



# Soluções Construtivas na Problemática do Radão



## SOLUÇÕES DE REMEDIAÇÃO USADAS EM PORTUGAL



Zélia Estevão  
24 setembro 2020

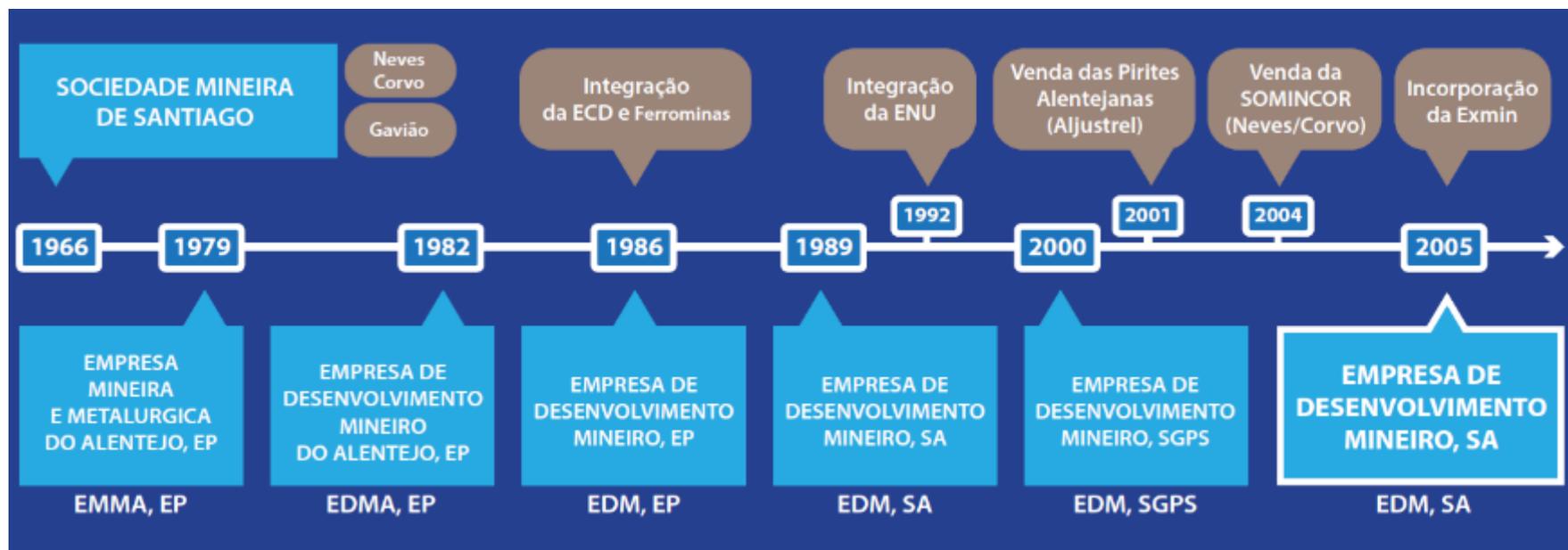


# Índice

1. EDM - EMPRESA DE DESENVOLVIMENTO MINEIRO, S.A.
2. ENQUADRAMENTO
3. ÁREAS MINEIRAS DEGRADADAS: PRINCIPAIS PROBLEMAS
4. ESTRATÉGIA DE INTERVENÇÃO DA EDM
5. PRINCIPAIS MEDIDAS DE RECUPERAÇÃO AMBIENTAL
6. BALANÇO ATUAÇÃO EDM
7. NOVOS DESAFIOS: PROJETO DE AVALIAÇÃO DE RADÃO EM EDIFÍCIOS
8. SOLUÇÕES DE REMEDIAÇÃO AMBIENTAL
9. REABILITAÇÃO DE ANTIGAS ÁREAS MINEIRAS ABANDONADAS
10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

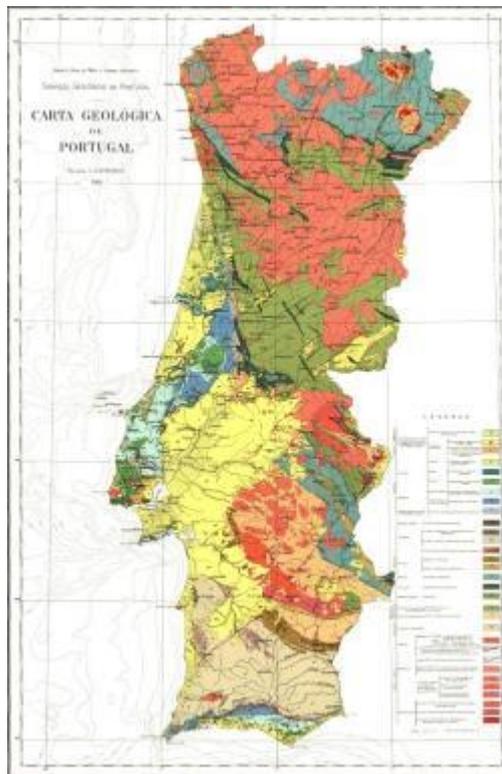
# 1. EDM - Empresa de Desenvolvimento Mineiro, S.A.

- Uma empresa pública com 50 anos
  - Exploração de recursos minerais
  - Recuperação ambiental de antigas áreas mineiras degradadas (Decreto-Lei n.º 198-A/2001, de 6 de julho)

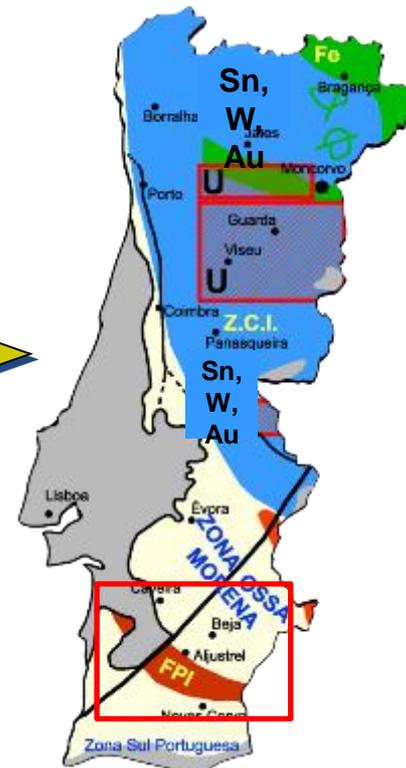


## 2. Enquadramento

- País com elevada diversidade geológica, geotectónica e geodinâmica, com condições específicas na formação de recursos minerais.



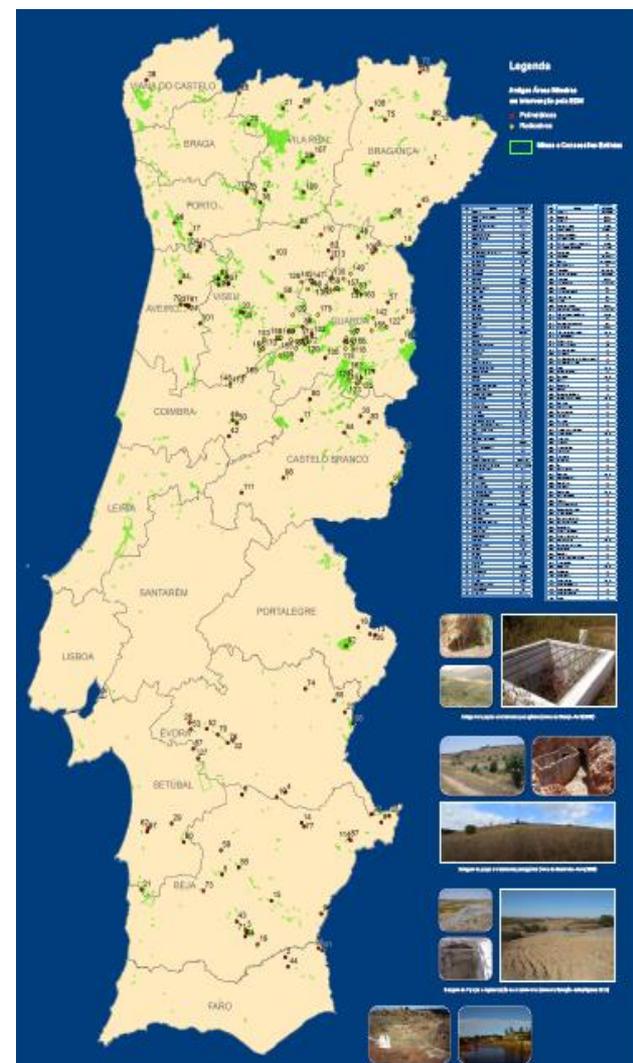
Mainland Geology Map of Portugal, 1:1000.000  
(LNEG Edition)



Metallogenic Portuguese Belts  
(“Abandoned Mine Legacy”, DGGE & EDM Edition)

## 2. Enquadramento

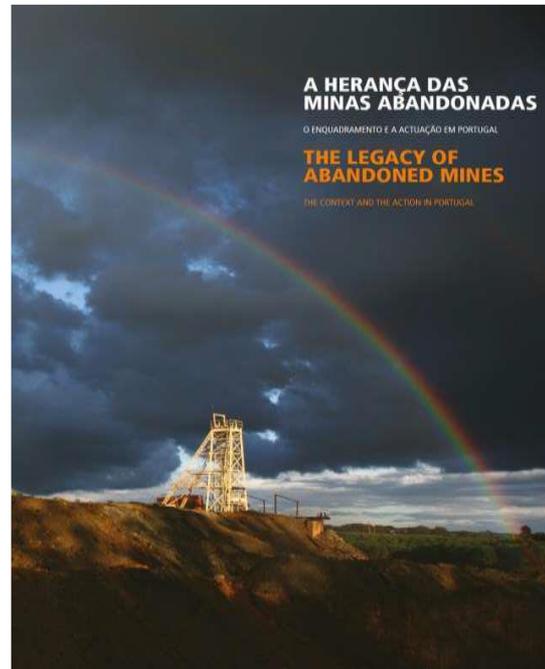
- Exploração mineira registou-se ao longo dos séculos na procura de metais básicos, prata e ouro, especialmente:
  - Tartessos, Cartagineses e Período Romano:
    - Exploração de chapéus-de-ferro da Faixa Piritosa e posterior alargamento a todas as formações sedimentares e filonianas.
- Período Pós-Revolução Industrial (meados séc. XIX até último quartel do séc. XX):
  - Essencialmente formações graníticas e xistosas do Maciço Hespérico e orlas costeiras e dos estuários dos grandes rios, propiciadores à existência de jazigos minerais de natureza diversa.
- Grande crescimento e forte expressão da atividade mineira



## 2. Enquadramento

Passivo ambiental muito significativo, resultante:

- da exploração num contexto legal e estado da arte distinto do actual;
- da cessação “repentina” da exploração, sem adequado encerramento;
- agravado pelo abandono das áreas e instalações mineiras ao longo de décadas.

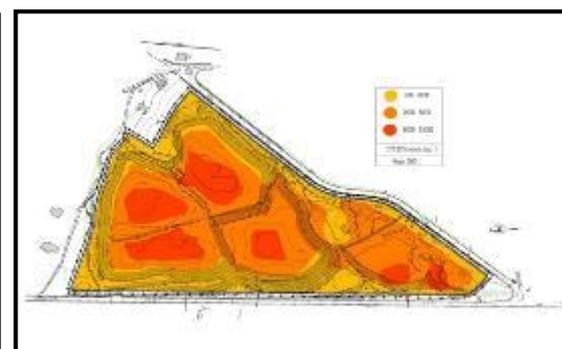
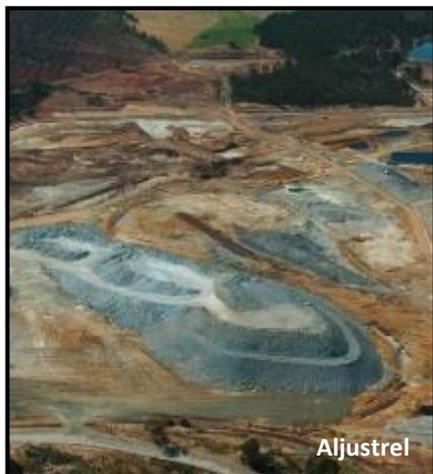


**A reabilitação é um investimento e uma declaração de otimismo**

Publicação da EDM/DGEG

### 3. Áreas mineiras degradadas: principais problemas

- Escombrelras, barragens de rejeitados e outros resíduos mineiros (e.g. radioativos, polimetálicos)



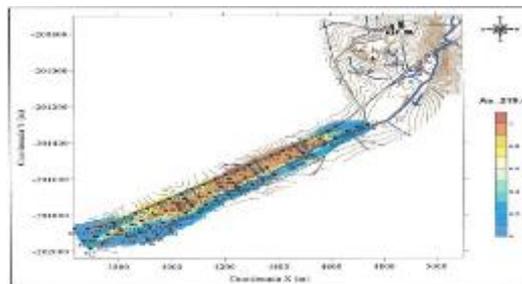
# 3. Áreas mineiras degradadas: principais problemas

- Efluentes e drenagens ácidas de mina



# 3. Áreas mineiras degradadas: principais problemas

- Riscos de segurança
- Contaminação de solos
- Dispersão atmosférica
- Impactes paisagísticos
- Degradação de património industrial



Chemical Treatment Facility (Urgeiriça)



# 4. A Estratégia de Intervenção da EDM

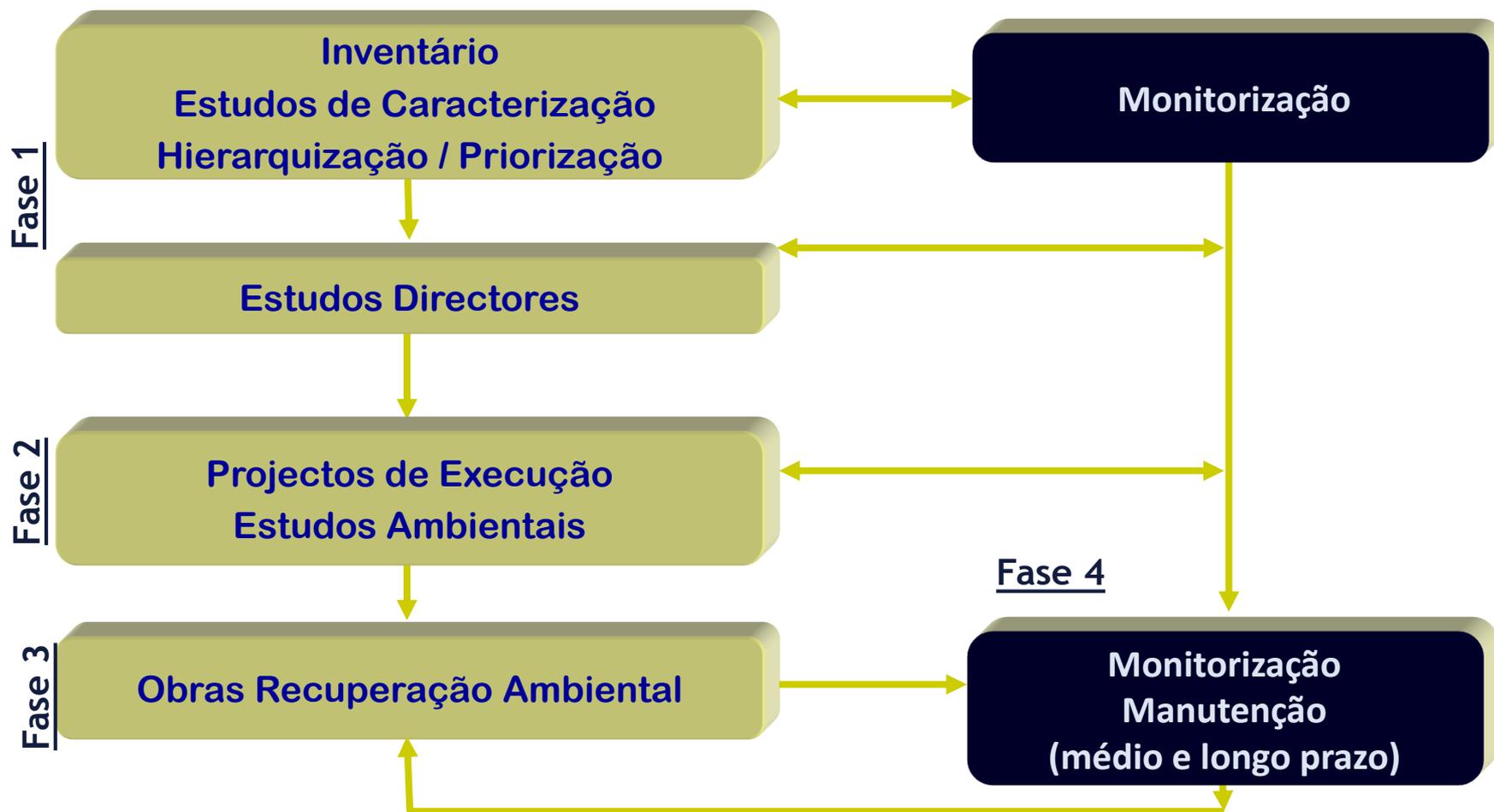
**Considerando:** - Lei de Bases do Ambiente - Legislação sectorial mineira  
- Plano Nacional da Política do Ambiente - Diretivas europeias e legislação nacional de ambiente

O Estado Português atribuiu à EDM a Concessão de Recuperação Ambiental de Áreas Mineiras Degradadas (Decreto-Lei n.º 198-A/2001), renovada pelas RCM nº 62/2011 (4 anos) e RCM nº81/2015 (7 anos)

**Objectivos (Art. 3.º)** Visa a valorização ambiental, cultural e económica das zonas intervencionadas, garantindo a defesa do interesse público e a preservação do património ambiental, tendo em vista:

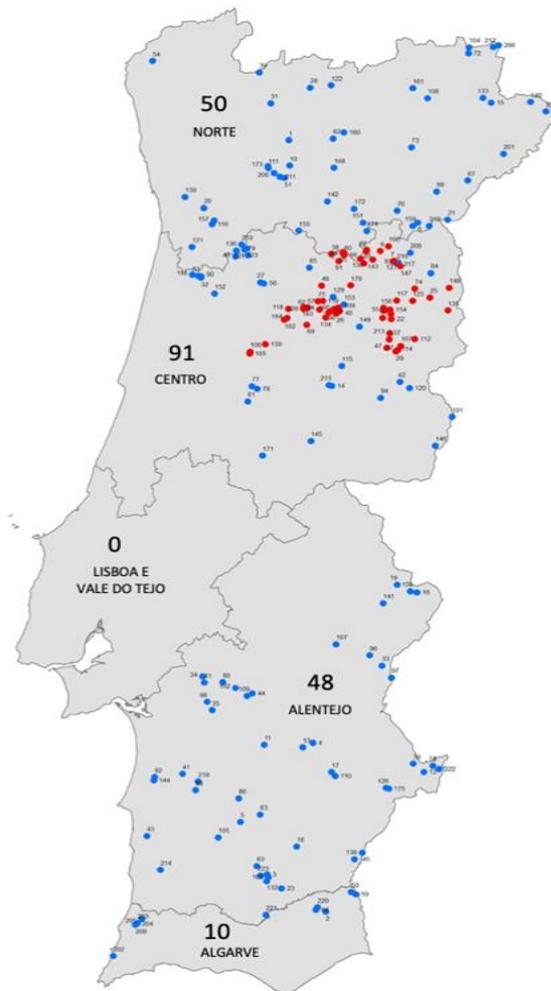
- a) **Eliminar, em condições de estabilidade a longo prazo, os factores de risco que constituam ameaça para a saúde e a segurança públicas (...);**
- b) **Reabilitar a envolvente paisagística e as condições naturais de desenvolvimento da flora e da fauna locais, tendo como referência os habitats anteriores de explorações;**
- c) **Assegurar a preservação do património abandonado pelas antigas explorações (...);**
- d) **Assegurar as condições necessárias para o estudo, preservação e valorização de vestígios arqueológicos, eventualmente existentes, relacionados com a actividade mineira;**
- e) **Permitir uma utilização futura das áreas recuperadas, em função da sua aptidão específica, em cada caso concreto, designadamente para utilização agrícola ou florestal, promoção turística e cultural, além de outros tipos de aproveitamento que se revelem adequados e convenientes.**

## 4. A Estratégia de Intervenção da EDM



# 4. A Estratégia de Intervenção da EDM

Inventário de áreas mineiras degradadas (Atualmente 199 antigas áreas mineiras)



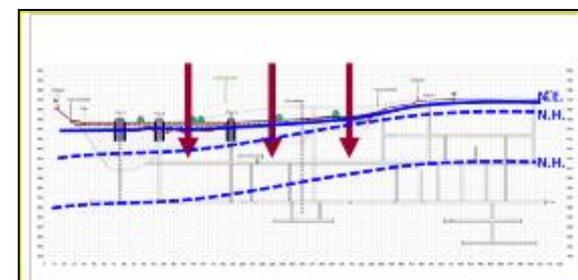
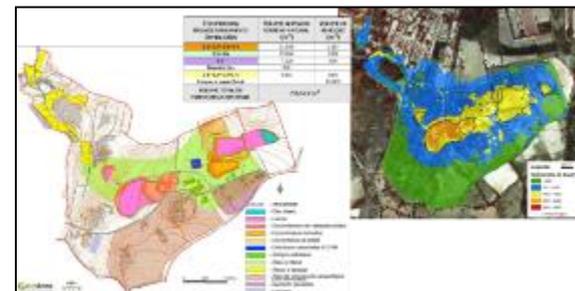
Nº	Mina
2	Alto da Paiz
3	Alto das Varas
4	A. do Cavaleiro
5	Barranco (Pábrica)
6	Barranco Funchal
7	Barranco do Prango
8	Barranco
9	Beira
10	Canto do Lagar
11	Carreira
12	Carriço
13	Castelão
14	Castelo
15	Castelo
16	Castelo
17	Castelo
18	Castelo
19	Castelo
20	Castelo
21	Castelo
22	Castelo
23	Castelo
24	Castelo
25	Castelo
26	Castelo
27	Castelo
28	Castelo
29	Castelo
30	Castelo
31	Castelo
32	Castelo
33	Castelo
34	Castelo
35	Castelo
36	Castelo
37	Castelo
38	Castelo
39	Castelo
40	Castelo
41	Castelo
42	Castelo
43	Castelo
44	Castelo
45	Castelo
46	Castelo
47	Castelo
48	Castelo
49	Castelo
50	Castelo
51	Castelo
52	Castelo
53	Castelo
54	Castelo
55	Castelo
56	Castelo
57	Castelo
58	Castelo
59	Castelo
60	Castelo
61	Castelo
62	Castelo
63	Castelo
64	Castelo
65	Castelo
66	Castelo
67	Castelo
68	Castelo
69	Castelo
70	Castelo
71	Castelo
72	Castelo
73	Castelo
74	Castelo
75	Castelo
76	Castelo
77	Castelo
78	Castelo
79	Castelo
80	Castelo
81	Castelo
82	Castelo
83	Castelo
84	Castelo
85	Castelo
86	Castelo
87	Castelo
88	Castelo
89	Castelo
90	Castelo
91	Castelo
92	Castelo
93	Castelo
94	Castelo
95	Castelo
96	Castelo
97	Castelo
98	Castelo
99	Castelo
100	Castelo
101	Castelo
102	Castelo
103	Castelo
104	Castelo
105	Castelo
106	Castelo
107	Castelo
108	Castelo
109	Castelo
110	Castelo
111	Castelo
112	Castelo
113	Castelo
114	Castelo
115	Castelo
116	Castelo
117	Castelo
118	Castelo
119	Castelo
120	Castelo
121	Castelo
122	Castelo
123	Castelo
124	Castelo
125	Castelo
126	Castelo
127	Castelo
128	Castelo
129	Castelo
130	Castelo
131	Castelo
132	Castelo
133	Castelo
134	Castelo
135	Castelo
136	Castelo
137	Castelo
138	Castelo
139	Castelo
140	Castelo
141	Castelo
142	Castelo
143	Castelo
144	Castelo
145	Castelo
146	Castelo
147	Castelo
148	Castelo
149	Castelo
150	Castelo
151	Castelo
152	Castelo
153	Castelo
154	Castelo
155	Castelo
156	Castelo
157	Castelo
158	Castelo
159	Castelo
160	Castelo
161	Castelo
162	Castelo
163	Castelo
164	Castelo
165	Castelo
166	Castelo
167	Castelo
168	Castelo
169	Castelo
170	Castelo
171	Castelo
172	Castelo
173	Castelo
174	Castelo
175	Castelo
176	Castelo
177	Castelo
178	Castelo
179	Castelo
180	Castelo
181	Castelo
182	Castelo
183	Castelo
184	Castelo
185	Castelo
186	Castelo
187	Castelo
188	Castelo
189	Castelo
190	Castelo
191	Castelo
192	Castelo
193	Castelo
194	Castelo
195	Castelo
196	Castelo
197	Castelo
198	Castelo
199	Castelo

Nº	Mina
199	Serra de Bois
200	Tarouca
201	Torres da Moita
202	Torre
203	Vale das Gatas
204	Vale
205	Arundelinho
206	Faial
207	Azêdo-Machochinho
208	Muro
209	Pamplona
210	Recheira
211	Mesa de Meica Dago da Ponte
212	Mesa de Meica Ferrada
213	Pa. Afonso
214	Alto do São
215	Alto
216	Apenha
217	Barança
218	Caldas de S. João
219	Costas do Marão
220	Eira do Brejo
221	Ferrelado
222	Lagoas do Paço
223	Martim
224	Monte do
225	Montes
226	Monte dos Mestres
227	Monte de S. João
228	Orde
229	S. João
230	Alto de S. João
231	Carapateira (Bordado)
232	Costa do Sobro
233	Quilama
234	Alcázar de S. João
235	Alcázar de S. João
236	Alcázar de S. João
237	Alcázar de S. João
238	Alcázar de S. João
239	Alcázar de S. João
240	Alcázar de S. João
241	Alcázar de S. João
242	Alcázar de S. João
243	Alcázar de S. João
244	Alcázar de S. João
245	Alcázar de S. João
246	Alcázar de S. João
247	Alcázar de S. João
248	Alcázar de S. João
249	Alcázar de S. João
250	Alcázar de S. João
251	Alcázar de S. João
252	Alcázar de S. João
253	Alcázar de S. João
254	Alcázar de S. João
255	Alcázar de S. João
256	Alcázar de S. João
257	Alcázar de S. João
258	Alcázar de S. João
259	Alcázar de S. João
260	Alcázar de S. João
261	Alcázar de S. João
262	Alcázar de S. João
263	Alcázar de S. João
264	Alcázar de S. João
265	Alcázar de S. João
266	Alcázar de S. João
267	Alcázar de S. João
268	Alcázar de S. João
269	Alcázar de S. João
270	Alcázar de S. João
271	Alcázar de S. João
272	Alcázar de S. João
273	Alcázar de S. João
274	Alcázar de S. João
275	Alcázar de S. João
276	Alcázar de S. João
277	Alcázar de S. João
278	Alcázar de S. João
279	Alcázar de S. João
280	Alcázar de S. João
281	Alcázar de S. João
282	Alcázar de S. João
283	Alcázar de S. João
284	Alcázar de S. João
285	Alcázar de S. João
286	Alcázar de S. João
287	Alcázar de S. João
288	Alcázar de S. João
289	Alcázar de S. João
290	Alcázar de S. João
291	Alcázar de S. João
292	Alcázar de S. João
293	Alcázar de S. João
294	Alcázar de S. João
295	Alcázar de S. João
296	Alcázar de S. João
297	Alcázar de S. João
298	Alcázar de S. João
299	Alcázar de S. João
300	Alcázar de S. João

# 5. Principais medidas de recuperação ambiental

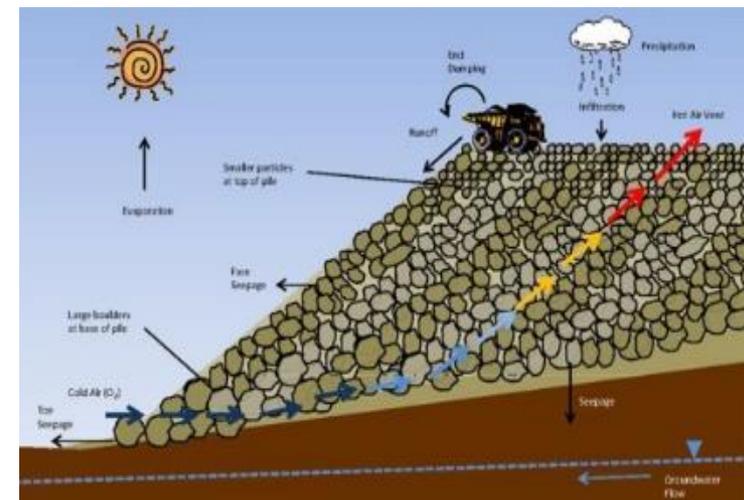
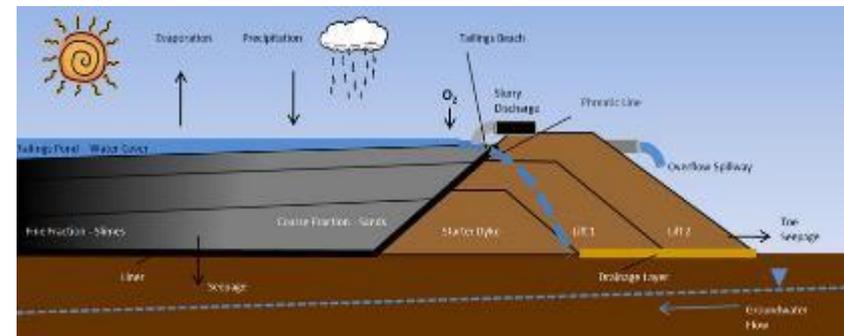
## Objetivos:

- **Confinamento técnico de resíduos mineiros**
  - “Eliminação” focos de contaminação
  - Modelação e estabilização física
  - Minimização de produção de lixiviados
  - Minimização de teores de radiometria
  - Minimização emissão de gás radão
- **Gestão de “águas”**
  - Evitar contaminação de águas limpas
  - Intercepção e drenagem de águas de “mina”
  - Assegurar tratamento de águas de mina
- **Preservação de património**
- **Resolução de problemas de segurança**
- **Integração paisagística**
- **Potenciar usos futuros**



# 5. Principais medidas de recuperação ambiental

- Caracterização:
  - Histórico de exploração
  - Tipo de deposição:
    - Escombrelras
    - Barragens
  - Características físicas
  - Características químicas



The International Network for Acid Prevention (INAP), 2009. Global Acid Rock Drainage Guide (GARD Guide). <http://www.gardguide.com/>

**Estabilidade física /  
geotécnica**

**Estabilidade  
química**

**Linhas de água e solos  
envolventes**

**Dispersão  
eólica**

**Lixiviados, Acid  
Mine Drainage**

## 6. Balanço atuação EDM (em setembro 2020)

- 111 áreas mineiras intervencionadas e em curso (56%)
  - 47 minérios radioativos (76%)
  - 64 minérios polimetálicos (47%)

MINAS ATUAÇÕES												
Período 2001-2020												
NUTS II	Intervencionadas						Inventariadas					
	Norte	Centro	Área Metropolitana de Lisboa	Alentejo	Algarve	TOTAL	Norte	Centro	Área Metropolitana de Lisboa	Alentejo	Algarve	TOTAL
Radioativos	2	45	0	0	0	47	2	60	0	0	0	62
Polimetálicos	26	22	0	11	5	64	48	31	0	48	10	137
<b>TOTAL</b>	<b>28</b>	<b>60</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>111</b>	<b>50</b>	<b>91</b>	<b>0</b>	<b>48</b>	<b>10</b>	<b>199</b>

## 6. Balanço atuação EDM

- Áreas mineiras por intervencionar - minérios radioativos

NÍVEL DE INTERVENÇÃO		ÁREAS MINEIRAS INTERVENZIONADAS OU EM CURSO	ÁREAS MINEIRAS POR INTERVENZIONAR
1	1A	Urgeiriça, Cunha Baixa, Bica, <b>Quinta do Bispo Fase 1</b>	Quinta do Bispo Restantes Fases (Mangualde)
	1B	Castelejo, Senhora das Fontes	-
2		Vale da Abrutiga, Vales, Forte Velho, Rosmaneira, Vale d'Arca, Antiga Fábrica de Rádio do Barracão	<b>São Domingos-Barrôco do Ouro (Trancoso)</b>
3		Freixiosa, <b>Mondego Sul</b> , Espinho, Valdante, Prado Velho, Freixinho, Pêra do Moço, Fontinha, Barrôco 1, Formiga, Vale Covo, Alto da Várzea, Carrasca, Coitos, Pedreiros, Corguinha e Prazos, Fonte Velha, <b>Ribeira do Bôco (Gouveia), Picoto (Nelas), Canto do Lagar (Gouveia), Mortórios (Mêda)</b>	<b>A-do-Cavalo (Trancoso)</b> Maria Dónis (Aguiar da Beira) Mestras (Aguiar da Beira) Pinhal do Souto (Mangualde) <b>Reboleiro (Sernancelhe e Trancoso)</b> Tentinholho (Guarda)
4		Póvoa de Cervães, Sevilha, Tapada dos Mercados, Ribeira do Ferro, Alto da Rasa, Luz, Cótimos, Vale do Tamão, Vale da Videira, Pai Moniz, Sentinela, Fontainhas-Gradiz, Carril.	<b>Quinta das Seixas (Trancoso)</b>

## 6. Balanço atuação EDM (áreas mineiras degradadas)

- 88,6 M€ de investimento entre 2000 e 2015
  - 52,6 M€ minérios radioativos
  - 36,0 M€ minérios polimetálicos
- 41,2 M€ de investimento em curso 2016-2020
  - 33,3M€ minérios radioativos
  - 7,9 M€ minérios polimetálicos
- 59,3 M€ de investimento previsto
  - 25,3 M€ minérios radioativos
  - 34,0 M€ minérios polimetálicos



# 7. Novos desafios: Projeto de avaliação de radão em edifícios

## Minimizar os riscos da exposição ao gás radão

- O radão no interior dos edifícios e principalmente nas habitações é um problema em regiões de elevada radioatividade, pela atividade mineira ou pelo fundo radiológico natural
- A remediação ambiental das antigas minas de radioativos, para além de contribuir para uma inegável mais valia para os territórios e para as populações residentes na sua envolvente, tem também contribuído para o avanço do conhecimento científico sobre esta temática.

Desde o seu início, e ao longo das diferentes fases que a integraram até ao momento presente, a EDM tem estabelecido com a Universidade de Coimbra, em particular com o Laboratório de Radioatividade Natural, no Departamento de Ciências da Terra da Faculdade de Ciências e Tecnologia, de forma ativa, sinergia de conhecimento nesta área.

## 7. Novos desafios: Projeto de avaliação de radão em edifícios

A EDM pretende contribuir com o conhecimento e experiência já adquirida, para uma proteção efetiva da população à exposição às radiações ionizantes, quanto à exposição à radioatividade natural, em particular ao gás radão.

# 7. Novos desafios: Projeto de avaliação de radão em edifícios

## Aspetos mais relevantes (PNR):

- a) Identificação das áreas de risco e avaliação prévia dos terrenos a urbanizar através da medição da concentração do gás radão em solos (designado usualmente como radão geogénico);
- b) Estratégias, incluindo métodos e técnicas, para impedir a migração do gás para o interior dos edifícios, integrando ainda a avaliação prévia da exalação a partir dos materiais usados na construção;
- c) Certificação dos métodos bem como a instrumentação de medida (acreditação).

# 7. Novos desafios: Projeto de avaliação de radão em edifícios

## Avaliação do Radão em Edifícios

- Experiência e competência de atuação na reabilitação ambiental das antigas áreas mineiras degradadas, na área dos radiativos
- Oportunidade de diversificar áreas de negócios sustentáveis
- Alinhamento com o Decreto-Lei nº 108/2018, de 3 de dezembro e estratégia do Plano nacional para o radão
- Sendo consequente nas exigências construtivas relevantes

***Caracterizar e remediar edificado existente com concentrações elevadas de radão, bem como aplicar medidas e técnicas construtivas preventivas para o radão, em edifícios a construir***

# 8. Soluções de remediação ambiental



# 8. Soluções de remediação ambiental

## Área Mineira da Urgeiriça



# 8. Soluções de remediação ambiental

## Antiga Oficina de Tratamento Químico

Descontaminação e requalificação do edificado para futura utilização pública

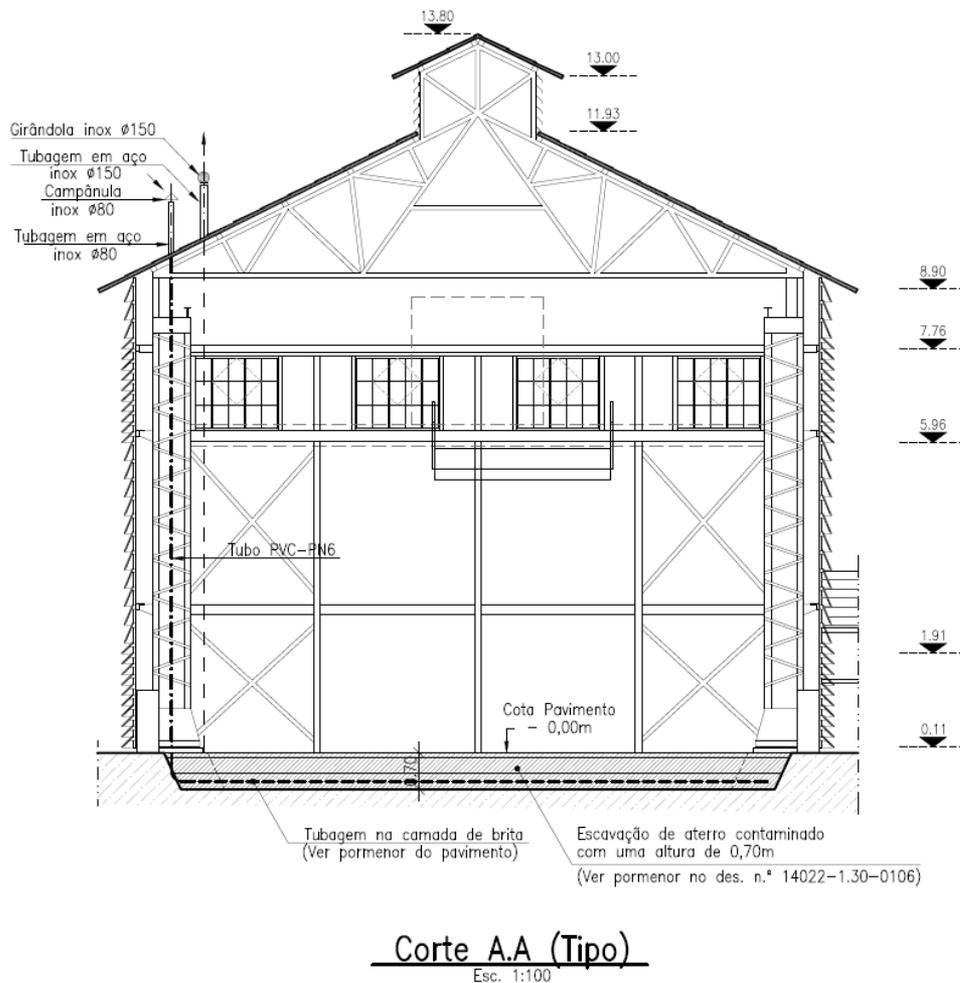
Antes

Depois (2020)



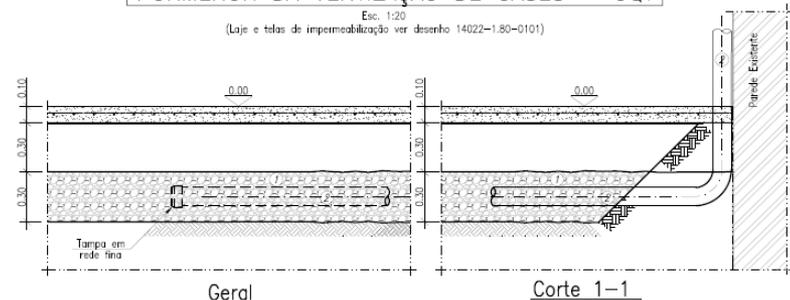
# 8. Soluções de remediação ambiental

## Urgeiriça (urânio) OTQ



### PORMENOR DA VENTILAÇÃO DE GASES – OQT

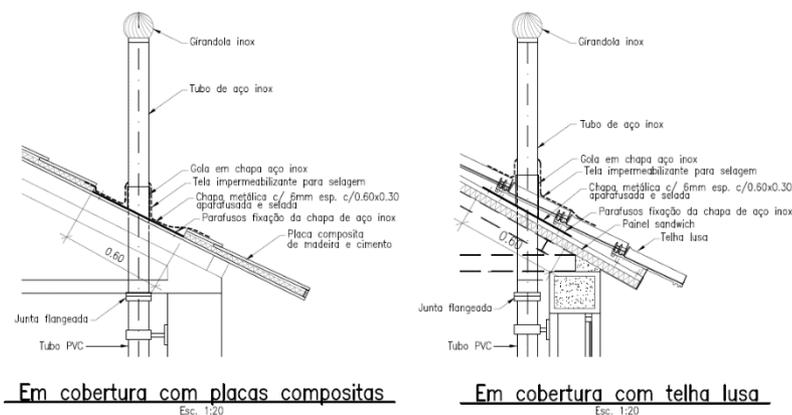
Esc. 1:20  
(Laje e telas de impermeabilização ver desenho 14022-1.80-0101)



#### LEGENDA:

- 1 - Camada de brita 25/35 (granítica ou calcária) com 0,30m
- 2 - Tubagem PVC-PN6

### PORMENORES DE FIXAÇÃO E REMATE DAS CHAMINÉS



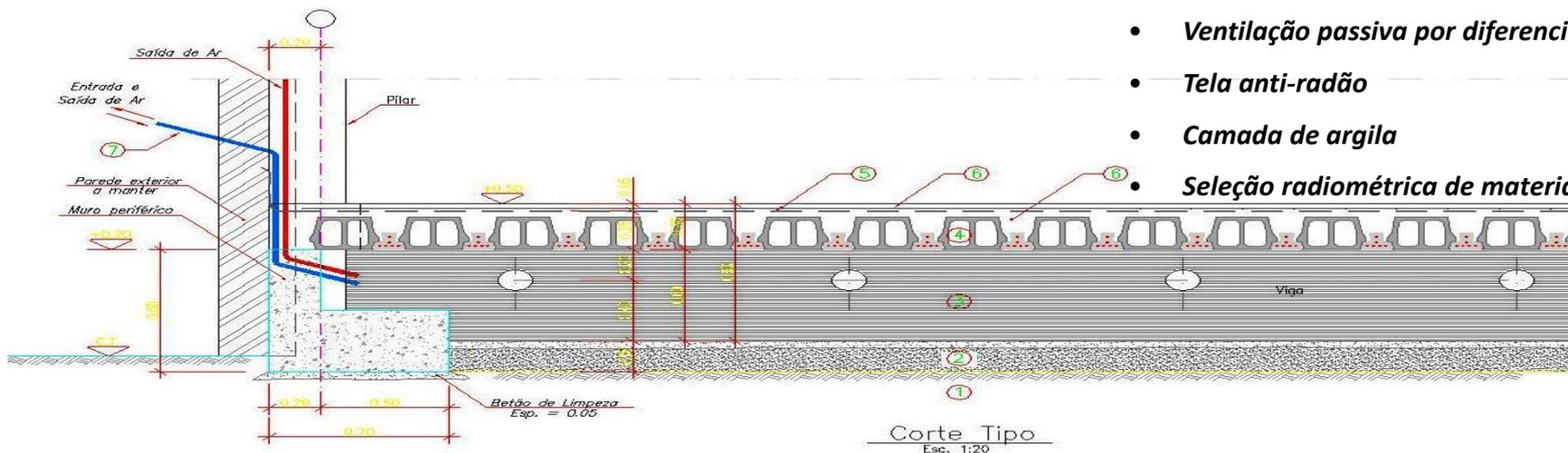
# 8. Soluções de remediação ambiental

## Urgeiriça – Antigo Laboratório, Projeto desenvolvido para edifícios

### SISTEMA DE VENTILAÇÃO DE GÁS RADÃO

Técnicas usadas:

- **Ventilação passiva por diferencial térmico**
- **Tela anti-radão**
- **Camada de argila**
- **Seleção radiométrica de materiais**



LEGENDA:

- ① – Aterro nivelado recorrendo a solos de empréstimo de baixa radiometria. (Ver nota 11)
- ② – Camada de argila compactada c/espessura de 0.20m.
- ③ – Caixa de ar com 0.50m, com entradas e saídas em volta de todo o edifício, prevendo-se numa forma circular para poder vir a ser instalados exaustores de ar.
- ④ – Laje em vigotas.
- ⑤ – Tela Anti-radão devidamente selada às paredes.
- ⑥ – Malha eletrosoldada AQ50
- ⑦ – Tubos em PVC Ø80 saída do gás radão.

SIMBOLOGIA

- Saída de Gás Radão
- Entrada/Saída de ar

# 8. Soluções de remediação ambiental

## Urgeiriça (urânio) OTQ



Escavação e substituição de solos até uma profundidade mínima de 0,30m



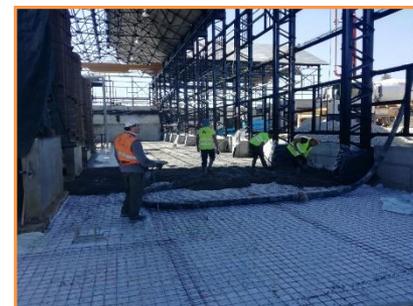
Escavação e substituição de solos até uma profundidade mínima de 0,30m



Camada de brita com mínimo de 0,30m de espessura



Preparação da camada de acabamento final (betonilha reforçada)

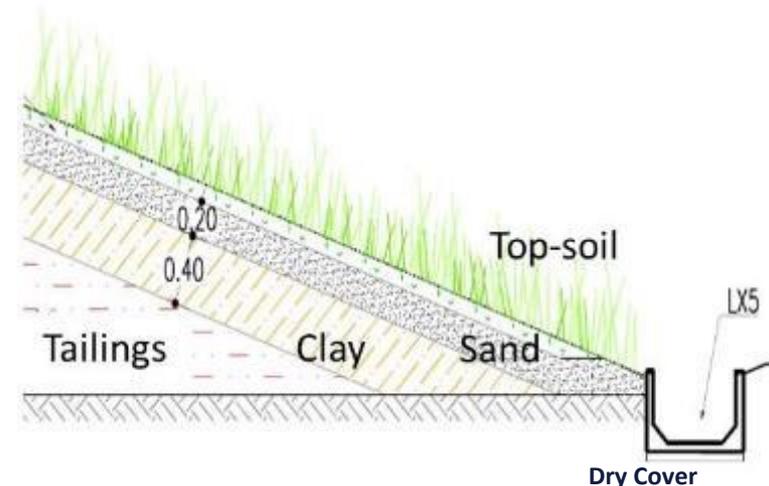
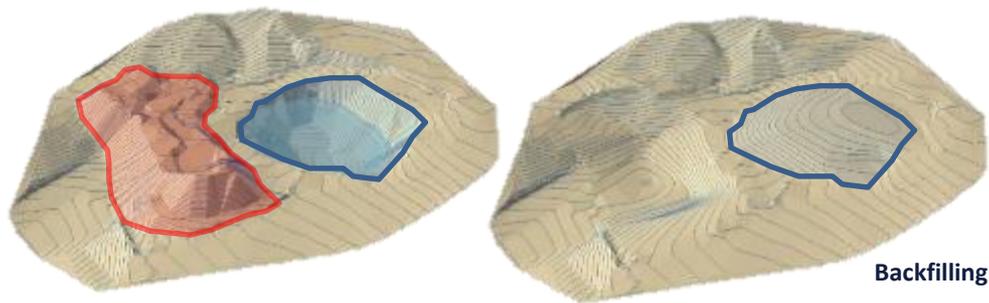


Execução acabamento final (betonilha reforçada)

Durante

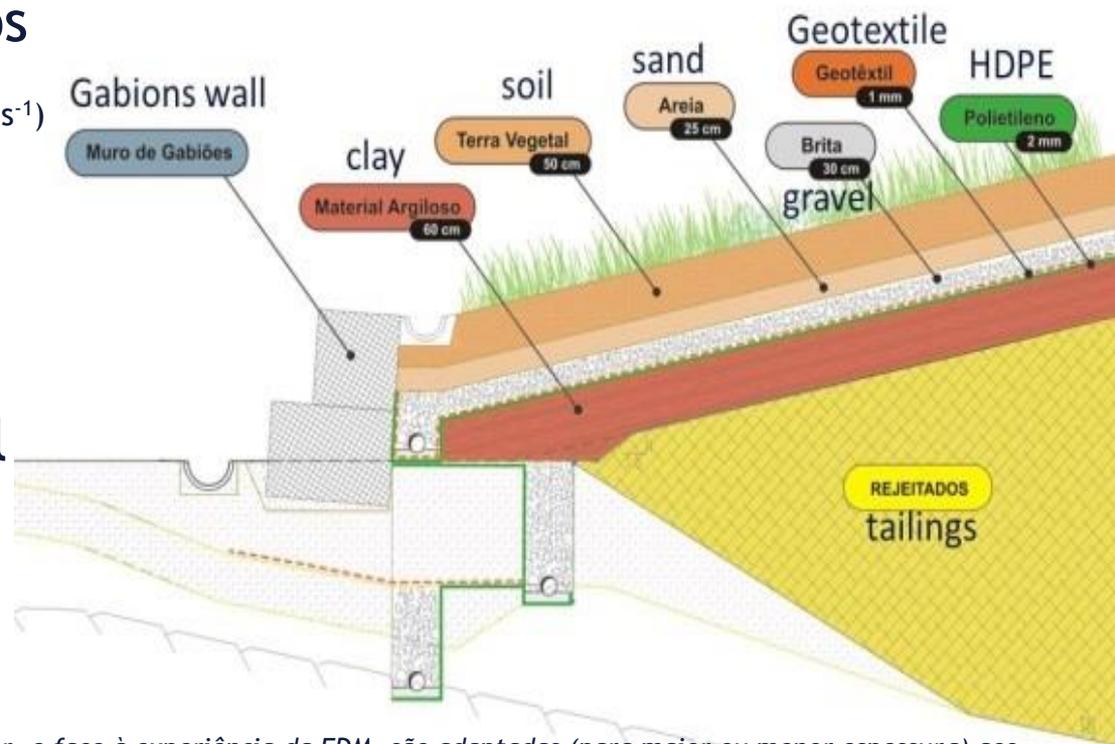
## 8. Soluções de remediação ambiental

- Soluções de confinamento de resíduos mineiros
  - *Backfilling* (e.g. enchimento cortas, poços ou galerias mineiras)
  - Selagem técnica (barreiras de impermeabilização)
    - » Artificiais (e.g. telas PEAD)
    - » Naturais (e.g. argila)
    - » Mistas
  - Outras (e.g. tecnosolos)



## 8. Soluções de remediação ambiental

- Selagem e confinamento resíduos mineiros radioativos
  - Sistema de selagem multicamada
  - Rejeitados/escombros
  - 0,60\* m argila ( $k= 10^{-9} \text{ cm.s}^{-1}$ )
  - Tela PEAD 2 mm
  - 0,30\* m brita
  - 0,25\* m areia
  - 0,50\* m terra vegetal
  - Coberto vegetal
  - (geotêxtil)



*\*as espessuras das camadas de revestimento superior, e face à experiência da EDM, são adaptadas (para maior ou menor espessura) aos tipos e características de solos e materiais a confinar*

*\*\* possibilidade de aplicação de geocompostos e geodrenantes em substituição de camadas convencionais de areia e brita*

# 8. Soluções de remediação ambiental

- Resultados “Barragem Velha” da Urgeiriça:

- Radiometria de superfície (Cintilómetro, SPP2)

- Antes: **15.000 c.p.s.** (máx.)

- Pós-remediação: **300 c.p.s.** (máx.)

- Radiação externa

- Antes: **7,5  $\mu\text{Gy/h}$**  (máx.)

- Pós-remediação : **0,35  $\mu\text{Gy/h}$**  (máx.)

Antes...

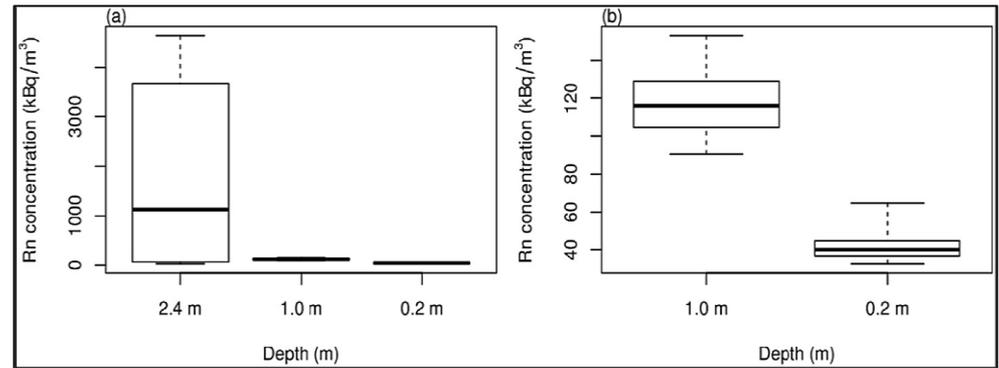
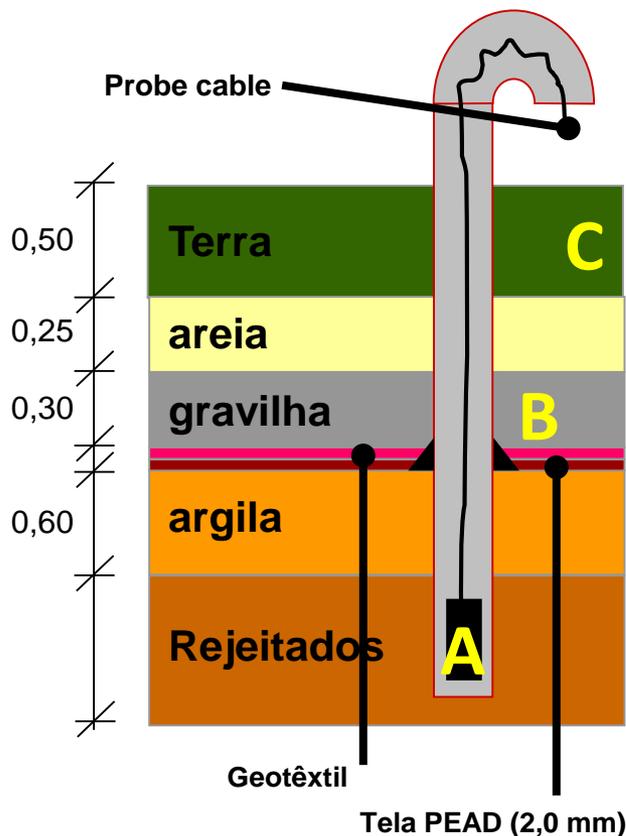


Depois...

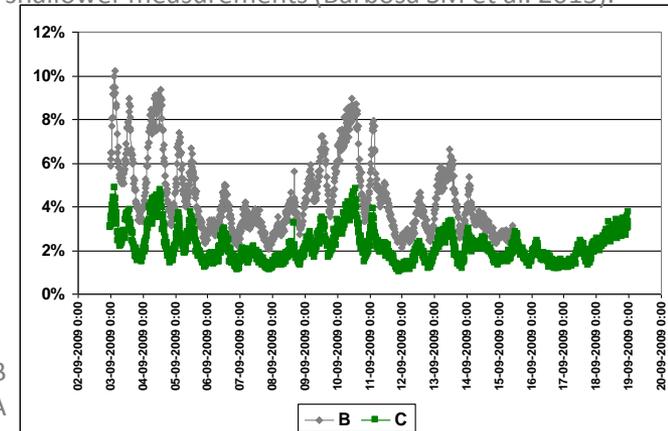


# 8. Soluções de remediação ambiental

- Resultados “Barragem Velha” da Urgeiriça:
  - Redução da concentração de gás radão em 97%



Boxplots of the radon concentration values (left) measured at the 3 depths and (right) detailed view for the shallower measurements (Barbosa SM et al. 2015).

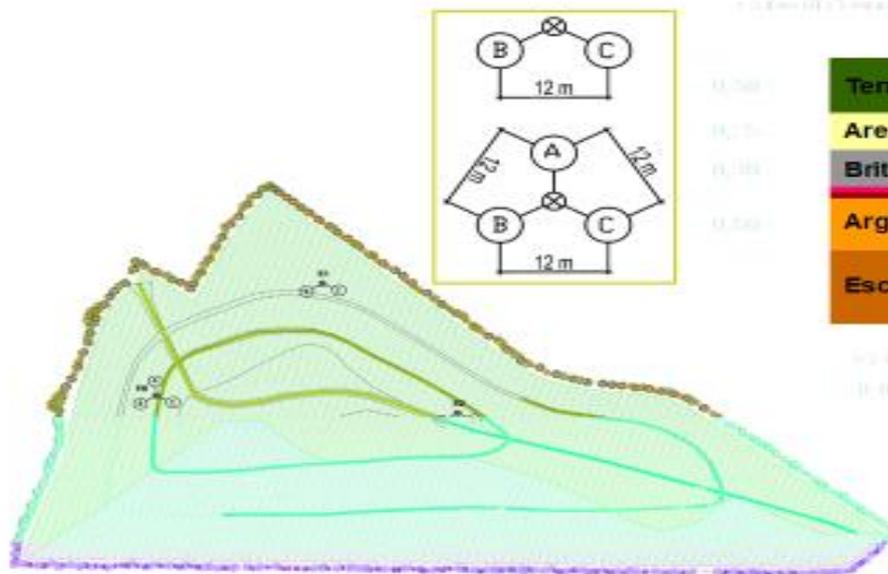


Relative concentration in B and C probes related to A

# 8. Soluções de remediação ambiental

URGÊNCIA - MAIO 2011

## Monitorização em Contínuo do Radão na Barragem Velha

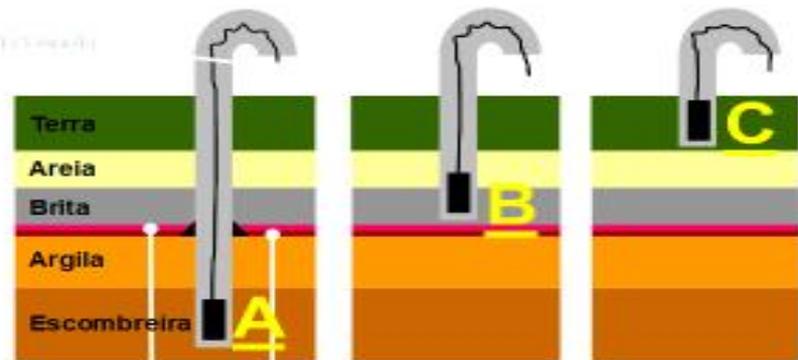


0,500

0,250

0,000

0,250



0,500

0,250

0,000

0,250

# 8. Soluções de remediação ambiental

## Mina da Urgeiriça: Barragem Velha



Controlo Radiométrico e Medição de fluxos de Radão 222 após selagem (argila)

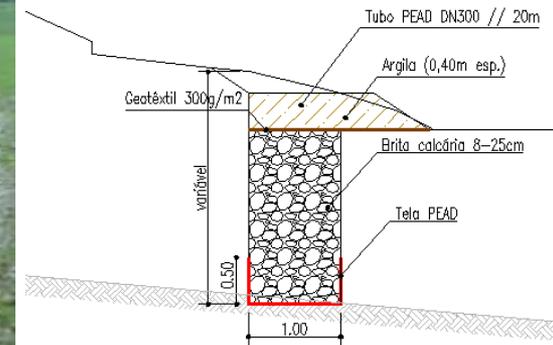


Medição de fluxos de Radão 222 após selagem final (terra vegetal)

Fluxos de Radão medidos:  
Máx= 3,5 > Min=0,004 Bq/m<sup>2</sup>.s

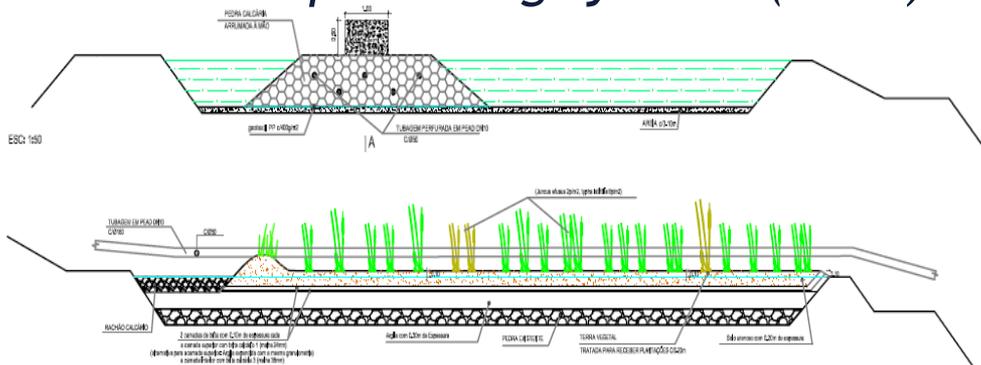
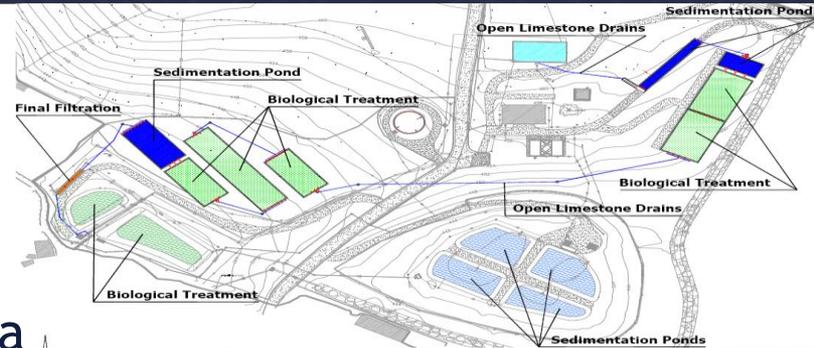
# 8. Soluções de remediação ambiental

- Gestão de águas nas áreas mineiras
  - Canais Perimetrais
  - Sistemas separativos de águas pluviais e contaminadas
    - Superficiais
    - Subterrâneas
  - Drenos de brita calcária
  - Drenos anóxicos de brita calcária
  - Barreiras geológicas
  - Barreiras reactivas permeáveis



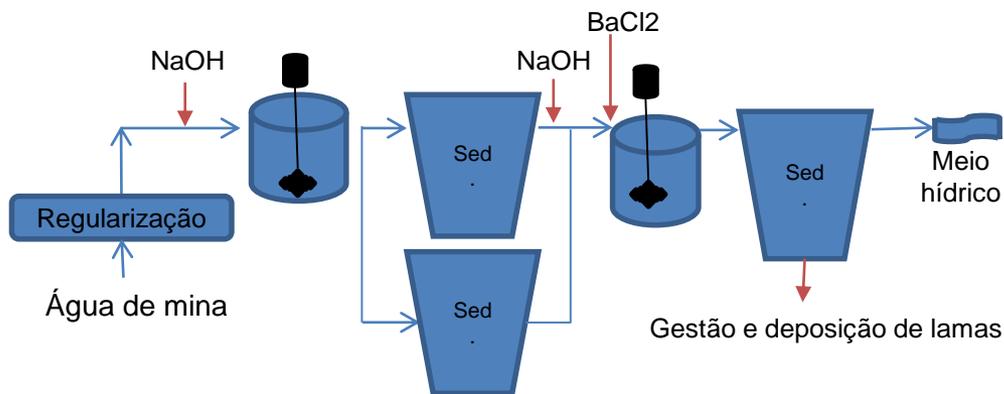
# 8. Soluções de remediação ambiental

- Tratamento de águas de mina
  - Sistemas de tratamento passivos
    - cascatas de arejamento
    - Leitões e drenos de brita calcária
    - Bacias de decantação
    - Sistemas biológicos (wetlands aeróbias ou anaeróbias)
    - *Reducing and alkalinity producing systems (RAPS)*



# 8. Soluções de remediação ambiental

- Tratamento de águas de mina
  - Sistemas de tratamento activos



## 8. Soluções de remediação ambiental



# 8. Soluções de remediação ambiental

## Urgeiriça

- Infraestrutura de mina construída na década de 50 pela Companhia Portuguesa de Radium (CPR) → Junta de Energia Nuclear (JEN) → Empresa Nacional de Urânio(ENU) → EDM
- Parque habitacional, antiga escola, equipamentos sociais, casa do pessoal das atividades culturais da mina, igreja, moinho público, refeitório ...



“Bairro dos Engenheiros”

“Bairro dos Mineiros”

## 8. Soluções de remediação ambiental

Decisão governamental de apoiar a remediação Ambiental das infraestruturas do da ex-ENU, atual Parque habitacional localizado na Urgeiriça



Protocolo entre a EDM e representantes da população local



Objetivos:

- **ESTUDO DE CARACTERIZAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL**  
(Laboratório de Radioatividade Natural da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra)
- **MINIMIZAÇÃO OU ELIMINAÇÃO DAS CONTAMINAÇÕES**  
**EVENTUALMENTE DETETADAS** (proprietários)

# 8. Soluções de remediação ambiental

## CARACTERIZAÇÃO RADIOLÓGICA AMBIENTAL (objetivo pós remediação no interior da habitação)

- Verificação da radiação externa  $0,17 < \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1} < 0,19$
- Concentrações do gás radão habituais  $< 300/400 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$

## MINIMIZAÇÃO OU ELIMINAÇÃO DAS CONTAMINAÇÕES

- Elaboração de Projetos técnicos de engenharia
- Levar a cabo o acompanhamento técnico da execução das ações de construção civil de acordo com o projeto técnico
- Monitorizar



## 8. Soluções de remediação ambiental

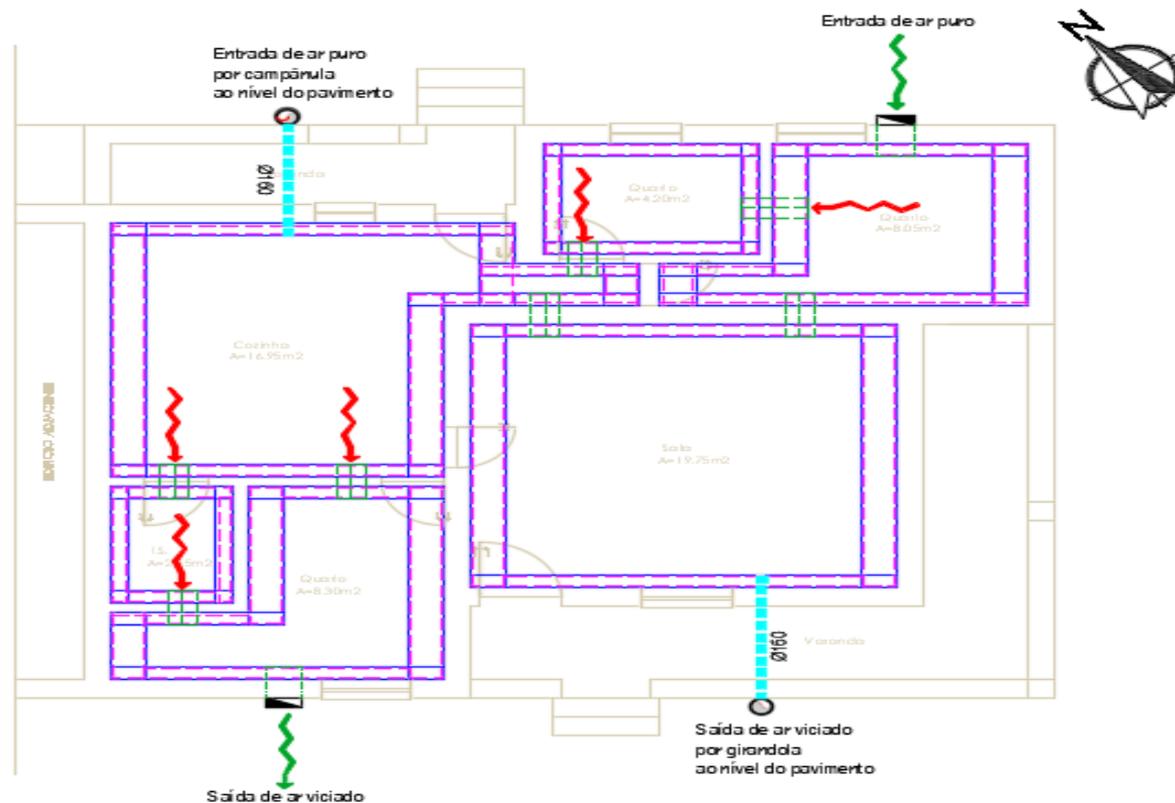
Trabalhos de caracterização RADIOLÓGICA, medição de:

- Concentração de gás radão no interior da habitação
- Radiação externa nos logradouros



# 8. Soluções de remediação ambiental

Sistemas de ventilação dupla ➡ utilização de gradientes térmicos e pressão atmosférica



# 8. Soluções de remediação ambiental

Trabalhos de remoção de aterro sanitário subterrâneo



Trabalhos de remoção de fundações existentes



## 8. Soluções de remediação ambiental

Fundações com estrutura ventilada após a remoção das fundações existentes



# 8. Soluções de remediação ambiental

Solução construtiva adaptada à problemática do radão:

a) Acima da laje estrutural de pavimento:

- a) Tela anti radão (e isolamento termico)
- b) Sistema de ventilação admissão  
 $\Phi$  150mm

b) Abaixo da laje estrutural de pavimento

- a) Sistema de ventilação natural admissão  
 $\Phi$  200mm

a) Sistema de ventilação exterior

- a) Sistema de ventilação extração  
 $\Phi$  110 mm



# REABILITAÇÃO AMBIENTAL DA ESCOMBREIRA DA BARRAGEM VELHA DOS REJEITADOS DA URGEIRIÇA

Remoção para Barragem de Rejeitados Velha

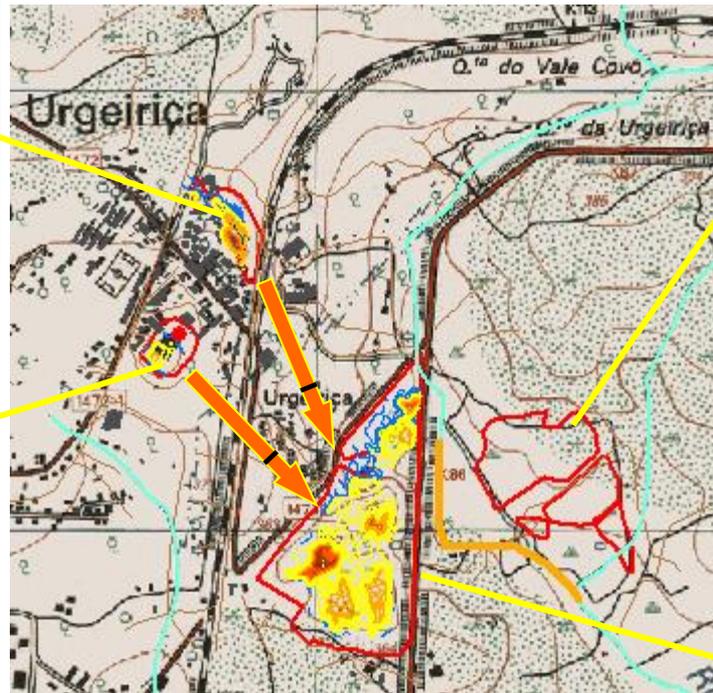


Depósito de minérios: 30.000 ton

Remoção para Barragem de Rejeitados Velha



Escombreira do Poço de Sta. Bárbara : 170.000 ton



Confinamento in situ

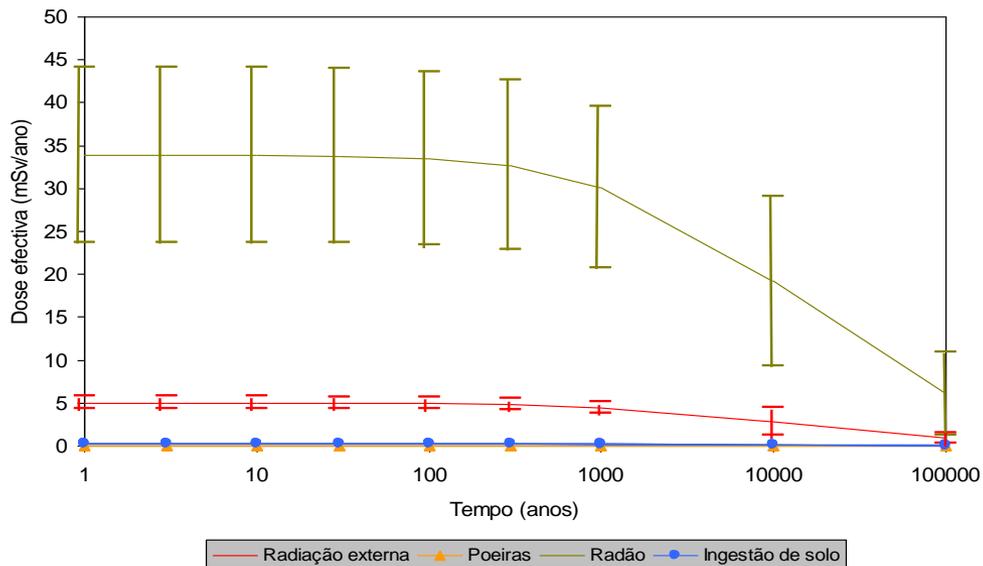


Barragem de Rejeitados Nova: 2.000.000 ton

Confinamento in situ



Barragem de Rejeitados Velha: 2.800.000 ton

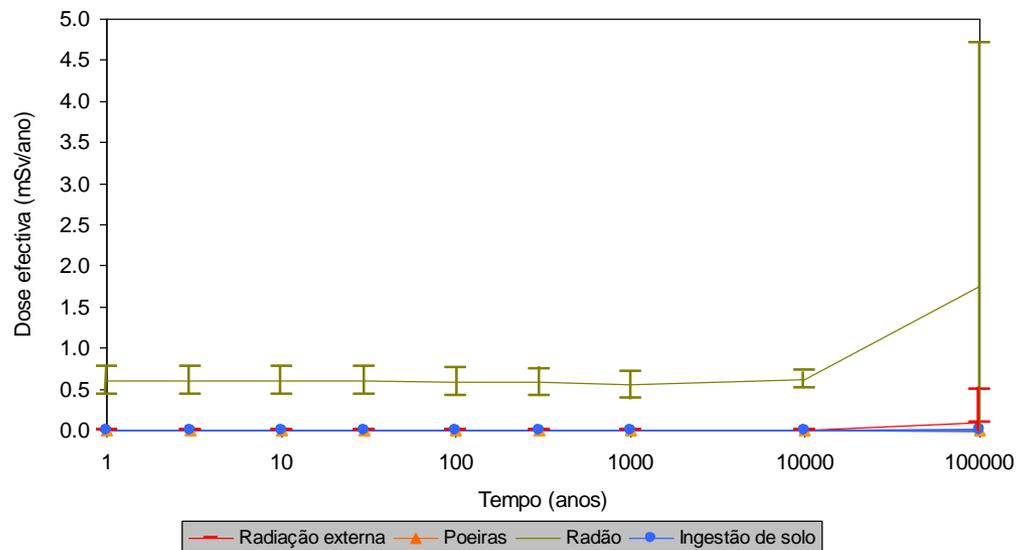


## Avaliação da eficácia da remediação com base na modelação numérica da dose efetiva

Manutenção do cenário actual

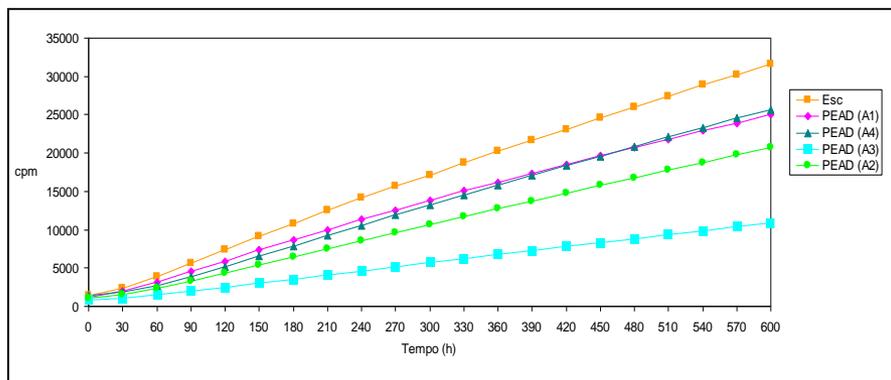


Após obras de remediação



## Ensaios laboratoriais para avaliação da eficácia de argilas e telas PEAD na retenção de gás radão

Fluxos de radão medidos na superfície livre do material da escombreira e na da tela de PEAD, utilizando diferentes condições de vulcanização



Amostra	Espessura(cm)	Características da Vulcanização		
		Velocidade/Temperatura	Fluxo (Bq.m-2.s-1)	Retenção (%)
Tela de PEAD (A1)	0,2	1,8/360	0,072*	27
Escombreira	4			
Tela de PEAD (A2)	0,2	2,0/360	0,058**	41
Escombreira	4			
Tela de PEAD (A3)	0,2	2,0/380	0,038***	62
Escombreira	4			
Tela de PEAD (A4)	0,2	2,0/400	0,071****	29
Escombreira	4			
Escombreira	4		0,099	

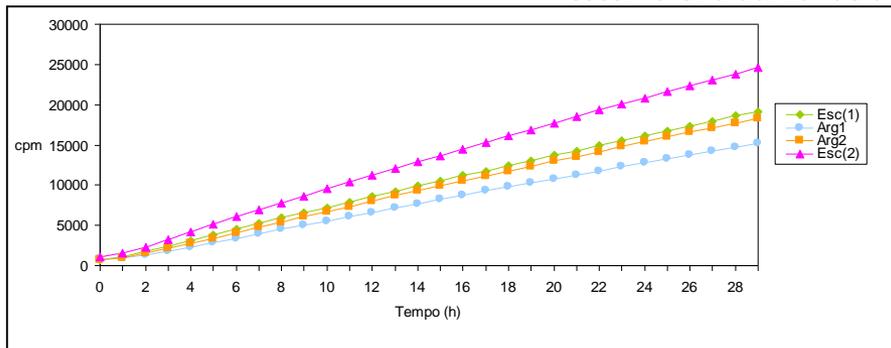
\*média de quatro medições

\*\*média de seis medições

\*\*\*média de oito medições

\*\*\*\*média de três medições

Comparação entre os fluxos de radão medidos na superfície livre das duas argilas estudadas para integrar a cobertura da escombreira utilizando as mesmas condições analíticas



Amostra	Espessura (cm)	Fluxo (Bq.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> )	Retenção (%)
ARG1	4	0,0243*	40
Escombreira(1)	4		
ARG2	4	0,0313**	40
Escombreira(2)	4		
Escombreira(1)	4	0,0406**	
Escombreira(2)	4	0,0522**	

\*média de duas medições

\*\*média de três medições

# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) Barragem Velha



Durante (ano de 2007)

# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) Barragem Velha



Depois

# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) Valinhos



Antes

# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) Valinhos



Depois



# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) OTQ e Sta. Bárbara



Antes



# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) OTQ e Sta. Bárbara

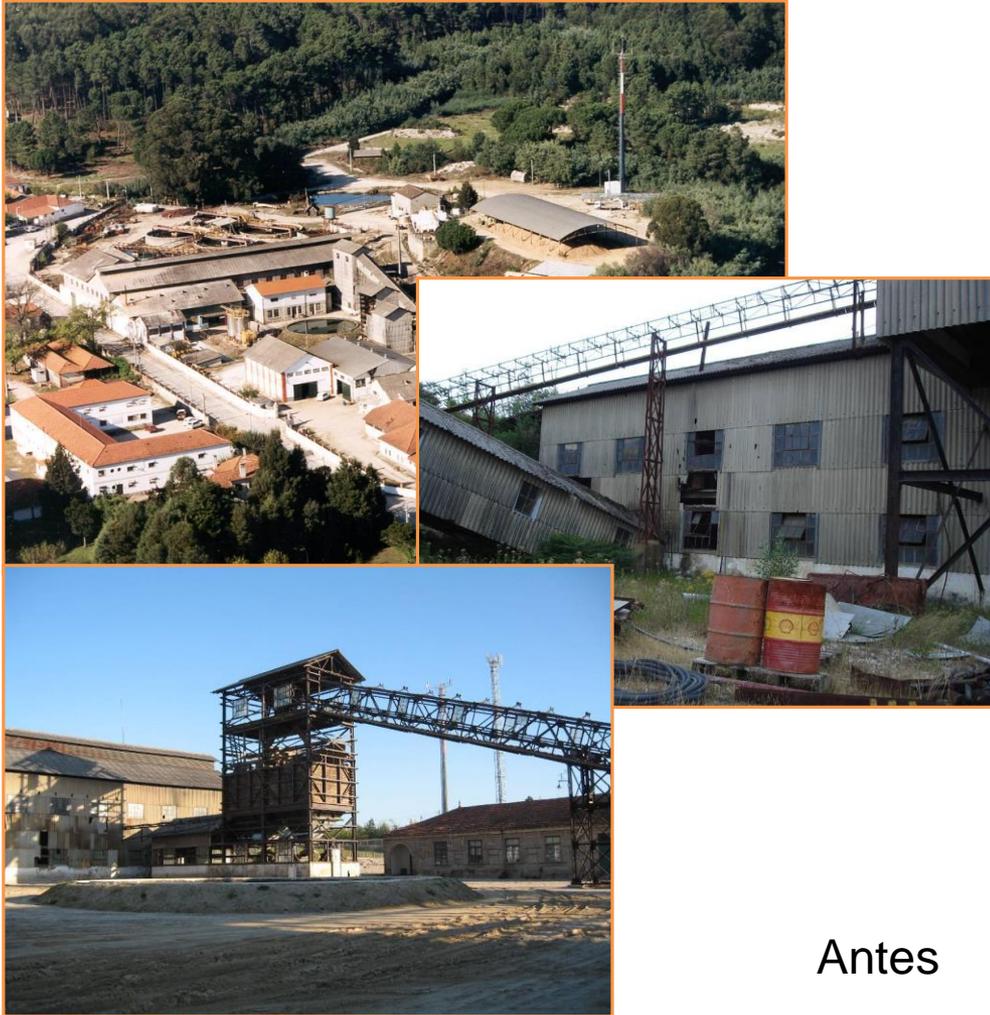


Depois

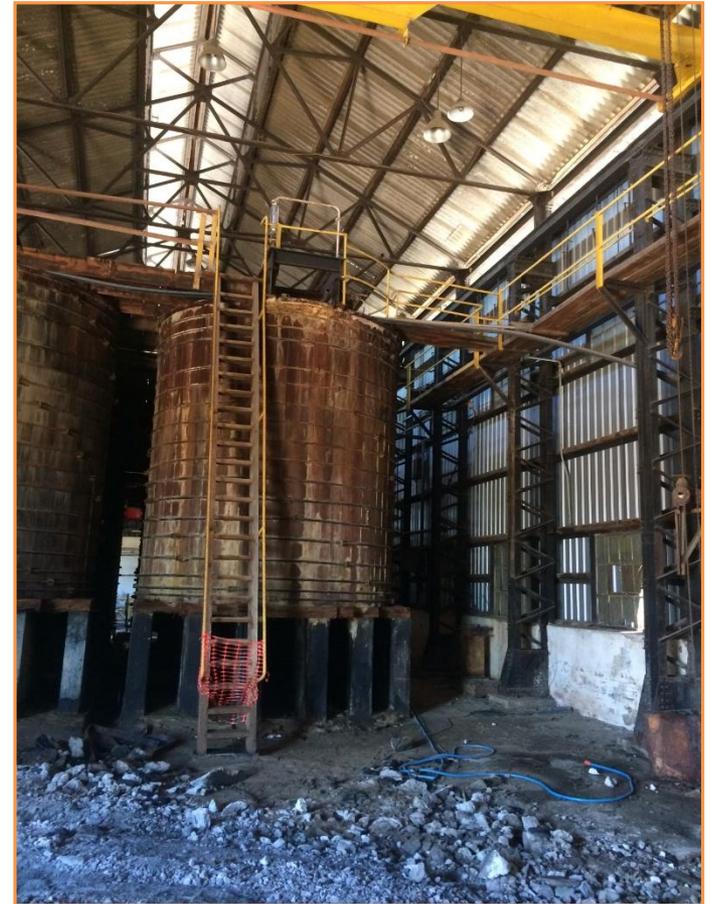


# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) OTQ



Antes



# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Urgeiriça (urânio) OTQ



Depois

# 9. Reabilitação de Antigas Áreas Mineiras Abandonadas

## Monitorização e Tratamento de Efluentes



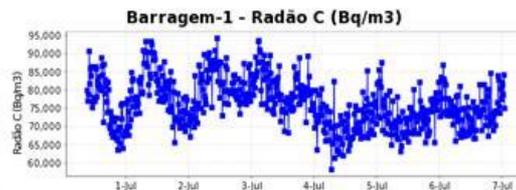
Escombreira da Barragem Velha da Urgeiriça



Equipamentos de monitorização



Oficina de Tratamento Químico da Urgeiriça



Medição em contínuo do gás radão



Estação de Tratamento de Efluentes em Jales

## 9. Considerações finais

- O radão tem merecido preocupação em intervenções desenvolvidas no âmbito da Remediação Ambiental das Áreas Mineiras dos Radioativos, particularmente nas situações que envolvem ambientes menos ventilados ou nos casos em que existe uma maior exposição e acesso aos locais por parte das populações
- Em ambientes abertos, as soluções de confinamento de resíduos revelam-se as mais convenientes
- Em ambientes fechados (como habitações) há, sobretudo, que sensibilizar as equipas projetistas de modo a garantir a correta adoção das diferentes possibilidades em termos construtivos para o controlo e minimização da acumulação de radão em novas construções e edificado existente

## 9. Considerações finais

- A EDM continuará com determinação, contando com o apoio e apoiando Entidades que perspetivem, de igual modo, a remediação ambiental de antigas áreas mineiras degradada em Portugal

**CUIDAMOS DO PASSADO,  
DESAFIAMOS O FUTURO.**

**RECUPERAÇÃO AMBIENTAL DA ANTIGA ÁREA MINEIRA DA URGEIRIÇA  
ZONA INDUSTRIAL DE SANTA BÁRBARA E OFICINA DE TRATAMENTO QUÍMICO**

Cofinanciado por:

**POSEUR**

**PORTUGAL  
2020**

 **Ministério do Ambiente,  
Alterações Climáticas e Océano**

**edm**  
Empresa de Desenvolvimento Mineiro, SA

**Obrigada!**



R. Sampaio e Pina, nº 1 - 3 Dtº 1070-248 LISBOA  
Geral - Tel: (+351) 213 859 121 - Fax (+351) 213 856 344 - E-mail: [edm.mineira@edm.pt](mailto:edm.mineira@edm.pt)  
[www.edm.pt](http://www.edm.pt)