



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

## *CARTAS DE PERIGOSIDADE GEOLÓGICA DA ZONA HISTÓRICA DO PORTO*

FACULDADE DE CIÊNCIAS DA  
UNIVERSIDADE DO PORTO, CM Porto  
Projecto NOE, Interreg III

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:

# Carta de Avaliação do Efeito Sísmico



**Carta de Deformabilidade**

S0	1.0
S1	1.2
S2	1.3
S3	1.4
S4	1.6

X

**Carta de Declives**

0°-15°	1.0
15°-30°	1.2
30°-45°	1.3
>45°	1.4

X

**Carta de Taludes**

T	1.2
---	-----

+

**Efeito Crista**

0.0
0.1
0.2
0.3
0.4
0.3
0.2
0.1
0.0

Fonte:  
Pg. 20 BRGM/RP-51301-FR

**Carta de Intensidade sísmica inferida**

S0	1.0
S1	1.3
S2	1.4
S3	1.6
S4	1.7

I=6+Incr  
Nota: Accel em m.s<sup>-2</sup>

**Carta de aceleração sísmica inferida (cm/s<sup>2</sup>)**

S0	1.0
S1	1.3
S2	1.4
S3	1.6
S4	1.7

Accel=Sn\*80 cm.s<sup>-2</sup>

**Carta de Perigosidade Sísmica (cm/s<sup>2</sup>)**

((Accel=Sn\*80 cm.s<sup>-2</sup>) x carta de hipsometria) cm.s<sup>-2</sup>

Fonte:  
Pg. 38 BRGM/RP-53760-FR

## Cartas Complementares:

Cartas de parâmetros sísmicos inferidos a partir da classificação de sitio (com o auxílio de G<sub>0</sub>) e



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

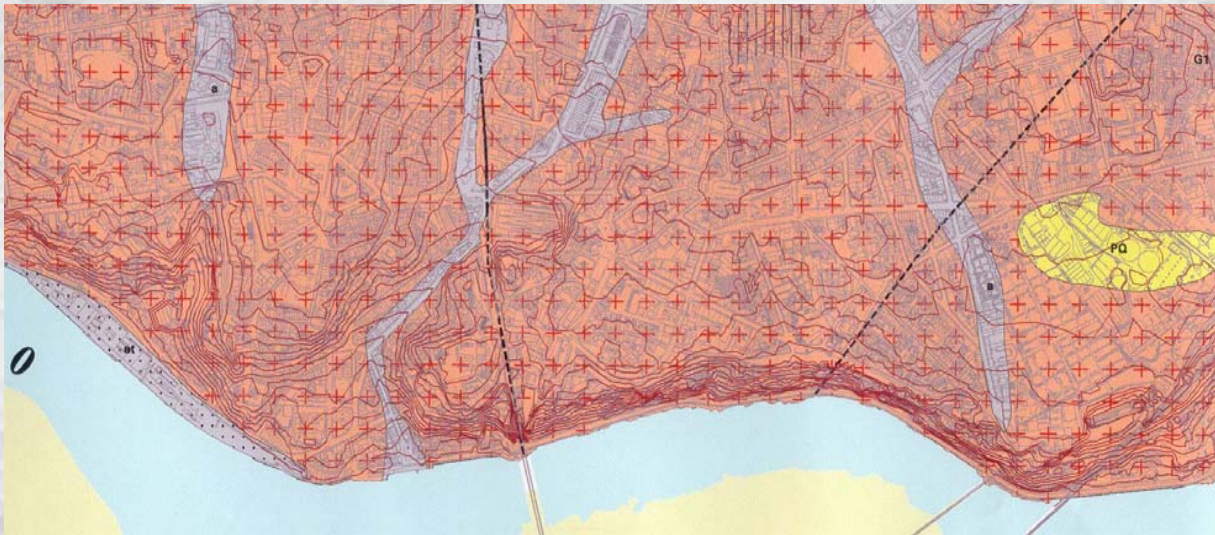
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta geotécnica do Porto



Granito do  
Porto



Aterros  
recentes



Depósitos  
fluviais



Aluvião

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

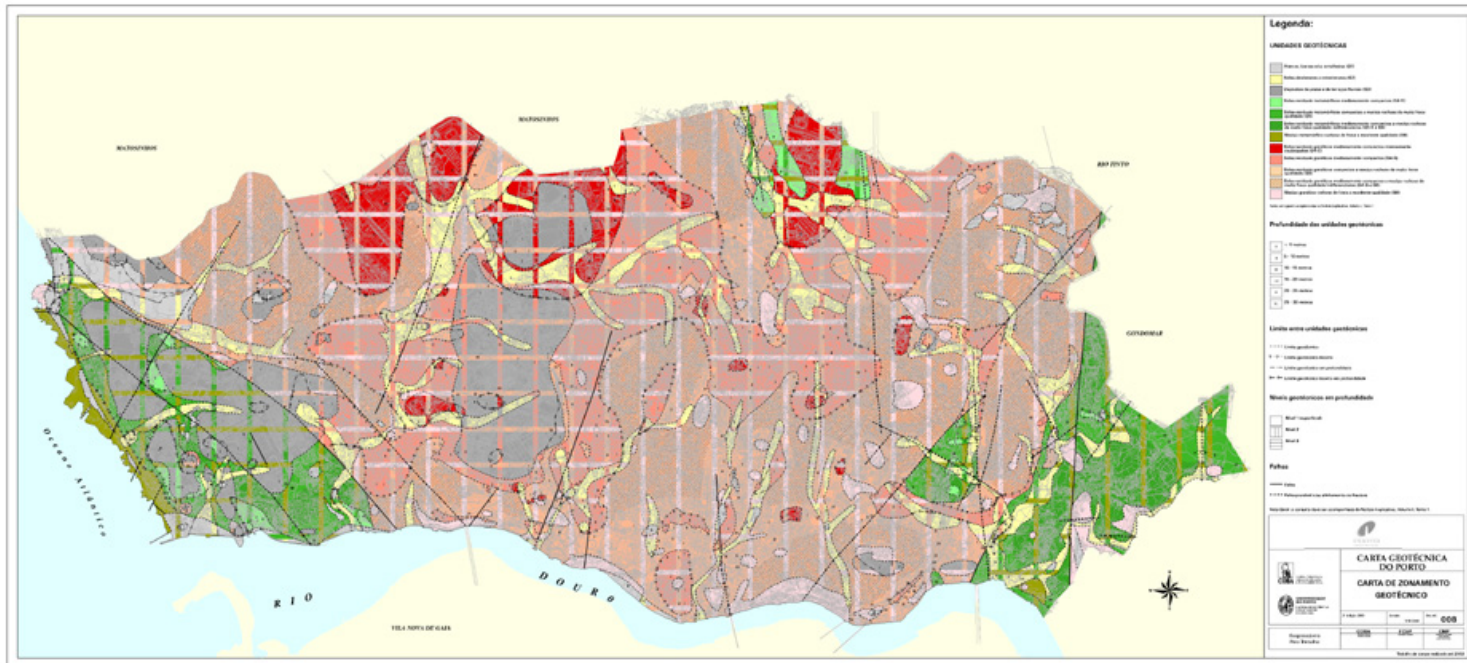
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta geotécnica do Porto



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Projecto Georisk



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

- Carta Hidrogeológica inserida da Carta Geotécnica



	<b>Unidade 1</b> Formação superficial permeável porosa (aluviões) com toalha livre, sobrejacente a formação permeável a semipermeável porosa ou porosa e fissural (depósitos de terraço, solos residuais, maciço decomposto a muito alterado), sobre formação permeável a semipermeável fissural (maciço rochoso medianamente alterado a são com fracturas abertas).
	<b>Unidade 2</b> Formação superficial permeável a semipermeável fissural (maciço medianamente alterado a são com fracturas abertas) sobrejacente a formação impermeável (maciço medianamente alterado a são com fracturas fechadas).
	<b>Unidade 3</b> Formação superficial permeável a semipermeável porosa ou porosa e fissural (aterros, depósitos de terraço, solos residuais, maciço muito alterado a decomposto), sobrejacente a formação permeável a semipermeável fissural (maciço medianamente alterado a são com fracturas abertas), sobre formação impermeável (maciço medianamente alterado a são com fracturas fechadas).
	<b>Unidade 4</b> Formação superficial semipermeável a impermeável porosa (formações intensamente caulinizadas), sobrejacente a formação permeável a semipermeável porosa ou porosa e fissural (solo residual de granito ou maciço decomposto a muito alterado), sobre formação permeável a semipermeável fissural (maciço medianamente alterado a são com fracturas abertas).

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGEO  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

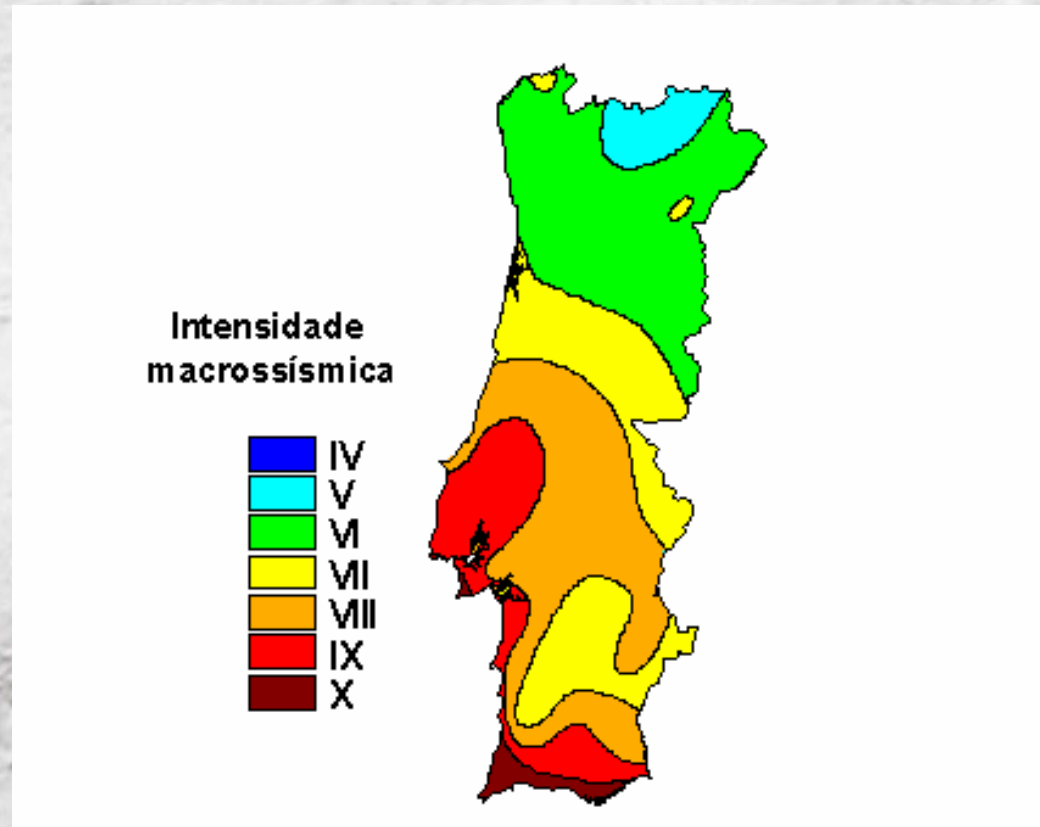
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta de macrossísmica em Portugal Continental



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGEO  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Resultados esperados de ensaios sísmicos

- - Medida da competência mecânica das formações: Módulo  $G_0 = Vs^2 \times \rho$
- - Vs30: Velocidade média nos primeiros 30m de profundidade. Geralmente é entendido que formações mais “moles” amplificam a energia sísmica recebida nesse local:
- - Existem técnicas espectrais que analisam as frequências que são amplificadas: H/V (ou HVSr) (*Aki e Richards*)

Table 3.4 Seismic intensity increments.

Ground conditions	Reid (1908)	Medvedev (1965)
Granite	0	0
Limestone, sandstone	0-1.2	1-1.5
Gravel	1.2-2.1	1-1.6
Sand	1.2-2.1	1.2-1.8
Clay	1.5-2.0	1.2-2.1
Fill	2.1-3.4	2.3-3.0
Wet gravel sand	2.3	1.7-2.8
Clay		
Wet fill	3.5	3.3-3.9

Table 3.5 Average changes in intensity associated with different types of surface geology (from Degg, 1992).

Subsoil	Average change in intensity
Rock (e.g. granite, gneiss, basalt)	-1
Firm sediments	0
Loose sediments (e.g. sand, alluvial deposits)	+1
Wet sediments, artificially filled ground	+1.5

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGEO  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de Superfície

- Propagação da onda sísmica ao longo da superfície
- Onda sísmica = Surface Wave (> 70%)  
+ Onda do corpo (<30%)
- Difícil de não serem notadas

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:





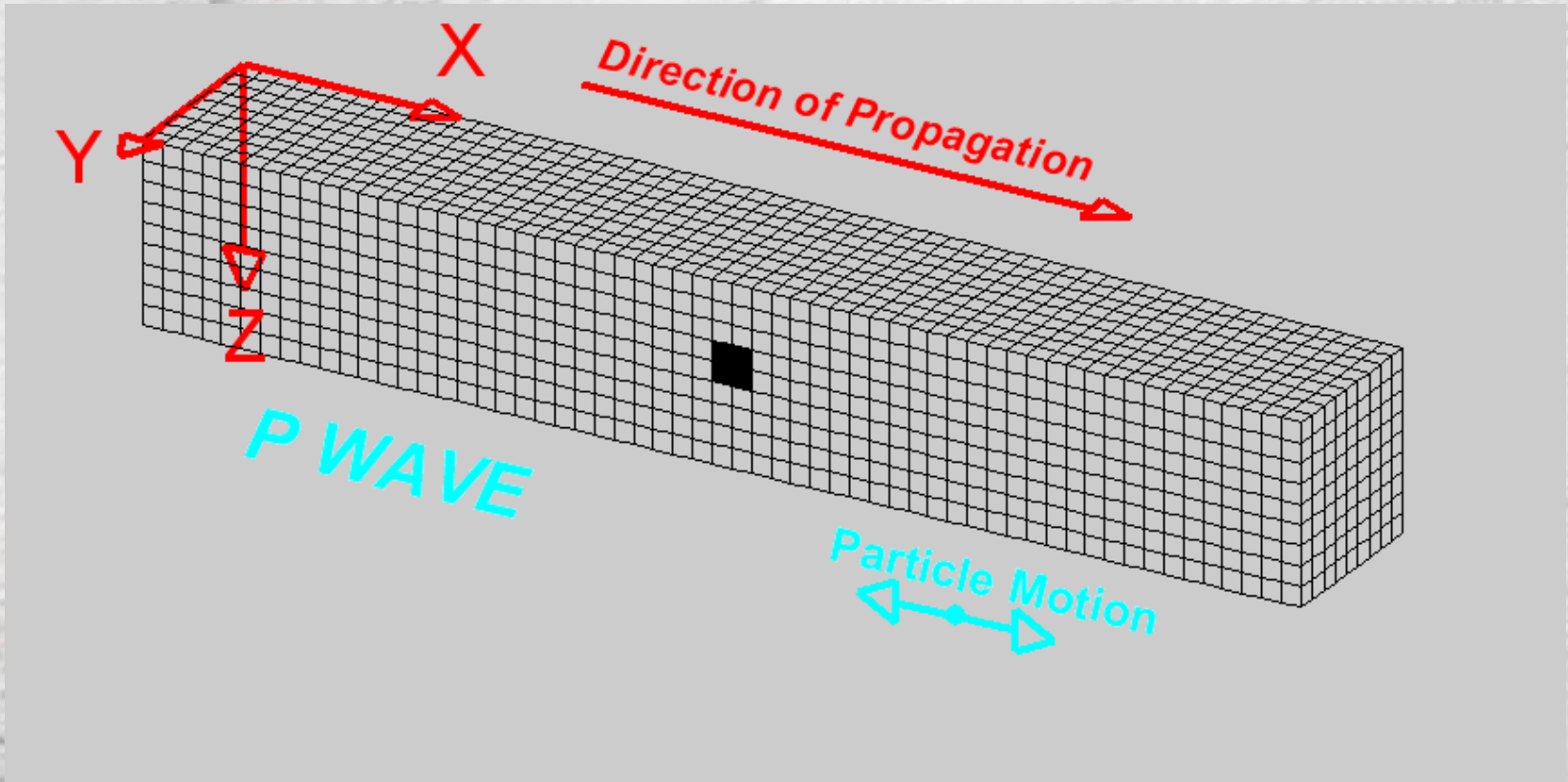
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de Corpo: P



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



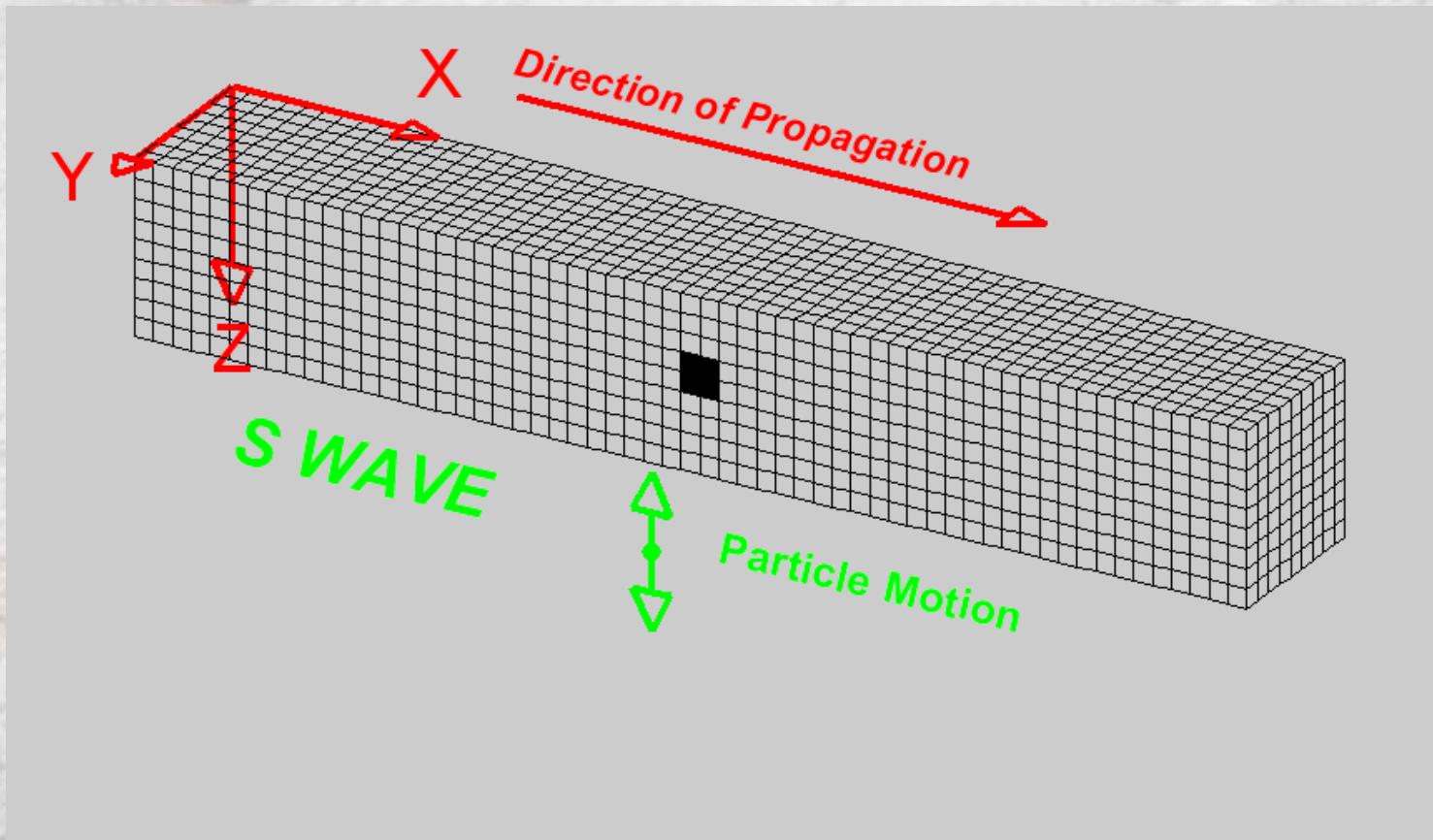
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de Corpo: S



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



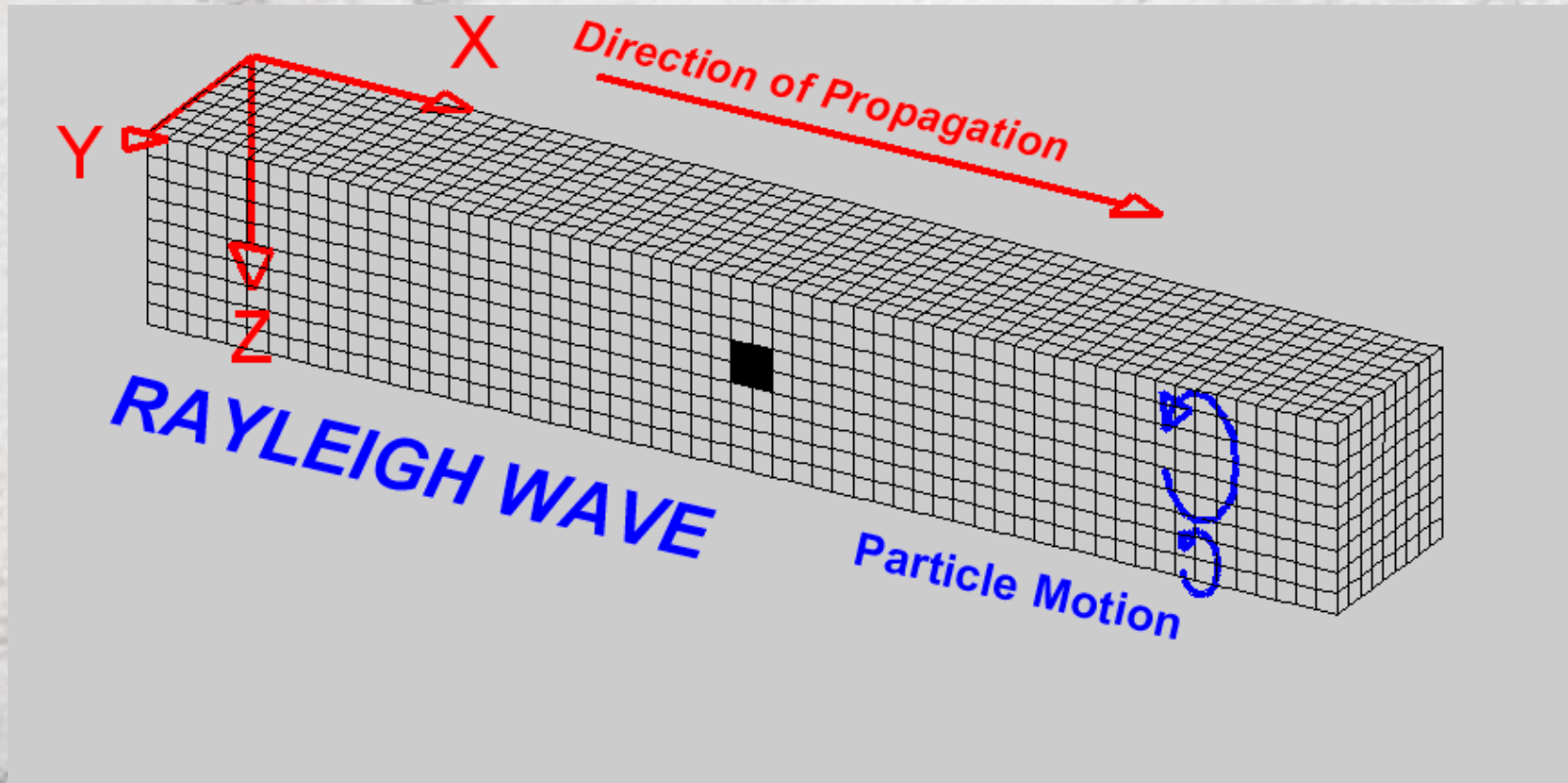
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de superfície: Rayleigh



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



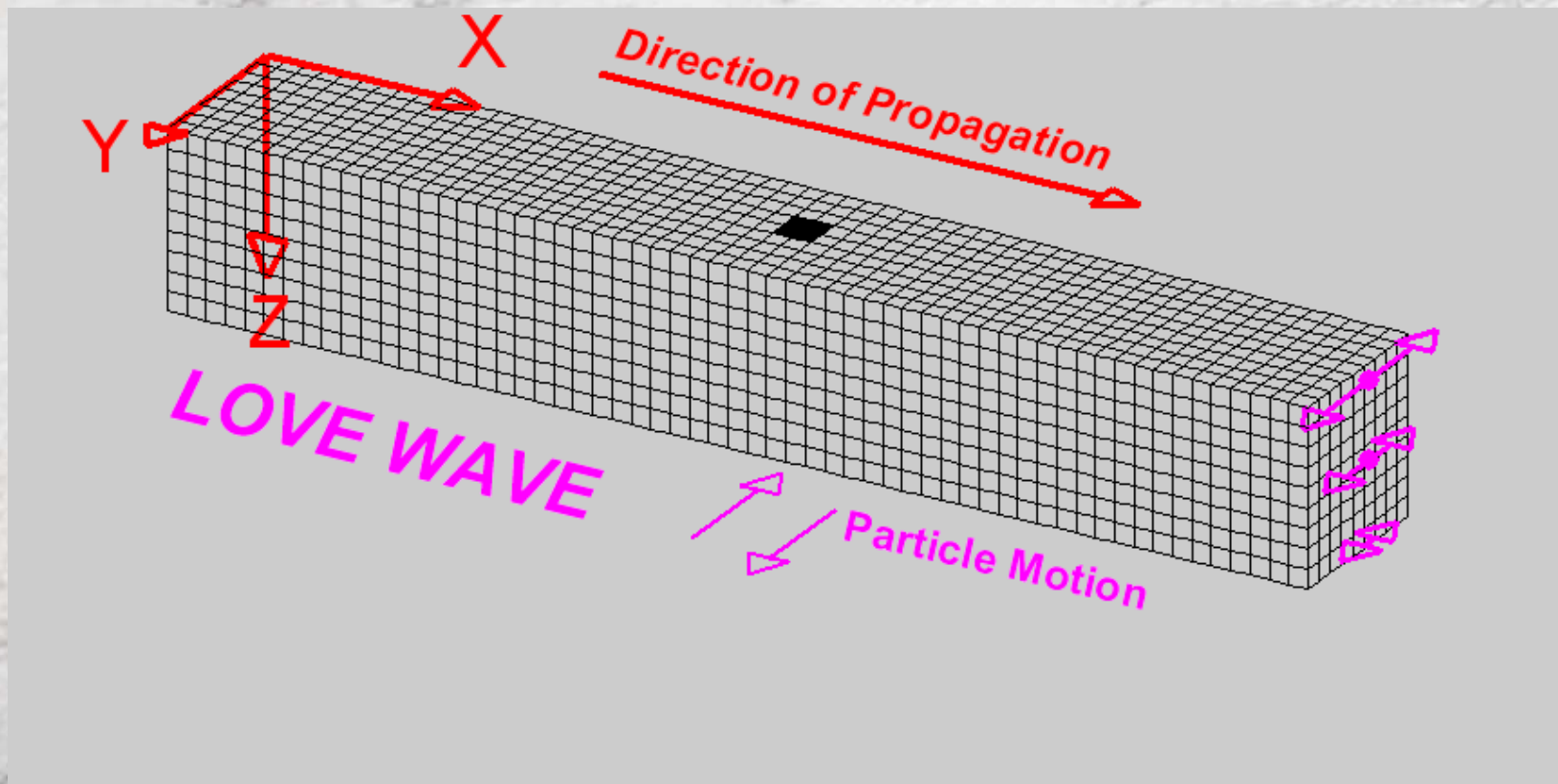
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de superfície : Love



Patrocínios:



Interveniente:



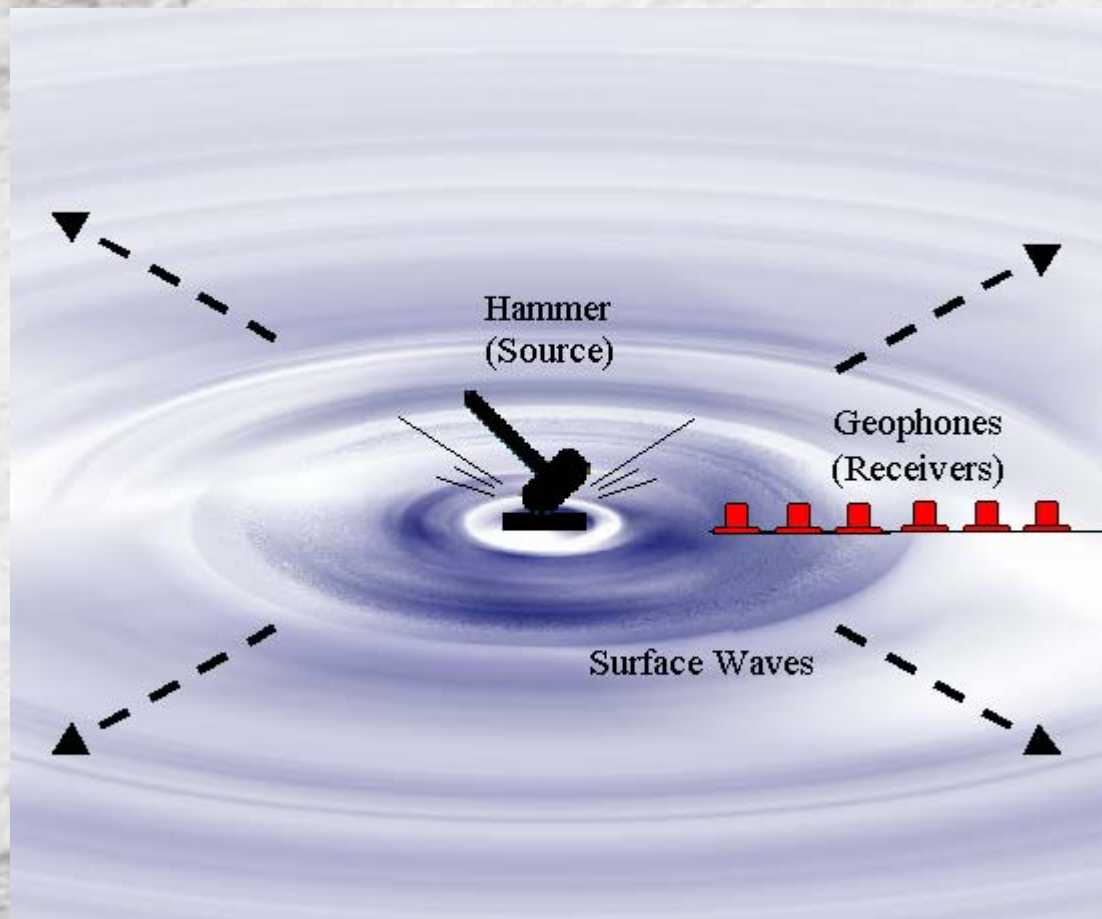
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Ondas de Superfície



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo solutions

Interveniente:



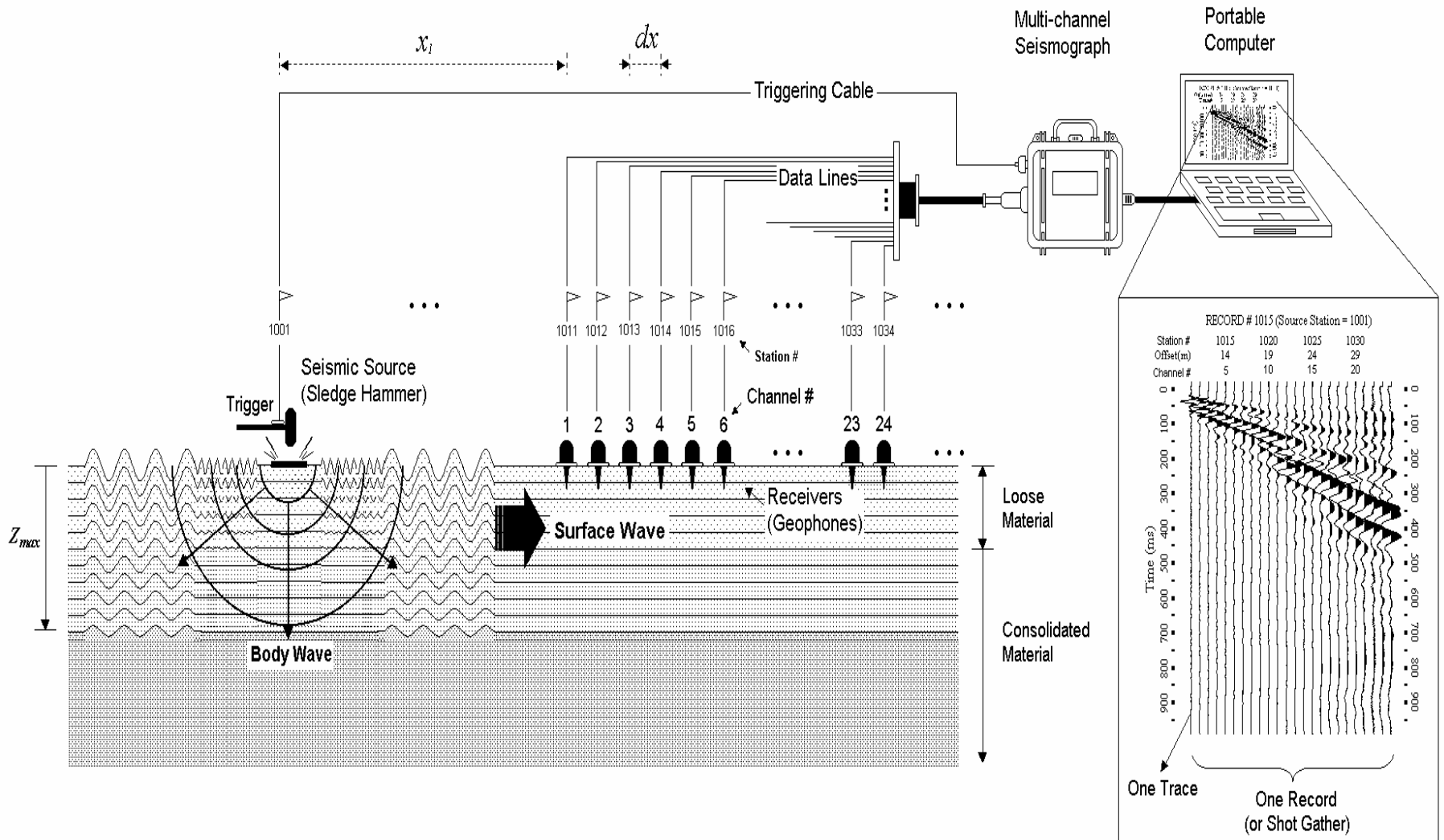
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# MASW - Visão Geral



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE





Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geografia  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Ondas Sísmicas



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

## Ondas de superfície + Ondas de corpo

- Ondas de Superfície
  - **Modo fundamental (Sinal)**
  - Modos Superiores (“Ruído”)
- Ondas de Corpo (“Ruído”)
  - Directa
  - Refracção
  - Reflexão
  - Etc.

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

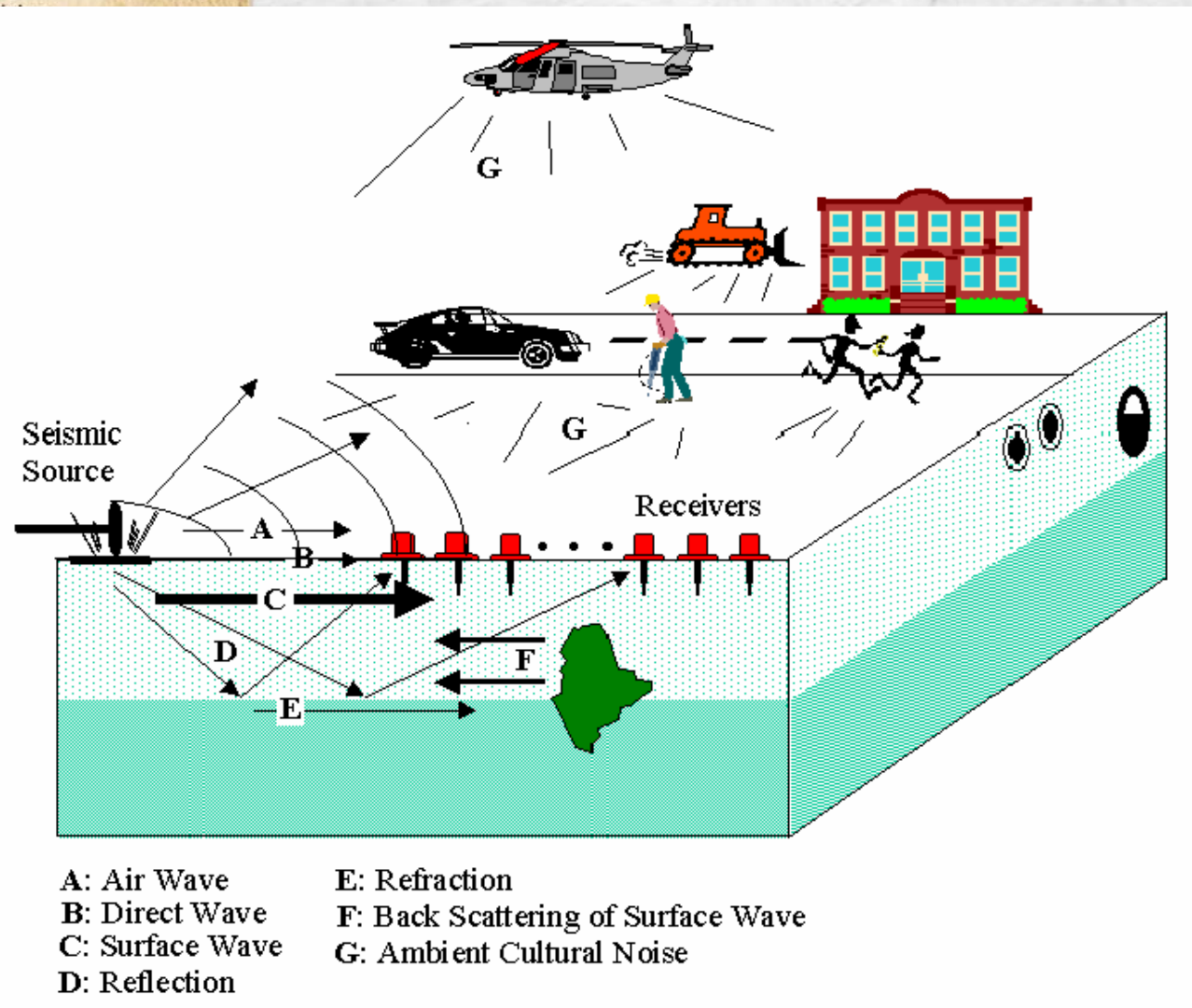
Interveniente:



# Ondas Sísmicas



Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos







Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Dispersão de ondas superficiais

- frequência diferente (comprimento de onda) tem uma velocidade diferente (velocidade de fase)
- Função da variação das velocidades das ondas S ( $V_s$ ) com a profundidade

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



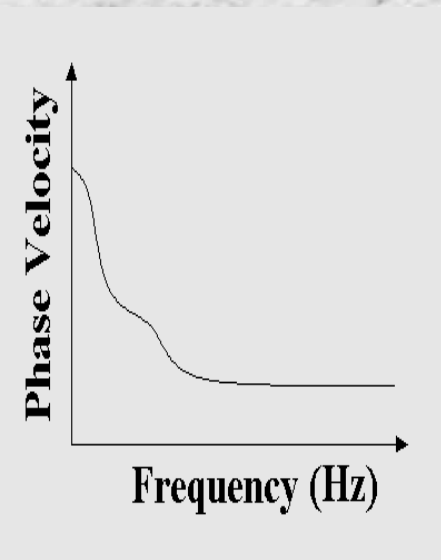
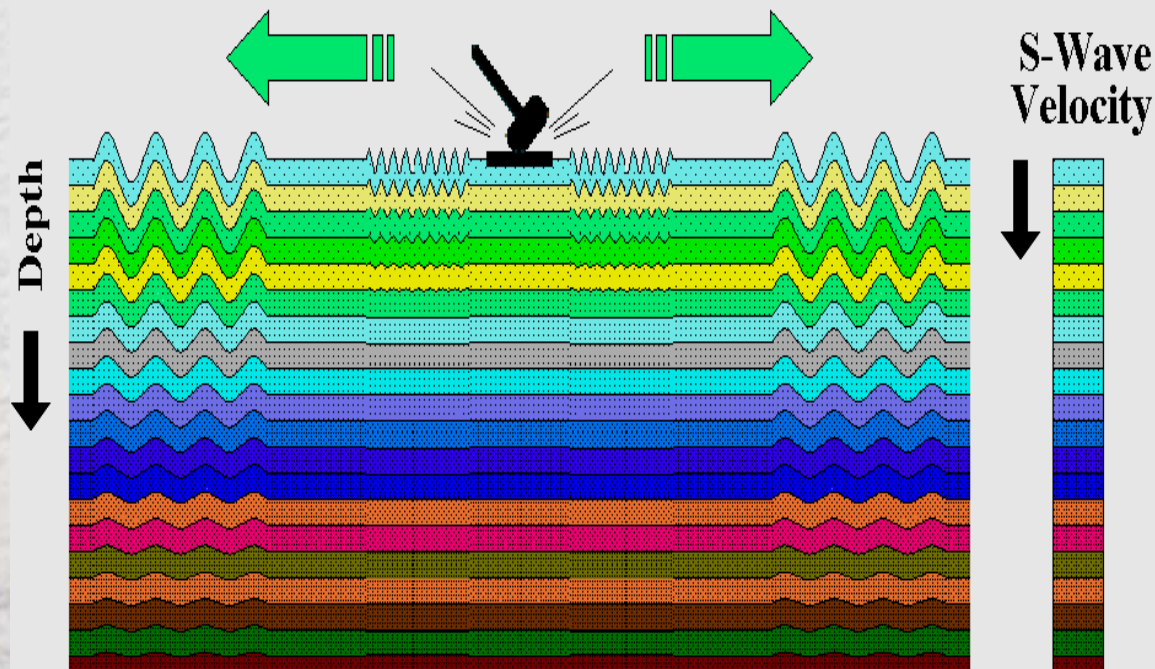
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Dispersão de ondas superficiais



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE



Patrocínios:

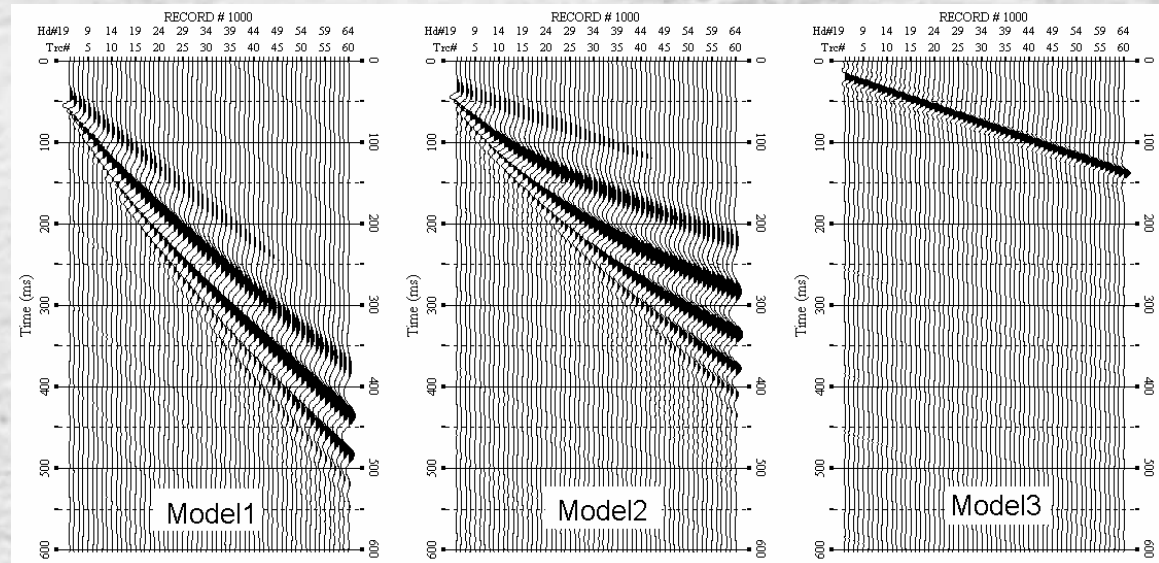
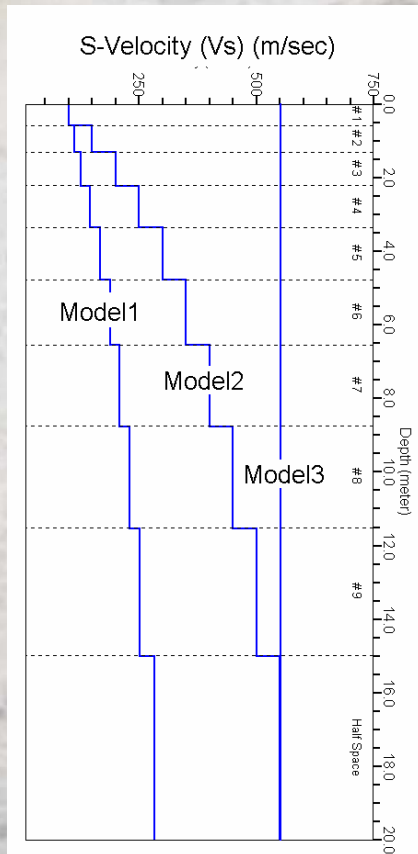


Interveniente:



# Dispersão nos Registos Multicanal

Quanto maior for a mudança na  $V_s$  com a profundidade maior será o pacote de ondas de superfície num registo sísmico multicanal.





Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

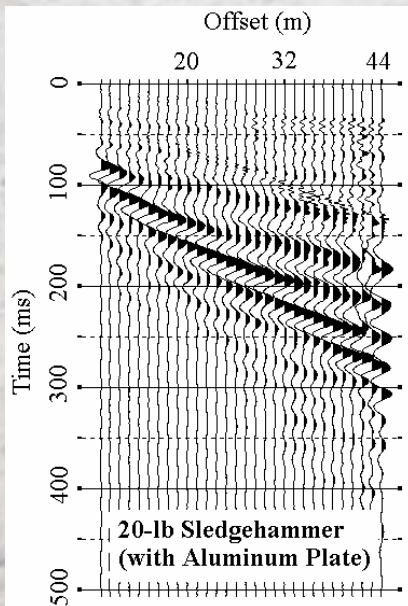
# MASW - 3 etapas simples



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

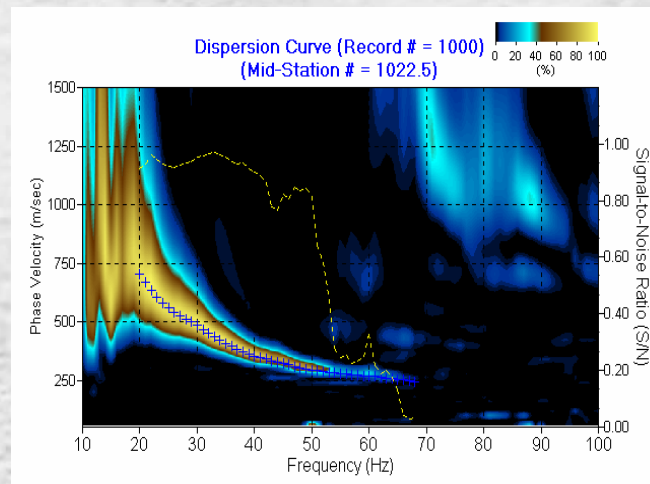
Todo o processo de MASW geralmente consiste de três etapas: 1) aquisição de registos multicanal, 2) extração das curvas de modo fundamental de dispersão (uma curva de cada registro), e 3) a inversão dessas curvas para obter o modelo 1-D (profundidade) de  $V_s$  (um perfil de uma curva).

## 1. Aquisição



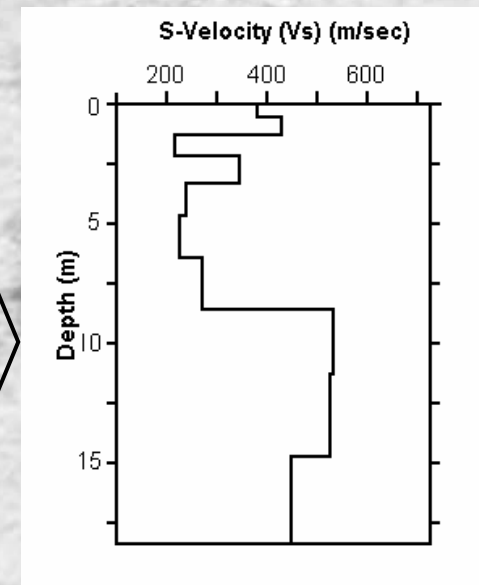
*Espaço-  
Tempo*

## 2. Extração da Curva de dispersão



*Frequência-Velocidade de Fase*

## 3. Inversão



*Profundidade  
 $V_s$*

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

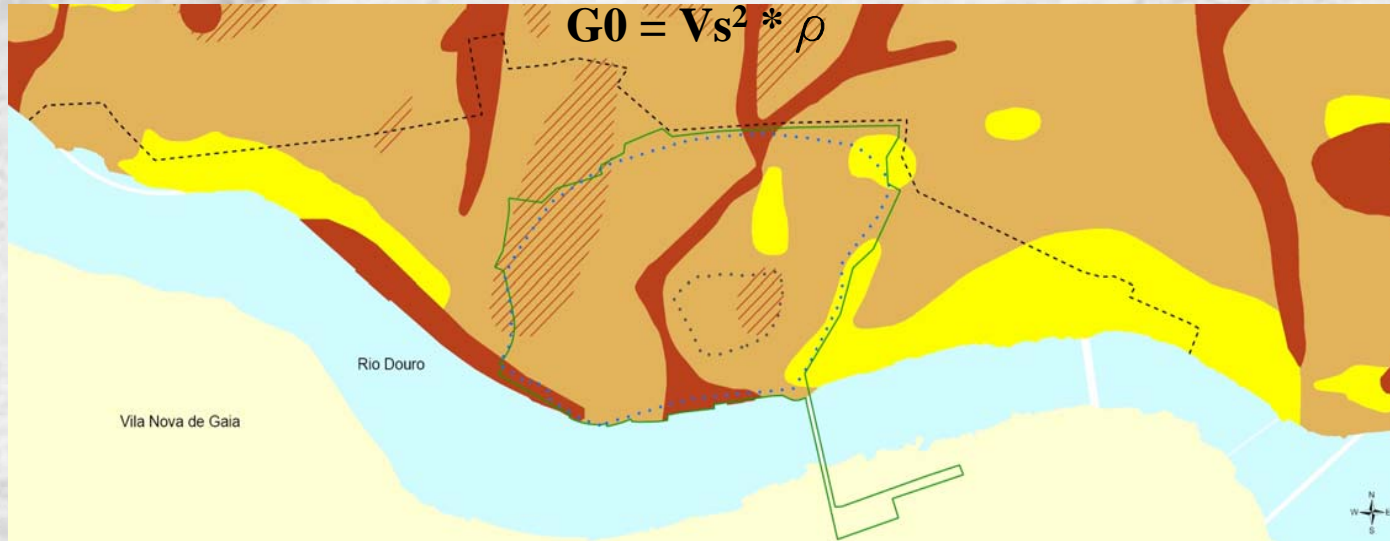
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta de distorção inserida da Carta Geotécnica



### Escala de Deformabilidade (MPa)

- 1 < G < 15
- 15 < G < 80
- 80 < G < 250
- G > 250

- Zona Histórica
- Património Mundial
- Muralha Fernandina
- Muralha Sueva

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGEO  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta de módulo de intensidade sísmica inferida e expressa na



$$\text{Incr.} = [3.3 \log(0.8 * S_n) + 7] - [3.3 \log(0.8) + 7]$$

Valor da Intensidade Sísmica

- 7
- 6
- - - Zona Histórica
- Património Mundial
- • Muralha Fernandina
- • Muralha Sueva

Interveniente: \_\_\_\_\_



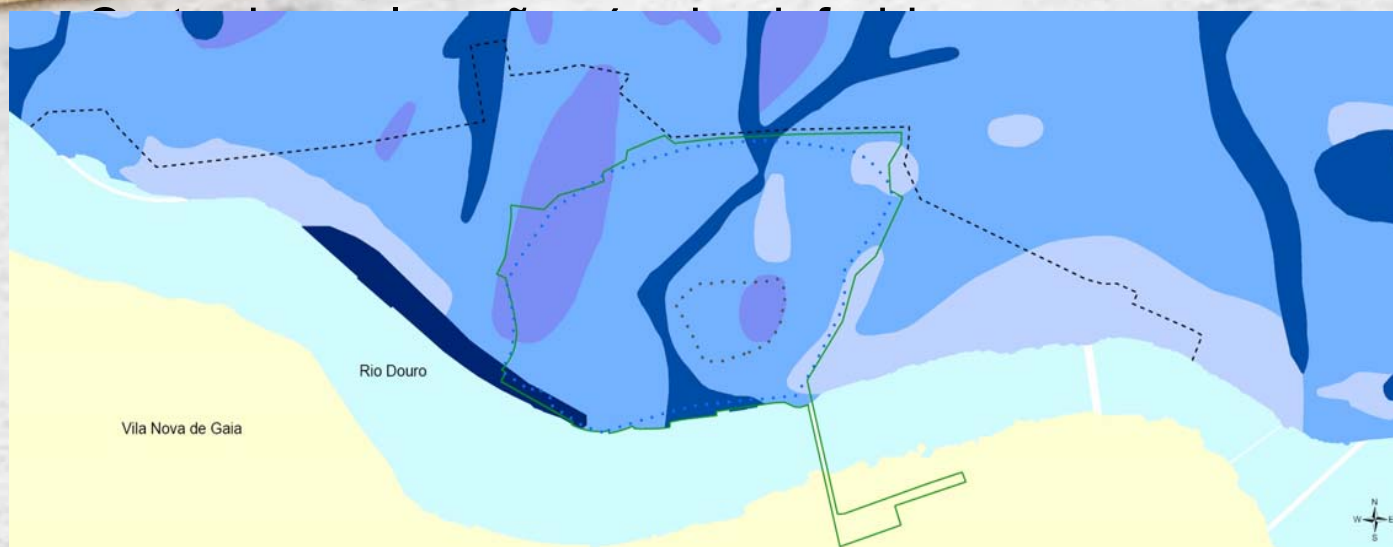
Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk



/s<sup>2</sup>

$$\text{Accel} = S_n * 80 \text{ cm.s}^{-2}$$



Interveniente: \_\_\_\_\_



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

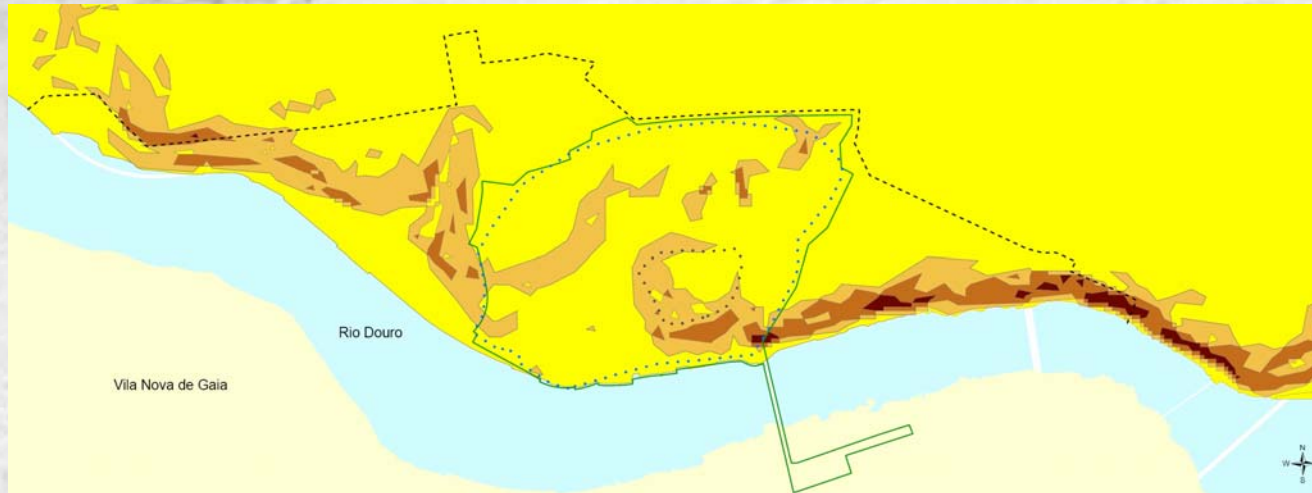
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Projecto Georisk



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

- Carta de inclinação topográfica e expressa em graus



## Classes de Inclinação (em Graus)

-  > 45
-  30 - 45
-  15 - 30
-  10 - 15
-  Zona Histórica
-  Património Mundial
-  Muralha Fernandina
-  Muralha Sueva

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:





Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Projecto Georisk

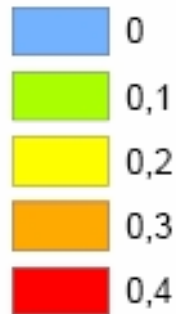


Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

● Buffer desenhado para a curva de nível 50m



## Factor Crista



Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta de Perigosidade de Instabilidade de Taludes



## Classes de Perigosidade

- Alta
- Baixa a média
- Nula a baixa
- Zona Histórica
- Património Mundial
- Muralha Fernandina
- Muralha Sueva

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

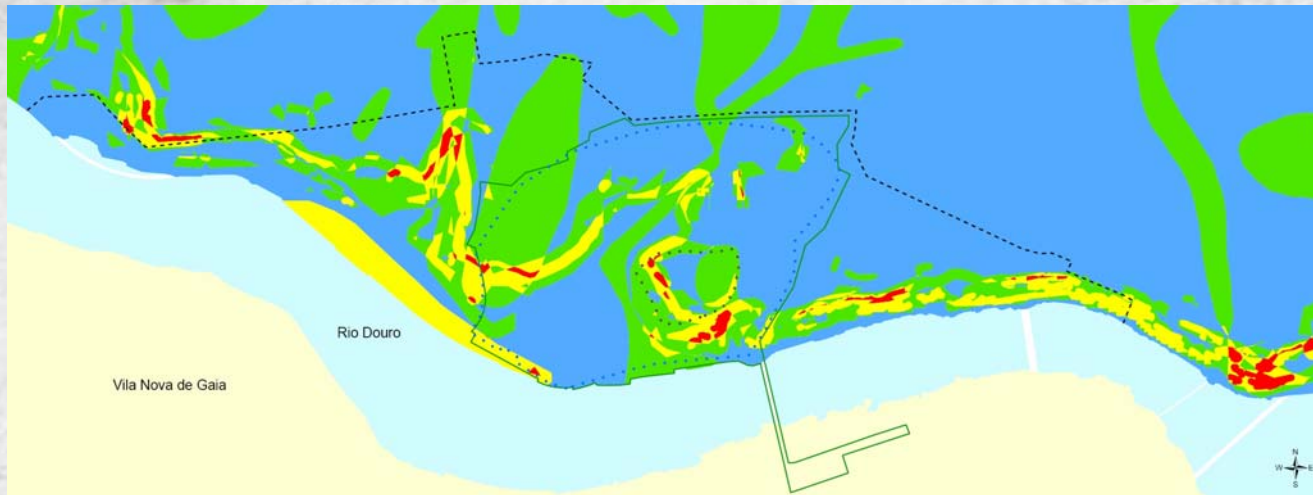
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Projecto Georisk



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

- Carta de Perigosidade Sísmica



## Classes de Perigosidade

- Alta
- Média
- Baixa
- Muito baixa
- Zona Histórica
- Património Mundial
- Muralha Fernandina
- Muralha Sueva

Interveniente: \_\_\_\_\_



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

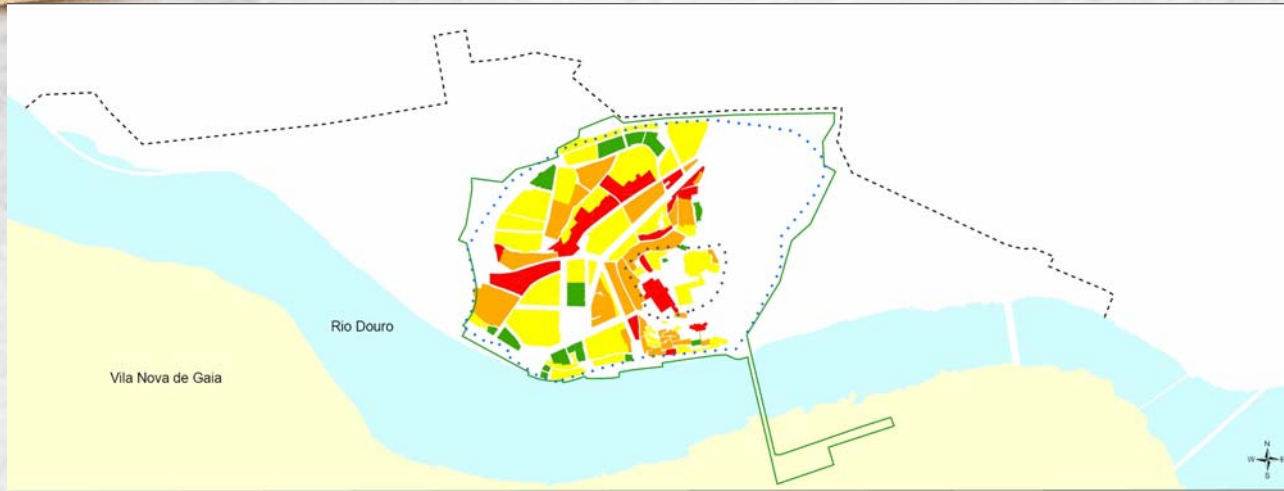
Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos

# Projecto Georisk



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

- Carta de Risco Sísmico



		VULNERABILIDADE		
		BAIXA	MÉDIA	ALTA
PERIGOSIDADE	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA	ALTA
	BAIXA	MUITO BAIXA	BAIXA	MÉDIA
	MÉDIA	MÉDIA	MUITO BAIXA	ALTA
	ALTA	ALTA	MÉDIA	MUITO BAIXA
		MUITO BAIXA	ALTA	MÉDIA

Classes Risco	
Alta	[Red]
Média	[Orange]
Baixa	[Yellow]
Muito baixa	[Green]
- - - Zona Histórica	[Dashed line]
— Património Mundial	[Green line]
• Muralha Fernandina	[Blue dot]
• Muralha Sueva	[Black dot]

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo solutions

Interveniente:



Mostra de Instrumentos Científicos  
Usados em Engenharia Geográfica

Tardes de Geográfica  
Riscos Naturais e Tecnológicos



Ordem dos Engenheiros  
REGIÃO NORTE

# Projecto Georisk

- Carta de Ocorrências



## Tipo de ocorrência

- Deslizamento de terrenos
- Queda de blocos
- Sismo
- - - Zona Histórica
- Património Mundial
- Muralha Fernandina
- Muralha Sueva

Patrocínios:

INTERGRAPH novaGeo  
solutions

Interveniente: