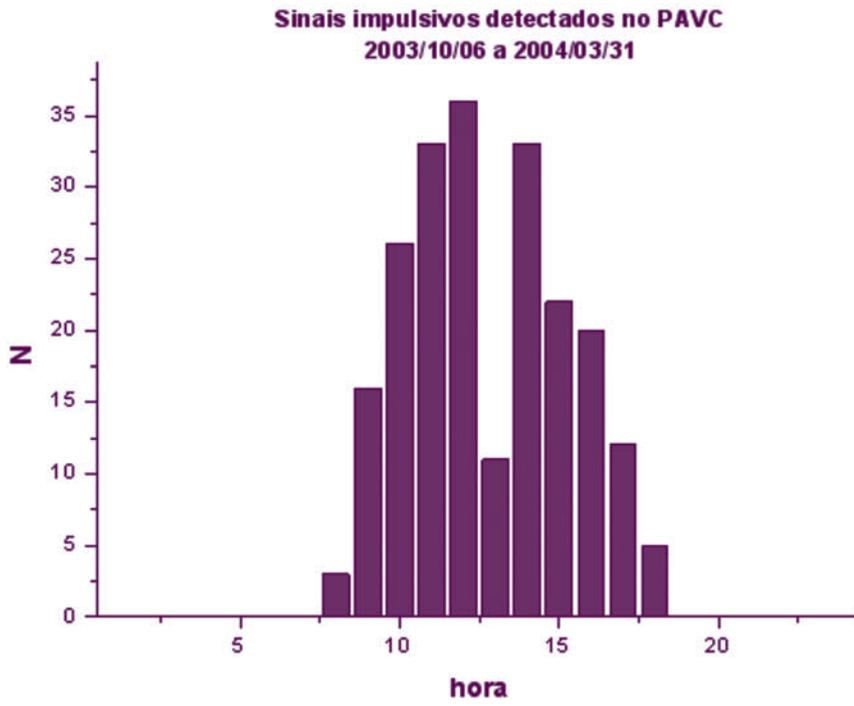


fig. 6 Primeiros movimentos associados com explosões e eventos sísmicos naturais.



gráficos 1a e 1b Distribuição diária e semanal dos sinais curtos e impulsivos, de 10/03 a 03/04 e de Janeiro de 2004, respectivamente.

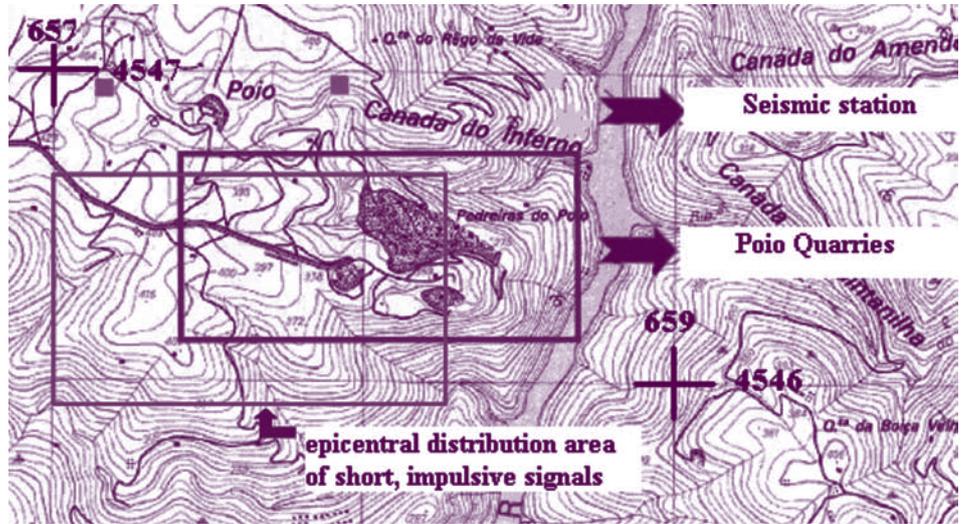


fig. 7 Área de distribuição epicentral dos sinais impulsivos curtos.

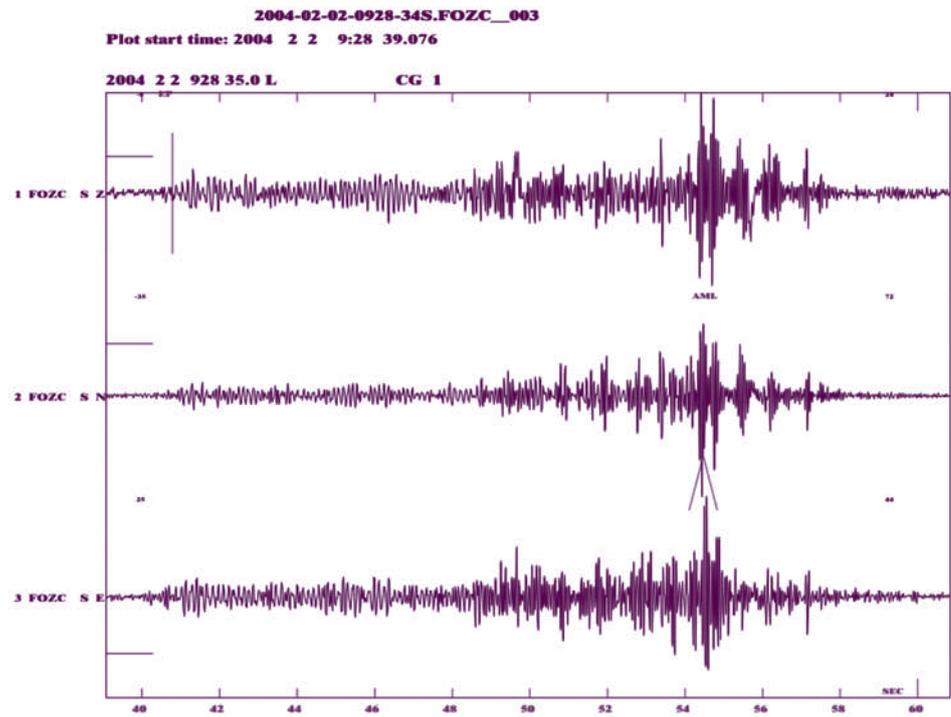


fig. 8 Sinal longo, emerso e de baixa amplitude.

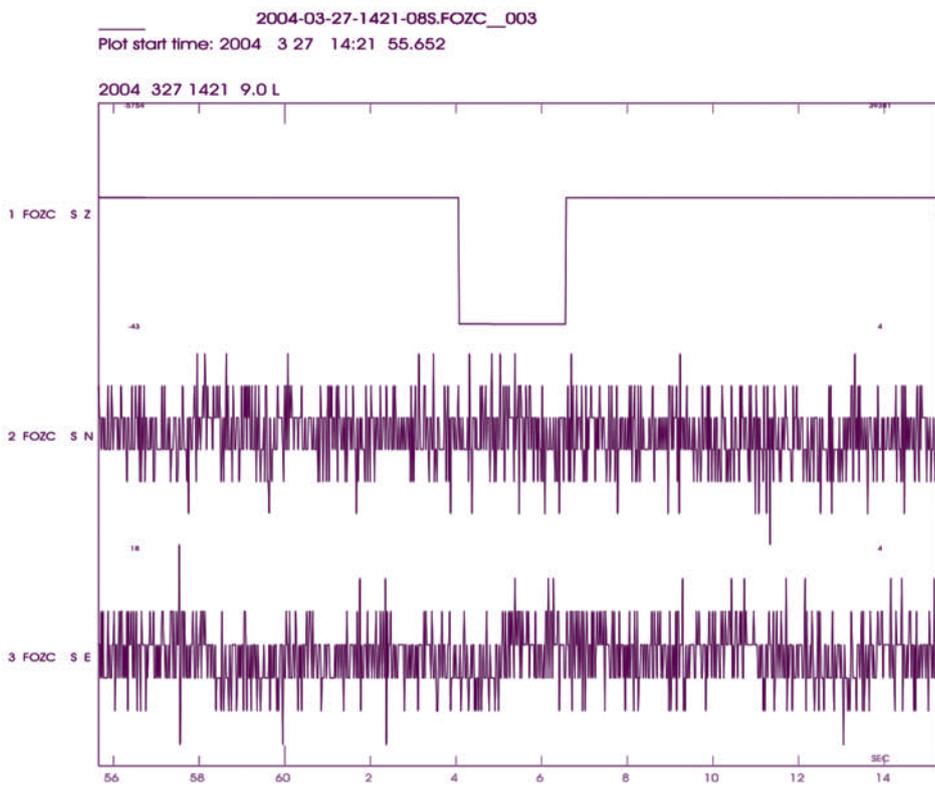


fig. 9 Anomalia 1.

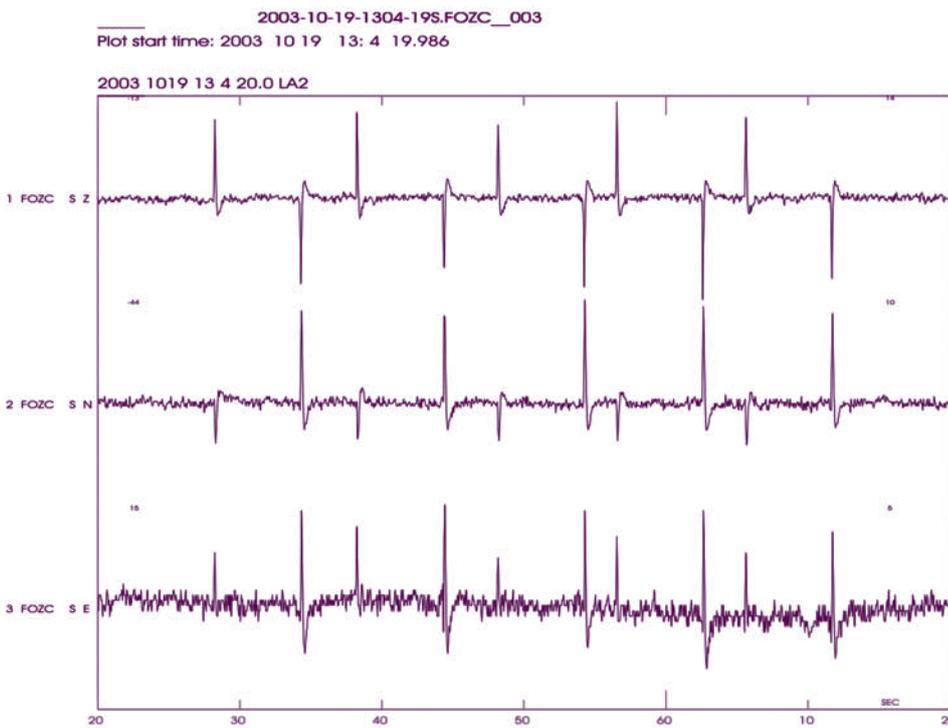


fig. 10 Anomalia 2.

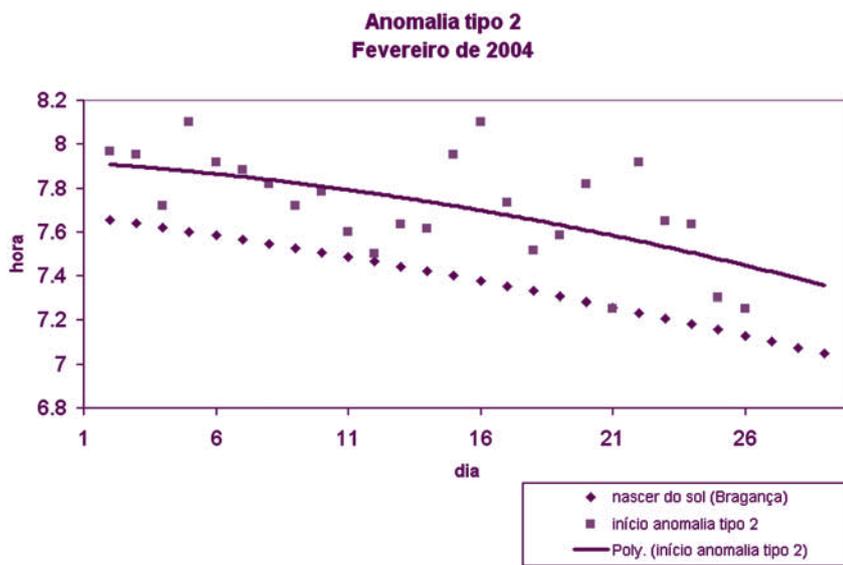


gráfico 2 Relação entre o nascer do sol (azul) e o início da anomalia 2 (vermelho). A negro encontra-se indicada a curva resultante do ajuste polinomial da anomalia 2.

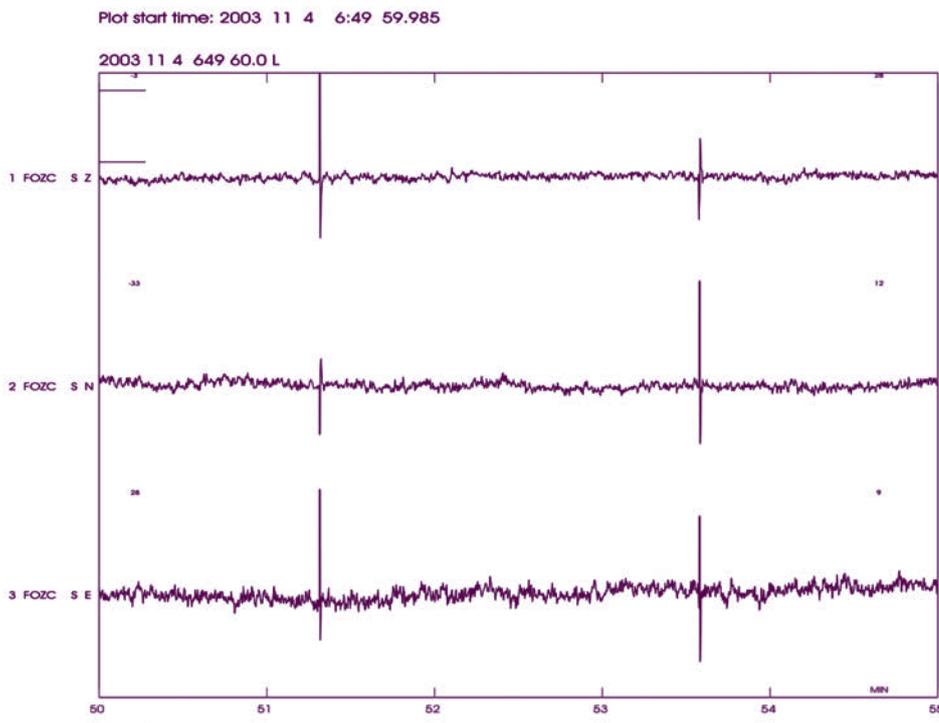


fig. 11 Anomalia 3.

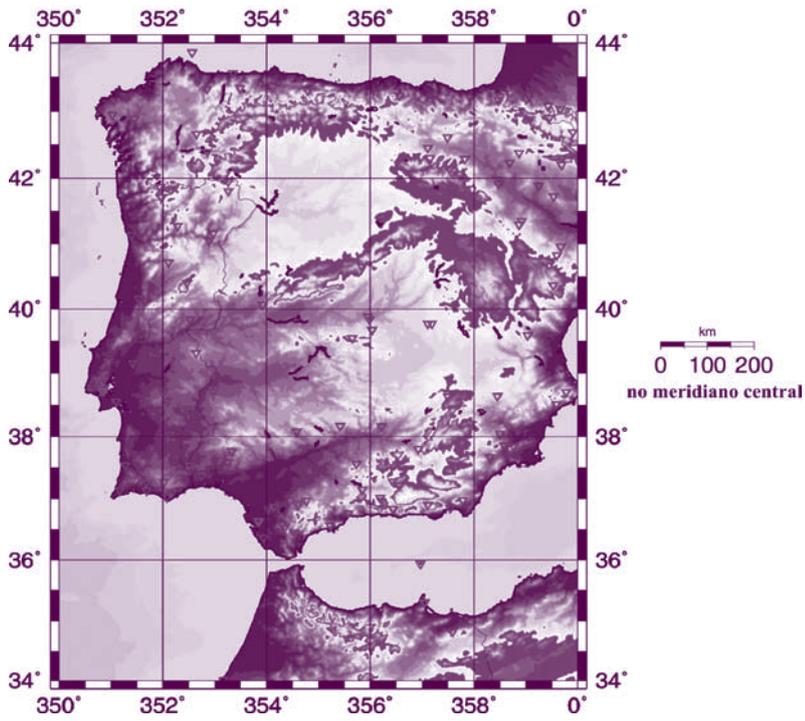


fig. 12 Rede de estações sísmicas do IM e do IGN:

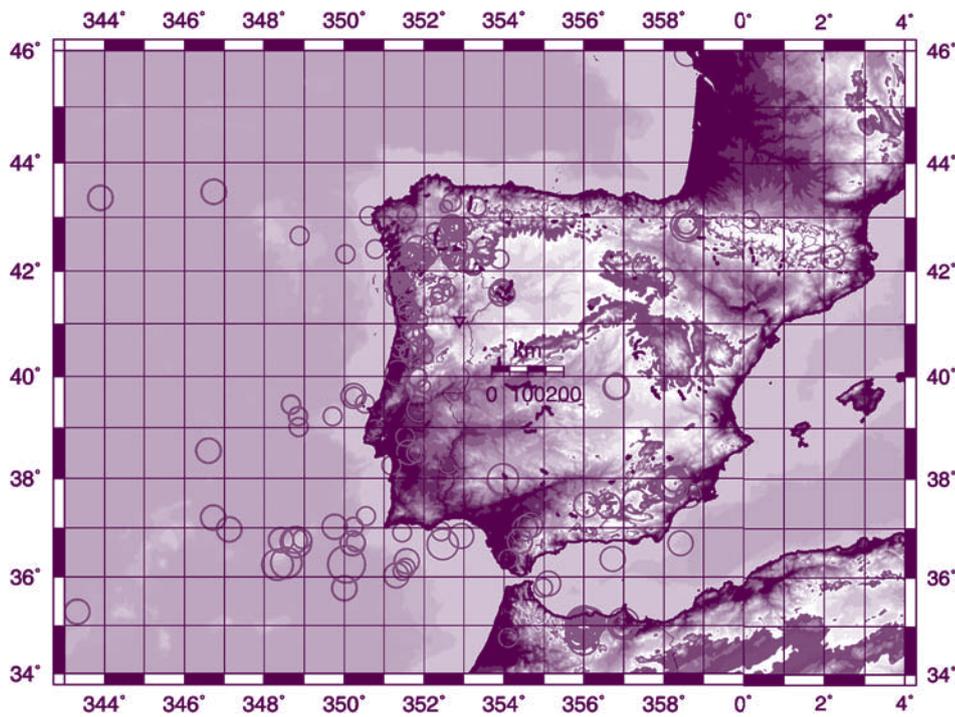


fig. 13 Sismicidade regional detectada durante o período bienal de monitorização.

sismicidade local - 2003/10/06 a 2005/12/20

Total events: 86
Selected events: 44

Magnitudes:

- 0.0 ≤ M < 0.5 ○
- 0.5 ≤ M < 1.0 ○
- 1.0 ≤ M < 1.5 ○
- 1.5 ≤ M < 2.0 ○
- 2.0 ≤ M < 2.5 ○
- M ≥ 2.5 ◇

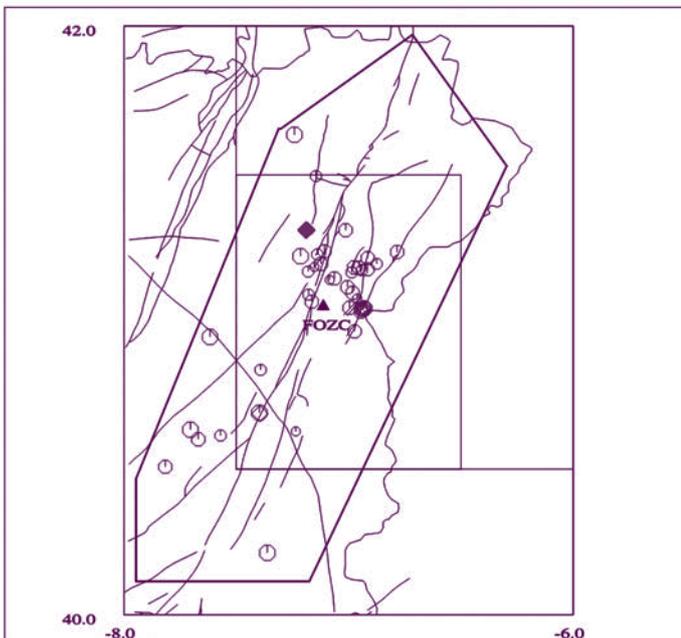


fig. 14 Sismicidade local detectada.

sismicidade natural - 1964 - 2005

Total events: 52656
Selected events: 194

Magnitudes:

- M ≤ 1 +
- 1 < M ≤ 2 ○
- 2 < M ≤ 3 ○
- 3 < M ≤ 4 ○
- 4 < M ≤ 5 ○
- 5 < M ≤ 6 ○

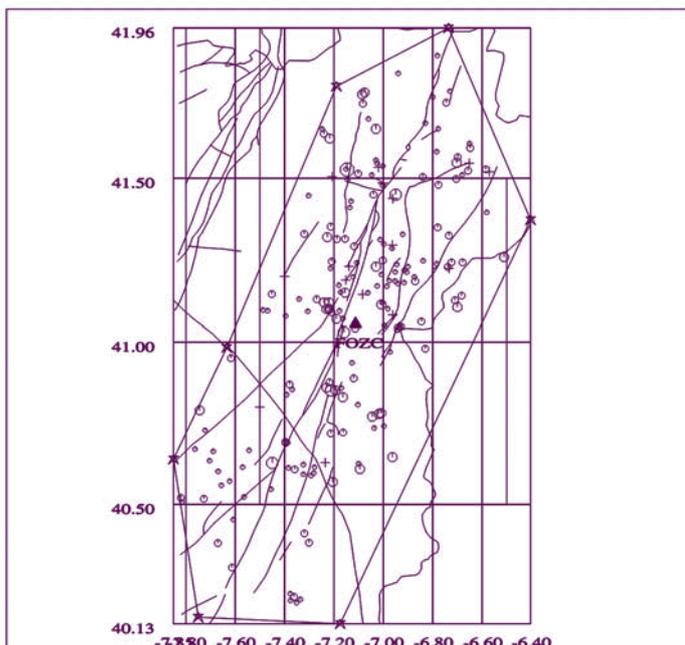


fig. 15 Epicentros detectados pela estação de Foz Côa durante o período bienal de monitorização e existentes nos catálogos do ISC e IGN de 2000 a 2005.

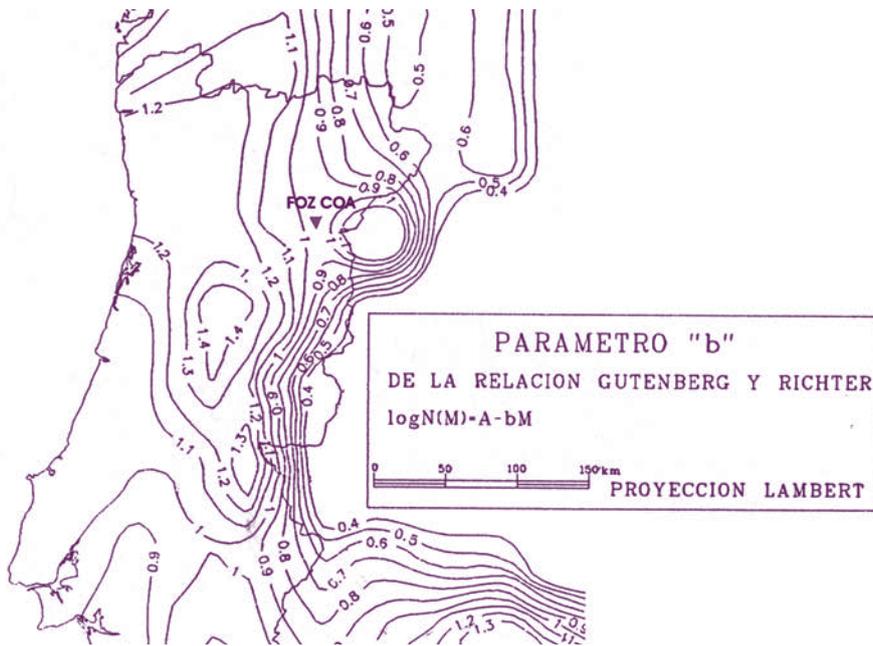


fig.16 Parâmetro b calculado pelo IGN (1992)

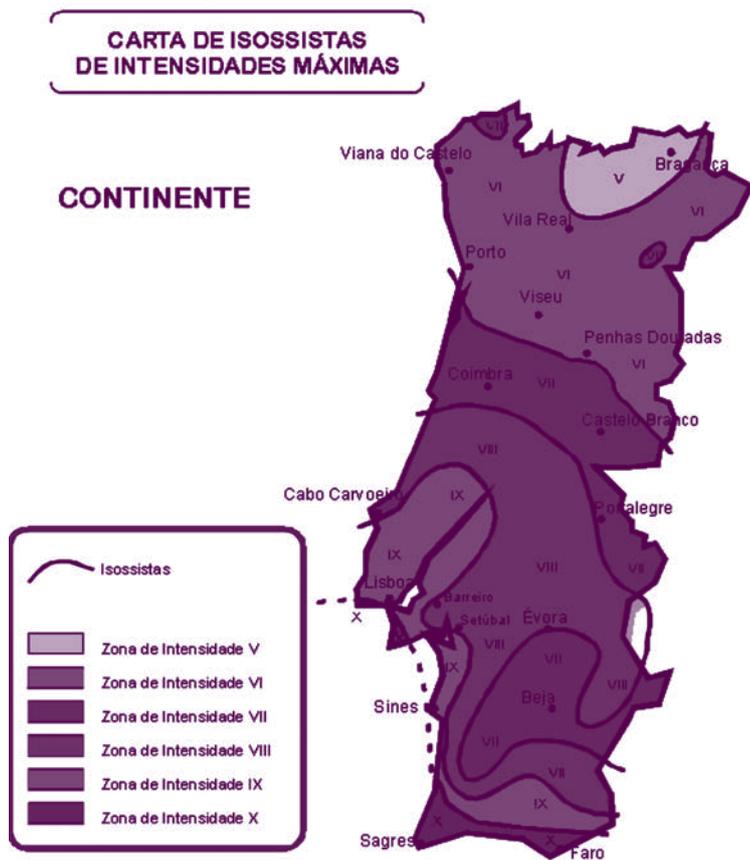


fig. 17 Escala Mercalli de Intensidades Máximas.

bibliografia

CABRAL, J. (1985) – *Estudos de Neotectónica em Trás-os-Montes Oriental. Tema de Dissertação Apresentado no âmbito das Provas de Aptidão Pedagógica e Capacidade Científica*. Lisboa: Departamento de Geologia da Faculdade de Ciências.

CABRAL, J. (1995) – *Neotectónica em Portugal Continental. Memórias do Instituto Geológico e Mineiro*. Lisboa: Instituto Geológico e Mineiro.

GARDNER, J.K.; KNOPOFF, L. (1974) – *Is the sequence of earthquakes in southern California, with aftershocks removed, Poissonian?* Bulletin of the Seismological Society of America. [S.]. 64. p. 1363–1367.

HAVSKOV, J.; OTTEMOLLER (2003) – *Seisan: the Earthquake Analysis Software* [em linha]. Disponível em: <http://www.sismo.info/software/SEISAN.htm>.

IGN (1992) – *Análisis sismotectónico de la Península Ibérica, Baleares y Canarias*. Madrid: IGN (Publicación Técnica Instituto Geográfico Nacional; 26).

MOREIRA, V. S. (1984) – *Sismicidade Histórica de Portugal Continental*. Lisboa: INMG.

ZILHÃO, J., coord. (1999) – *Arte Rupestre e Pré-História do Vale do Côa: Trabalhos de 1995-1996*. Lisboa: Ministério da Cultura.