



ORDEM
DOS ENGENHEIROS
REGIÃO SUL



2020 ANO DE
EFICIÊNCIA HÍDRICA
ECONOMIA CIRCULAR

RECUPERAÇÃO DO PASSIVO AMBIENTAL DE SÃO PEDRO DA COVA FACTOS, IMPREVISTOS E SOLUÇÕES

ANTÓNIO JOSÉ ROQUE (LNEC)

São Pedro da Cova cria comissão para acompanhar intervenção nas antigas minas

Mariana Pinto

A Assembleia de Freguesia de São Pedro da Cova, em Gondomar, aprovou por unanimidade a criação de uma comissão de acompanhamento para seguir o caso dos resíduos alegadamente perigosos depositados nas antigas minas da freguesia. A aprovação da comissão surge na semana em que o Ministério do Ambiente garantiu uma recuperação ambiental paisagística prevista para a zona antiga complexo mineiro, independentemente do resultado das análises pedidas ao Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC).

Em causa está o depósito de 320 toneladas de resíduos, transferidos antiga Siderurgia Nacional da Maia entre 2001 e 2002. Análises feitas a Techninvest (em 1996 e 2001) e a própria CDU de Gondomar (20) revelaram a presença de resíduos tamente perigosos para o ambiente saúde pública, mas a ministra do Ambiente, Dulce Pássaro, defende que

fiabilidade das análises pode não ser total e vai apresentar os resultados do LNEC em Novembro. A junta comunista mostra-se satisfeita com a decisão, mas não deixa de referir, em comunicado, que espera que esta não seja apenas reflexo do "mediatismo dos

últimos dias". Além disso, não deixa de "estranhar e lamentar" o facto de a Comissão de Coordenação da Região Norte não ter accedido a um pedido de audiência da freguesia, enviado há mais de um mês, e ter, no entanto, recebido representantes do PS.

ALBIRIANO MORA NDA

NOTIPRESS
2012-06-24
JORNAL DE NOTÍCIAS - PRINCIPAL
CCDRN/Desenvolvimento Regional

Só para o ano são retiradas as 80 mil toneladas de resíduos

Gondomar Operação nas antigas minas de S. Pedro da Cova deveria arrancar aí do verão. Falta fundos comunitários e abrir um concurso público internacional

RESÍDUOS PERIGOSOS SÓ SÃO TIRADOS PARA O ANO

Herminia Cruz
herminia.cruz@ip.pt

Não será neste ano que vão ser retiradas as 80 mil toneladas de resíduos perigosos, depositados há décadas, nas minas de S. Pedro da Cova (Gondomar). Mas, não há fundos comunitários à altura e o concurso

Em 8 de fevereiro passado, o executivo de Defesa do Ambiente e Qualidade que, após de verificação e retirada dos 88 matriculados de resíduos perigosos depositados na antiga mina de S. Pedro da Cova (Gondomar), em maio de 2001 e início de 2002, pela Techninvest.

Entre maio e junho de 2009, a Comissão de Coordenação da Região Norte, em conjunto com a Comissão de Coordenação da Região Sul, apresentou uma proposta de lei que prevê a criação de um novo sistema de classificação dos resíduos perigosos em função da sua natureza e do grau de perigo.

Em 2001, a Comissão de Coordenação da Região Norte, em conjunto com a Comissão de Coordenação da Região Sul, apresentou uma proposta de lei que prevê a criação de um novo sistema de classificação dos resíduos perigosos em função da sua natureza e do grau de perigo.

Segundo a CCDR Norte, o LNEC considerou o estudo de caso "instável" e impediu o envio para o fundo de resíduos. A Comissão de Coordenação da Região Norte, em conjunto com a Comissão de Coordenação da Região Sul, apresentou uma proposta de lei que prevê a criação de um novo sistema de classificação dos resíduos perigosos em função da sua natureza e do grau de perigo.



O monte negro tapa o Rio que permanece em São Pedro da Cova. No rio há resíduos tamente perigosos.

Daniel Vieira tinha 14 anos quando o Ministério do Ambiente, então liderado por José Sócrates "venceu" como licitadora a empresa responsável pela operação, foram deixados os resíduos perigosos que obrigou o LNEC, a apresentar "procedimentos administrativos para a realização de análises toxicológicas".

Ainda não há resultado das análises AS AMOSTRAS DE ÁGUA QUE GARANTAM NÃO HAVER RISCO PARA A SAÚDE PÚBLICA

Polição Foram retiradas 105 mil toneladas de resíduos de São Pedro da Cova. 200 mil ainda lá permanecem. Área com resíduos perigosos em São Pedro da Cova é três vezes maior

Tutela vai gastar dez milhões de euros, ou até mais se for necessário, para resolver passivo ambiental. Mas vai juntar-se ao processo judicial em curso para ser ressarcido dessa verba



Resíduos perigosos depositados em São Pedro da Cova.

Passivos Ambientais
O Laboratório Nacional de Engenharia Civil assegurou que a área onde foram depositados resíduos perigosos em São Pedro da Cova é três vezes maior que a que se estimava em 2001. O estudo, que se ficou a saber que há mais 125 mil toneladas de resíduos depositados ali para ser retirados, o ministro do Ambiente garantiu que se vão retirar os resíduos de acordo com a lei, o que vai permitir a limpeza da zona e a despoluição do rio que a atravessa desde 2002.

Abel Coentrão
O Laboratório Nacional de Engenharia Civil assegurou que a área onde foram depositados resíduos perigosos em São Pedro da Cova é três vezes maior que a que se estimava em 2001.

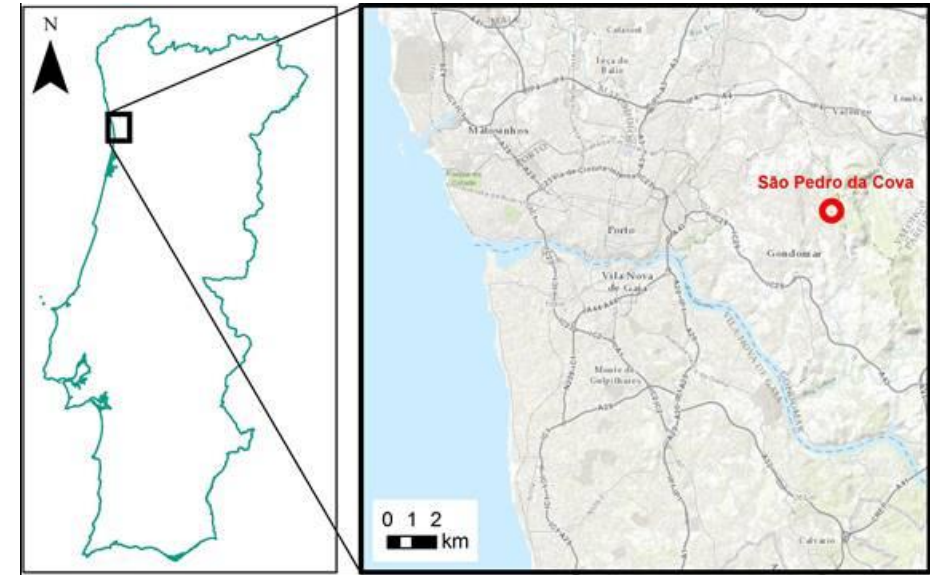
Passivos Ambientais
O Laboratório Nacional de Engenharia Civil assegurou que a área onde foram depositados resíduos perigosos em São Pedro da Cova é três vezes maior que a que se estimava em 2001.



Em 17 mil m² há mais 15 mil toneladas de terras contaminadas

Organização

- Enquadramento
- Objetivos
- Metodologia
- Caracterização do depósito e dos resíduos (Fase 1)
- Síntese
- Remoção dos resíduos
- Caracterização do depósito e dos resíduos (Fase 2)
- Síntese
- Recuperação ambiental e paisagística



Enquadramento



Enquadramento

Passivos ambientais identificados para intervenção prioritária

- Terrenos afetos à antiga zona industrial de Estarreja¹
- Terrenos da antiga Siderurgia Nacional no Seixal¹
- Terrenos da antiga zona industrial do Barreiro¹
- Lamas não inertizadas de 12 bacias adjacentes ao Complexo de Sines¹
- Bacia do Alviela (área industrial de Alcanena)¹
- Zonas mineiras abandonadas (locais identificados: 172; intervenção prioritária: 66)¹
- Terrenos do antigo estaleiro naval da Margueira²
- **Resíduos depositados nas escombrelas das antigas minas de São Pedro da Cova (Gondomar)²**
- Áreas contaminadas do concelho do Seixal²

¹ “Documento Enquadrador – Recuperação de Passivos Ambientais para orientação sobre os investimentos prioritários” (APA, 2008)

² “Aditamento” (APA, 2011)



Enquadramento

Passivo ambiental

A situação de degradação ambiental resultante da libertação de contaminantes ao longo do tempo e/ou de forma não controlada, nomeadamente nos casos em que não seja possível identificar o respetivo agente poluidor

(Decreto-Lei n.º 102-D/2020, de 10 de dezembro)

Enquadramento

Passivo ambiental histórico (1976-1996): pós de despoeiramento provenientes dos fornos da Siderurgia Nacional da Maia, armazenados 20 anos em terrenos da empresa, ao ar livre

1995: a empresa Seia estudou os pós de despoeiramento produzidos e concluiu que seria necessária a sua inertização previamente à deposição em aterro para resíduos perigosos

1996: a empresa Tecninvest estudou os pós de despoeiramento depositados e concluiu que os resíduos podiam ser depositados em aterro para resíduos perigosos

2000: a empresa Publiambiente estudou os pós de despoeiramento depositados e concluiu que eram um resíduo claramente inerte, em resultado da lixiviação

Operação de valorização (2001-2002): autorização concedida pela ex-DRAOT-N (CCDR-N), em julho de 2001, com pareceres favoráveis da CM de Gondomar, da ARS-N e do ex-IDICT (ACT)

Enquadramento

Reclamações na operação de valorização: alguns meses após o seu início devido ao transporte de maiores quantidades que as previstas no projeto de execução (97.000 t, 65.000 m³) e à deposição dos resíduos fora da área autorizada

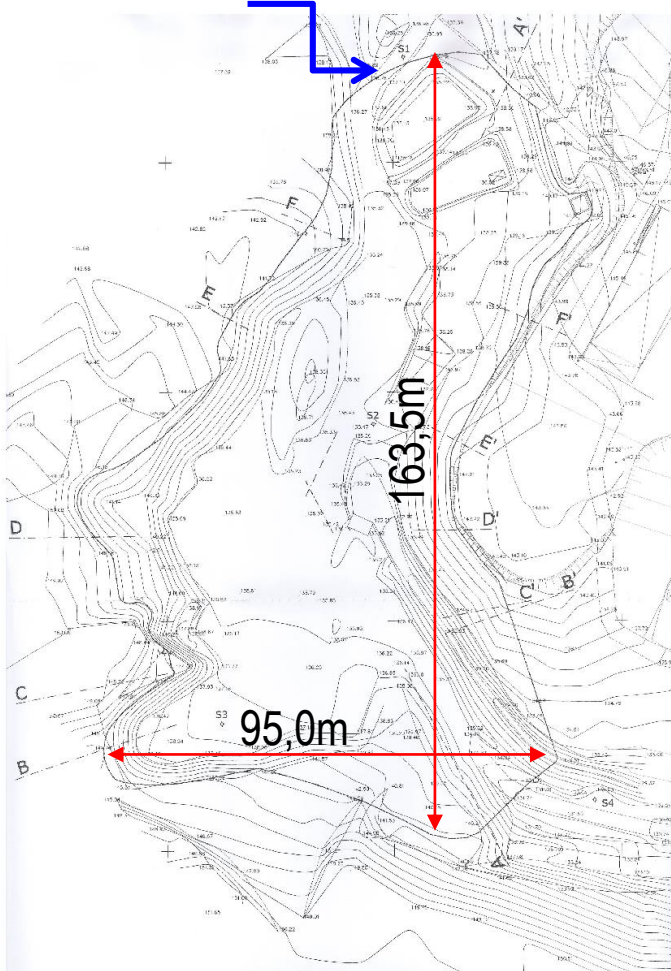
Cessação da operação de valorização (fevereiro de 2002): a ex-DRAOT-N (CCDR-N) notifica a empresa Vila Rei para retirar os resíduos depositados no exterior da área autorizada e realizar análises a estes resíduos => os resultados voltam a confirmar a classificação do resíduo como inerte

Observação do princípio da precaução ambiental (2010): CCDR-N toma a iniciativa de promover o estudo do depósito de resíduos para avaliação das quantidades depositadas e avaliação das características físico-químicas e ambientais dos resíduos

Início do estudo pelo LNEC (desde junho de 2010)

Enquadramento

Perímetro e plataforma (cota: 142 m)
projetadas e licenciadas



Área: 11.000 m²

Espessura média dos resíduos: 6 m

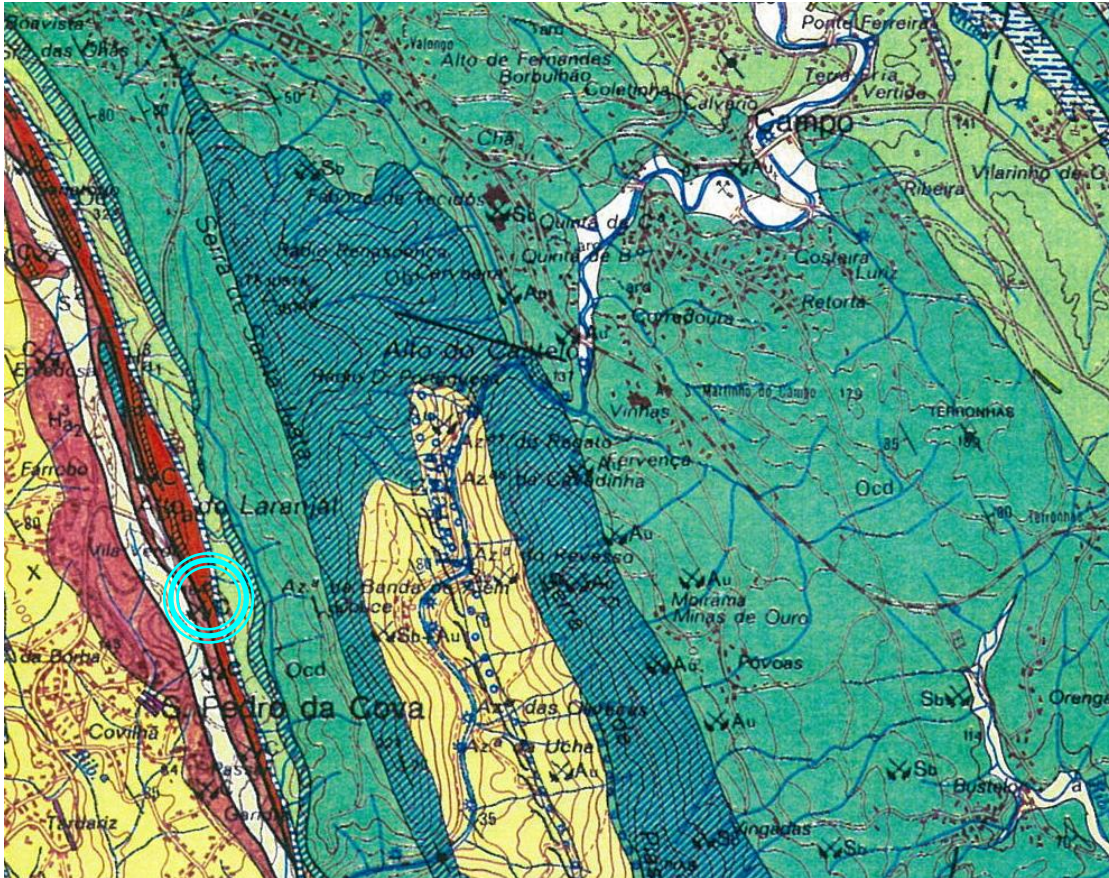
Solos de cobertura: < 1 m



Propriedade		Valor (%)
Teor em água natural médio		38,70
Granulometria	< 0,074mm	55
	0,074mm – 0,42mm	21
	0,42mm – 2,00mm	14
	2,00mm – 25,4mm	10
Plasticidade		NP
Equivalente de areia		16
Compactação ^(a)	Peso volúmico seco máximo	16,46kN/m ³
	Teor em água ótimo	27
CBR	Compactação relativa de 95%	17
	Compactação relativa de 98%	34

CBR – *Californian Bearing Ratio*; NP – Não plástico. ^(a)Não é indicada a energia de compactação utilizada.

Enquadramento



Geologia: formações, essencialmente metamórficas, onde predominam os xistos carbonosos fossilíferos, com leitos de carvão antracitoso intercalados em formações conglomeráticas e arcósicas, arenitos e quartzitos fossilíferos, de idade paleozóica e anteordovícica

(Fonte: notícia explicativa da Folha 9-D_Penafiel da Carta Geológica de Portugal)

Hidrogeologia: aquífero superior, situado nas escombrelas, e aquífero inferior, situado no substrato xistoso (nível de água entre 9,9 e 18,6m de profundidade). Coeficiente de permeabilidade do maciço avaliado em 10^{-5} m/s

(Fonte: memória descritiva do projeto de execução)

Objetivos

- Caracterização físico-química dos resíduos
- Avaliação da perigosidade dos resíduos
- Quantificação do volume e da massa dos resíduos
- Recuperação ambiental e paisagística

Metodologia de estudo

Considerações prévias

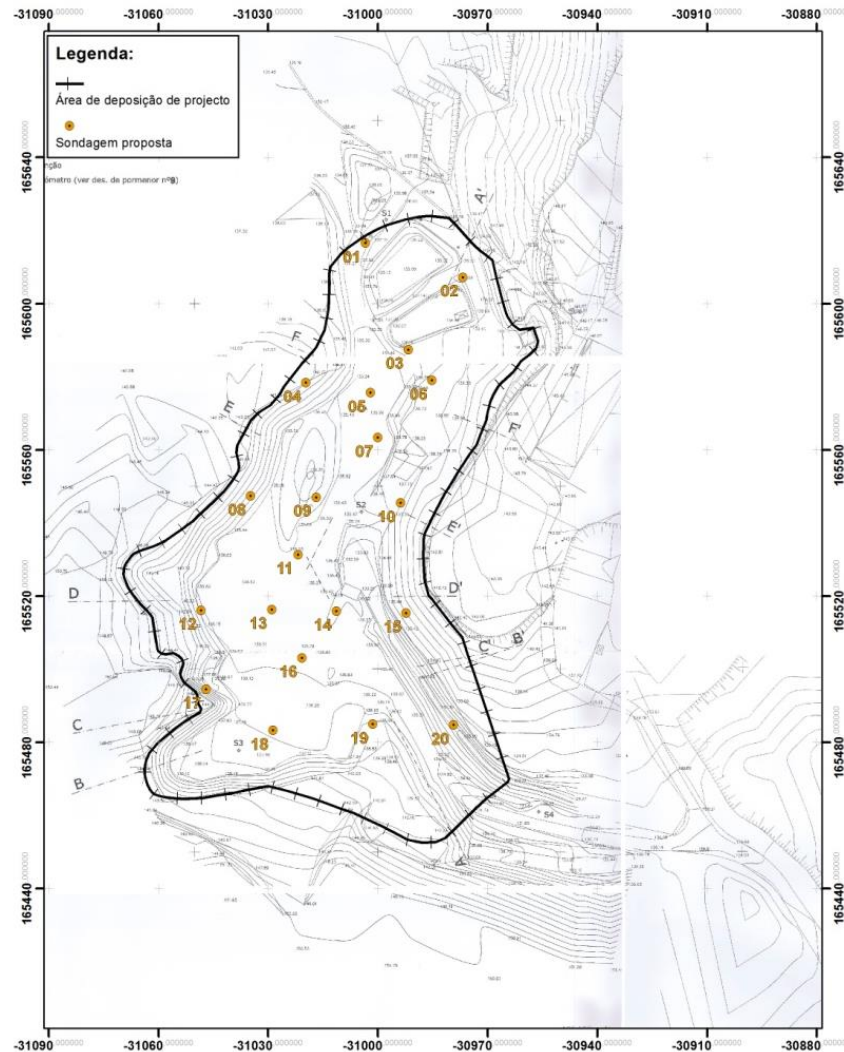
- Homogeneidade dos resíduos
- Contaminação cruzada
- Lixiviabilidade dos resíduos
- Amostragem indeformada
- Preservação das amostras
- Fiabilidade dos resultados
- Garantia de qualidade dos trabalhos

Metodologia de estudo

Trabalhos propostos

- Levantamento topográfico da área de estudo
- Execução de 20 sondagens (sem recurso a água ou a ar comprimido; profundidade total estimada: 120 m)
- Recolha contínua de amostras indeformadas na massa dos resíduos
- Preparação de 60 provetes para caracterização física dos resíduos (profundidades estimadas em relação ao topo da camada: 0,5-0,75 m; 3,0-3,25 m; 5,5-5,75 m)
- Preparação de 40 provetes para a caracterização química dos resíduos (profundidades estimadas em relação ao topo da camada: 1,0-2,0 m; 4,0-5,0 m)
- Realização de ensaios de laboratório (60+40 provetes), para caracterização física (teor em água natural e peso volúmico) e caracterização química (composição química e perigosidade) dos resíduos

Caracterização do depósito

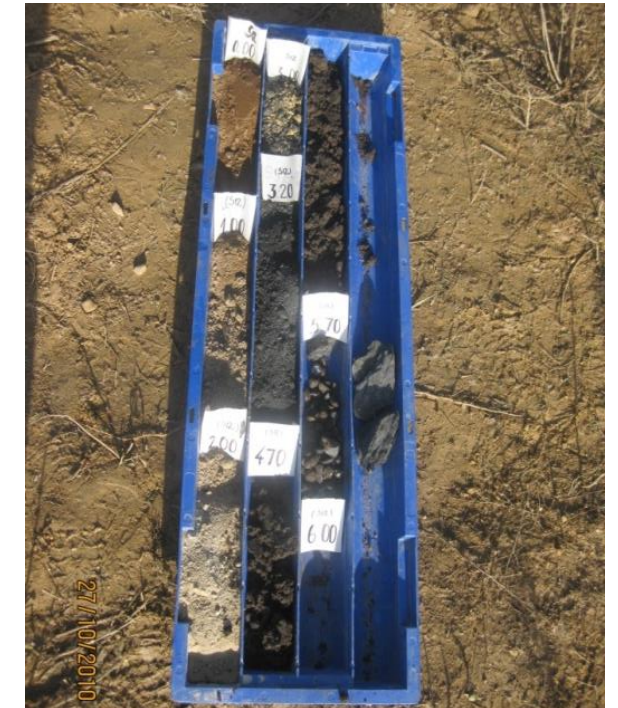


Localização das 20 sondagens mecânicas propostas

Caracterização do depósito



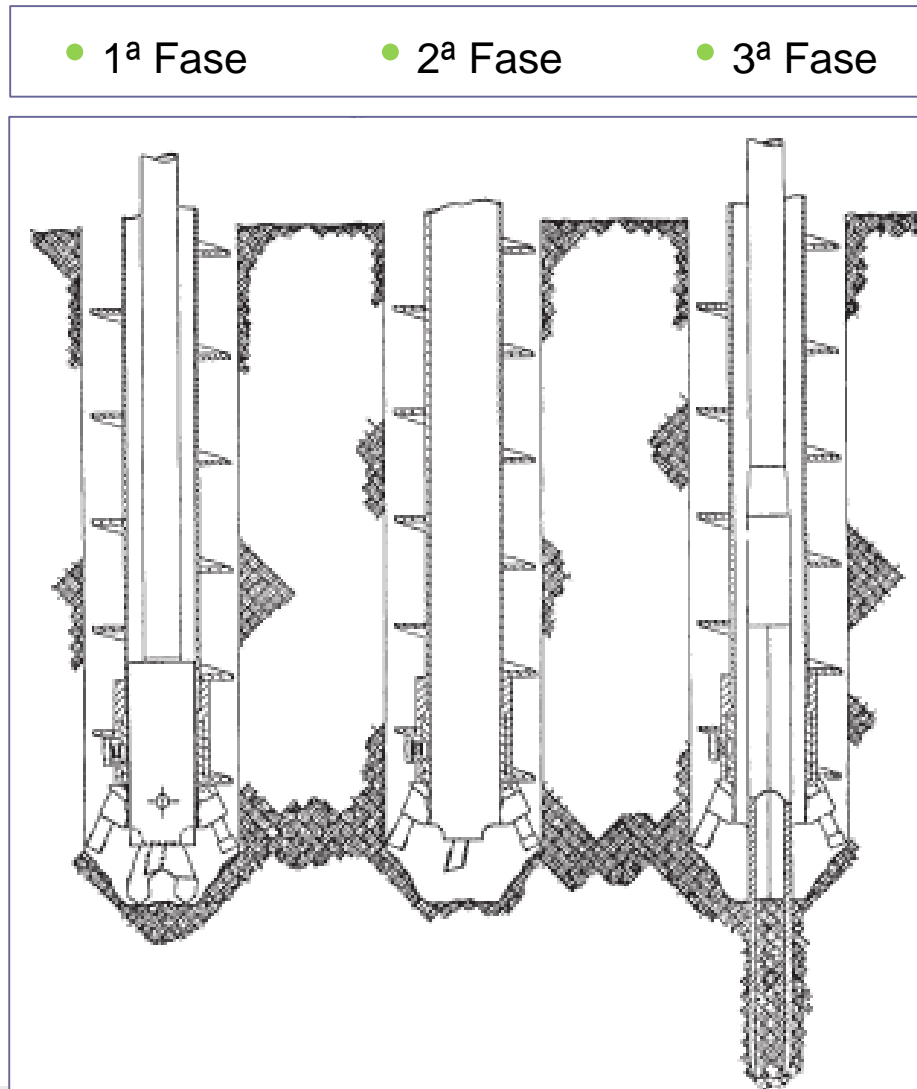
Caracterização do depósito



Caracterização do depósito

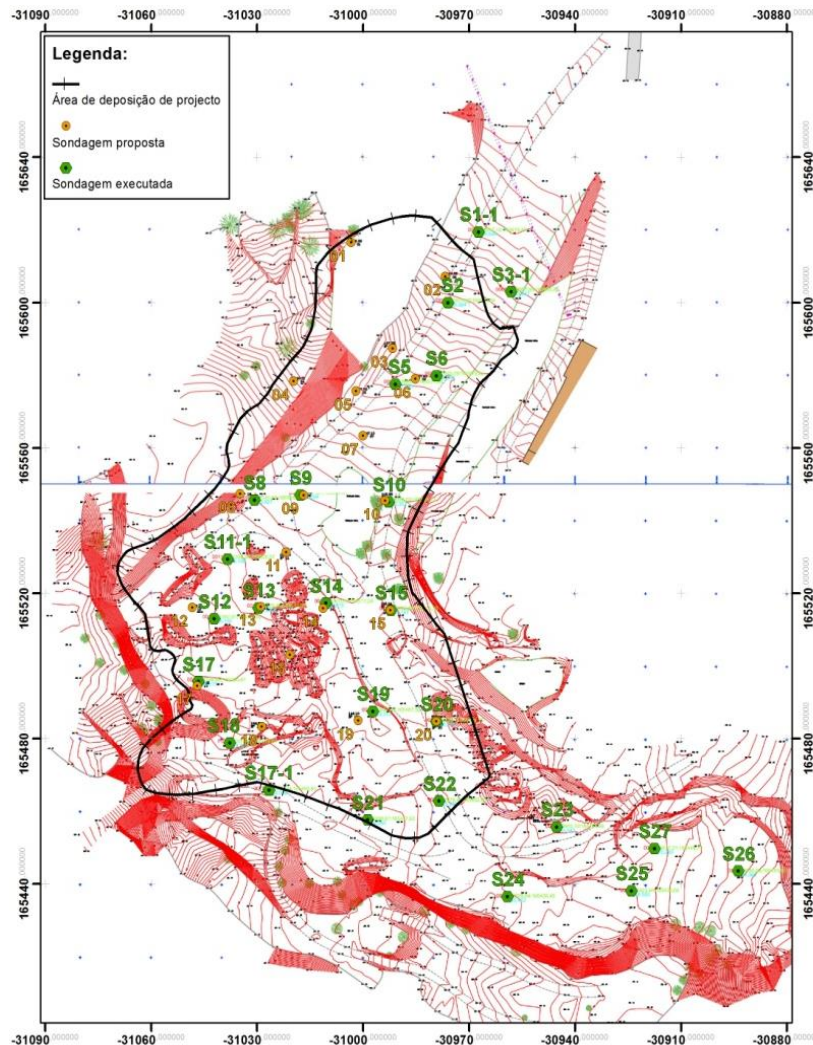


Caracterização do depósito



Furação e
amostragem

Caracterização do depósito



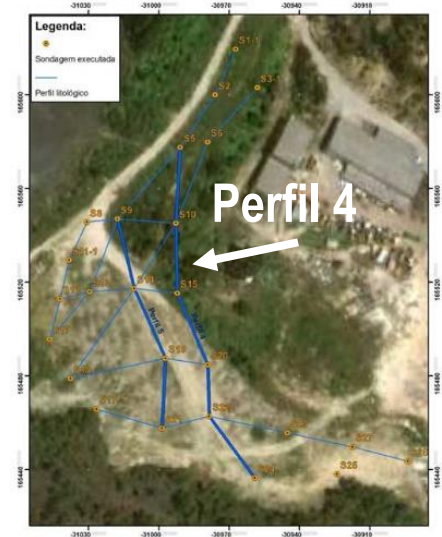
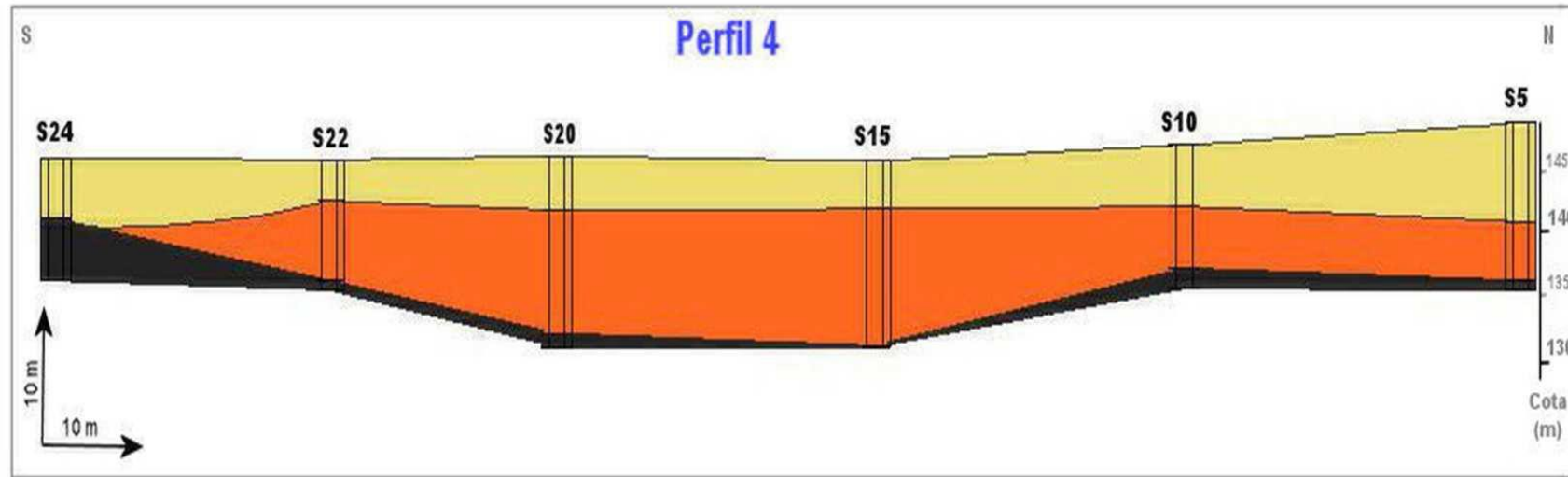
Alterações ao inicialmente proposto

- Não se efetuaram 3 sondagens propostas e 3 foram reposicionadas
- Adicionaram-se 8 sondagens às propostas, situando-se 7 no exterior do perímetro de projeto
- Comprimento furado foi 253 m, no lugar dos 120 m previstos

Razões (principais)

- Espessura dos solos de cobertura superior (por vezes significativamente) à prevista
- Área de deposição investigada maior que a área de projeto

Caracterização do depósito



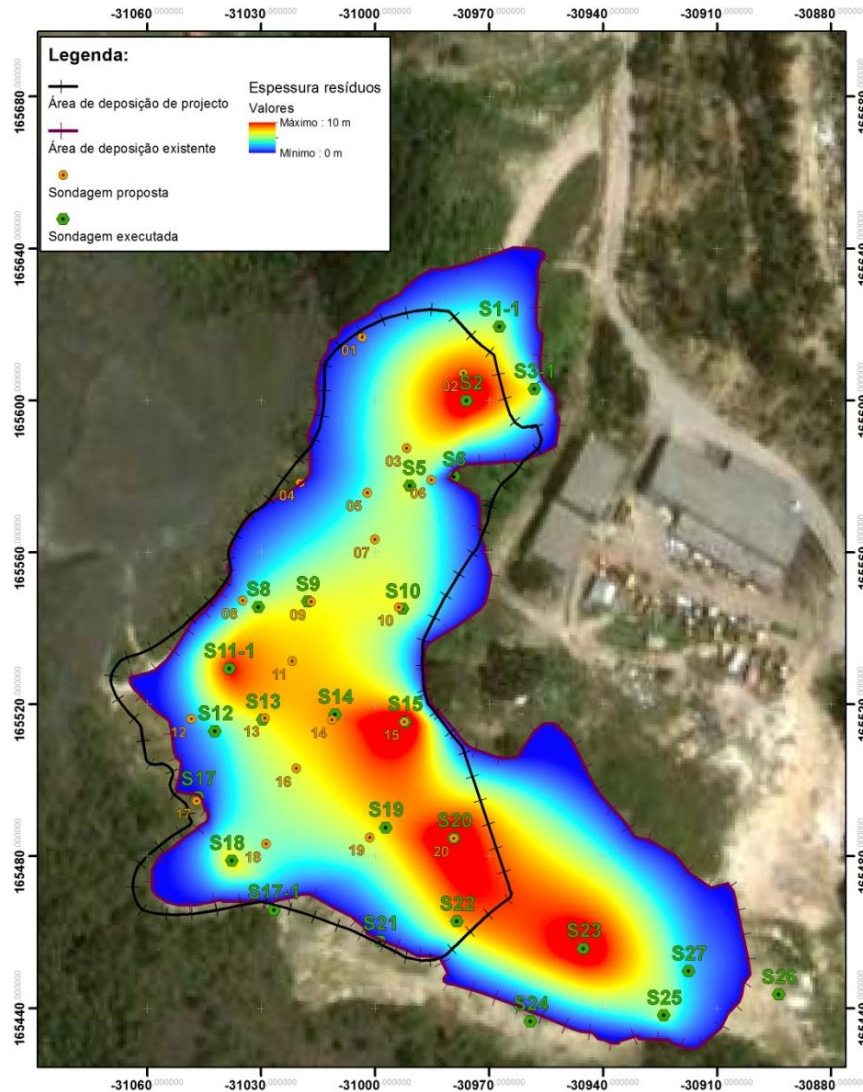
Geométricos

- Espessura dos solos de cobertura: 1,7 a 15 m (não foi atingida a base)
- Espessura dos resíduos: 1,9 a 10 m
- Cota do topo da camada de resíduos: 141 e 142 m (75% dos pontos amostrados)

Litológicos

- Solos de cobertura: predominantemente areno-siltosos, com seixo fino a médio, por vezes grosso, de cor acastanhada
- Resíduos: predominantemente silto-arenosos, por vezes areno-siltosos, de cor castanha acinzentada ou acinzentada, com odor de intensidade ligeira a intensa, independentemente da profundidade

Caracterização do depósito



Zonamento da
espessura dos resíduos

Caracterização física dos resíduos



Quantidades

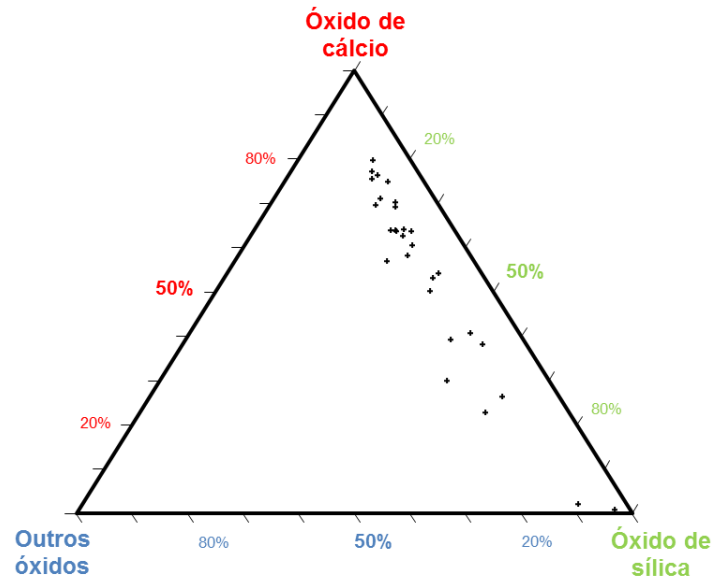
- Provetes ensaiados: 48 (previstos: 60)
- Provetes válidos: 41 (eliminados 7 por serem de solos de cobertura)

Resultados

- Teor em água: 14,0 a 65,4% (média: 36,6%; desvio padrão: 13%)
- Peso volúmico: 13,89 a 21,77kN/m³ (média 17,25kN/m³; desvio padrão 1,93kN/m³)

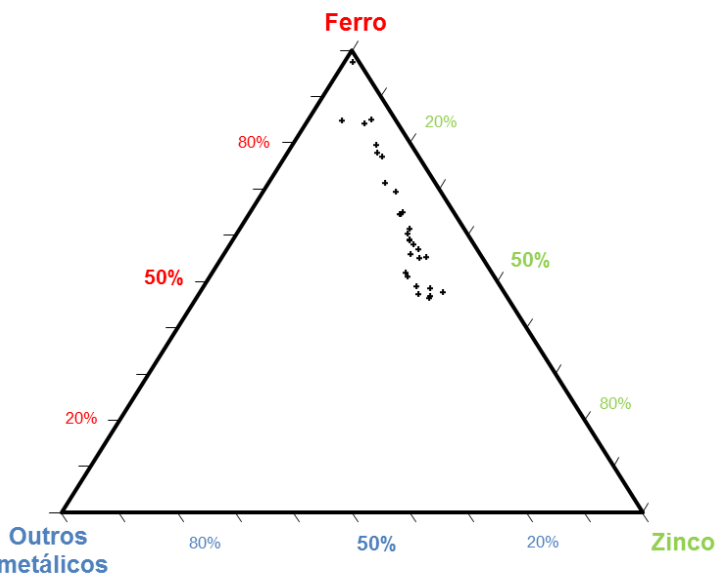


Caracterização química dos resíduos



Quantidades

- Provetes ensaiados: 29 (previstos: 40)
- Provetes de controlo (reprodutibilidade): 10



Resultados

- Teor em óxidos (mais elevados): CaO e SiO₂
 - 75% dos provetes com teor em CaO > 50% e teor em SiO₂ < 50%
 - Todos os provetes com teor total noutros óxidos inferior a 20%
-
- Teores em metais totais (mais elevados): Fe e Zn
 - 80% dos provetes com teor em Fe > 50% e teor em Zn < 45%
 - Todos os provetes com teor total noutros metais inferior a 20%

Caracterização ambiental dos resíduos

Parâmetro	Unidade	Sondagem S2 (m)			Sondagem S5 (m)		Sondagem S8 (m)	Sondagem S9 (m)		Sondagem S10 (m)		Sondagem S12 (m)		Sondagem S13 (m)			Sondagem S14 (m)			Sondagem S15 (m)			Sondagem S19 (m)			Sondagem S20 (m)			Sondagem S22 (m)		Sondagem S23 (m)	
		5,0-6,0	8,0-9,0	11,0-12,0	8,5-9,5	10,5-11,5	4,6-5,6	5,5-6,5	7,5-8,5	6,5-7,5	8,3-9,0	3,5-4,2	4,7-5,7	4,0-4,7	6,7-7,7	5,0-6,23	6,6-7,6	8,6-9,6	4,5-5,5	6,5-7,5	11,5-12,5	4,6-5,6	7,8-8,8	5,0-6,0	8,0-9,0	10,0-11,0	4,5-5,5	7,5-8,8	8,3-9,3	10,3-11,3		
Cálcio (CaO)		12	14	13	10	12	1	10	5	9	13	15	13	7	6	9	13	9	14	11	0,4	14	15	14	14	12	10	8	14	15		
Chumbo (Pb)	%	1,2	1,2	1,5	1,5	1,6	0,1	0,9	1,7	0,9	1,4	1,4	1,2	0,5	0,4	1,2	1,3	1,5	1,5	1,1	0,0	1,0	1,6	1,5	1,4	1,3	0,9	1,1	1,4	1,9		
Óleo mineral (C10-C40)		0,01	0,01	0,01	0,26	0,12	0,01	0,17	0,03	0,57	0,03	0,07	0,04	0,34	0,10	0,18	0,04	0,06	0,04	0,22	0,00	0,03	0,01	0,02	0,03	0,03	0,16	0,03	0,02	0,00		

- 18 - Teor em CaO \geq 10%.
- 1,2 - Teor em Pb \geq 0,3%.
- 0,26 - Teor em Óleo mineral (C10-C40) \geq 0,1%.

CaO – substância perigosa por poder provocar irritação cutânea e das vias respiratórias, mas sobretudo porque pode provocar lesões oculares graves

Pb – substância perigosa por ser tóxica para a reprodução

Óleo mineral – Hidrocarbonetos do petróleo (C10-C40) - substância perigosa por ser cancerígena.

Quantidades

- Provetes ensaiados: 29 (previstos: 40)
- Provetes de controlo (reprodutibilidade): 10

Caracterização ambiental dos resíduos

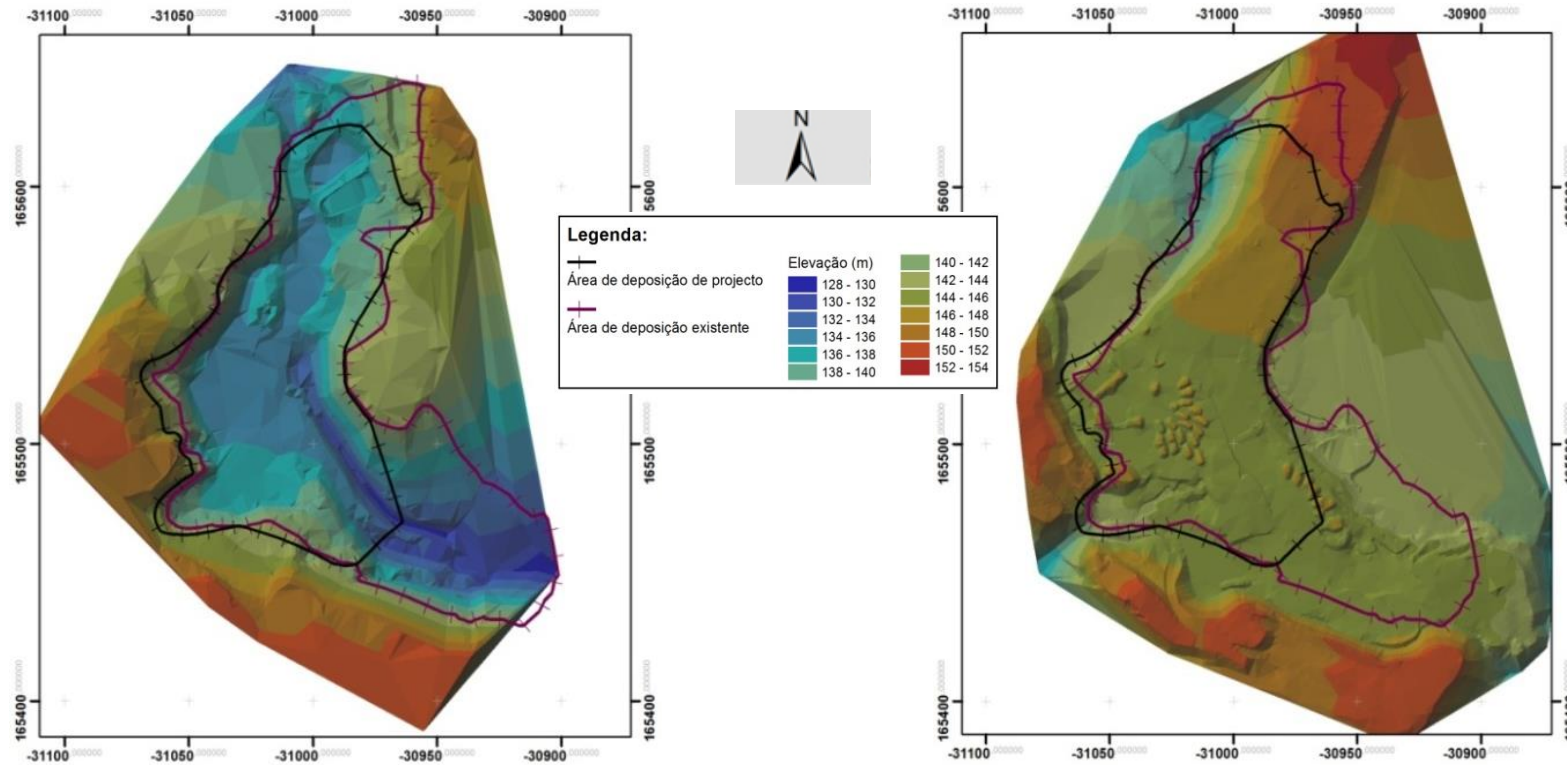
Parâm.	Un.	Valor limite (VL) (DL n.º 183/2009)			Teor do componente (TC)		Frequência relativa (TC em função de VL)
		RI	RNP	RP	min.	máx.	TC>RP
As	mg/kg de matéria seca	0,5	5	25	<0,50		0
Ba		20	100	300	<0,50	55,7	0
Cd		0,04	2	5	<5,0x10 ⁻³	0,065	0
Cr-total		0,5	20	70	<0,10	4,52	0
Cu		2	50	100	<0,15	1,6	0
Hg		0,01	0,5	2	<5,0x10 ⁻³	0,015	0
Mo		0,5	10	30	<0,50	15,1	0
Ni		0,4	10	40	<0,10	2,38	0
Pb		0,5	10	50	0,23	1827	24 amostras (83%)
Sb		0,06	0,7	5	<1,0x10 ⁻²	0,153	0
Se		0,1	0,5	7	<5,0x10 ⁻²	0,192	0
Zn		4	50	200	0,25	20,4	0
Cl		800	50000	25000	21,1	6750	0
F		10	250	500	4,0	29,1	0
SO ₄		1000	20000	50000	<50,0	1140	0
Fenóis		1	-	-	<5,0x10 ⁻²	4,62	0
COD		500	1000	10000	28	352	0
SDT		4000	60000	100000	3500	23000	0

Quantidades

- Provetes ensaiados: 29 (previstos: 40)
- Provetes de controlo (reprodutibilidade): 10

Quantificação do volume e da massa dos resíduos

Modelo digital de elevação do terreno



anterior à deposição dos resíduos

posterior à deposição dos resíduos

Quantificação do volume e da massa dos resíduos

Material	LNEC (2011)			Outras entidades (m ³)					
	Método	Volume (m ³)	Massa (t)	Tecninvest		Urbindústria e Vila Rei	Urbindústria	Siderurgia Nacional	Tribunal Arbitral
				1996	2005	2002	2005	Sem data	2006
Solos de cobertura	TIN	65.589	-	-	-	-	-	-	-
	NaN	64.817	-	-	-	-	-	-	-
Resíduos	TIN	54.433	93.897	48.987	108.000	123.477	113.000	115.052	98.397
	NaN	50.711	87.476						
Solos de cobertura + Resíduos	TIN	120.022	-	-	-	-	-	-	-
	NaN	115.528	-	-	-	-	-	--	-

Métodos de interpolação: TIN – Rede Irregular Triangular; NaN – Rede Regular por Interpolação do Vizinho Natural

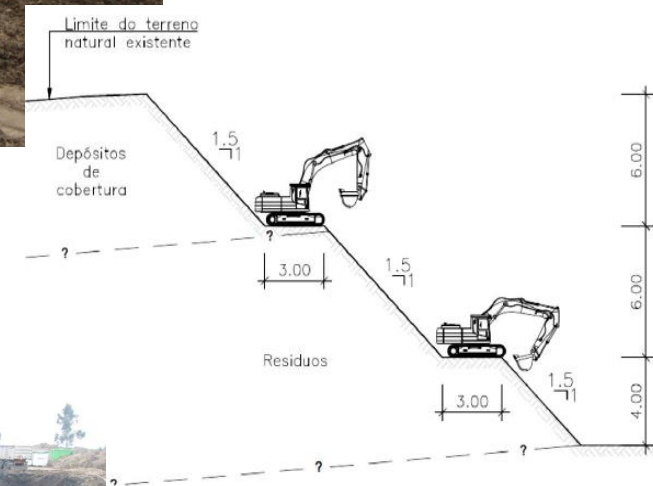
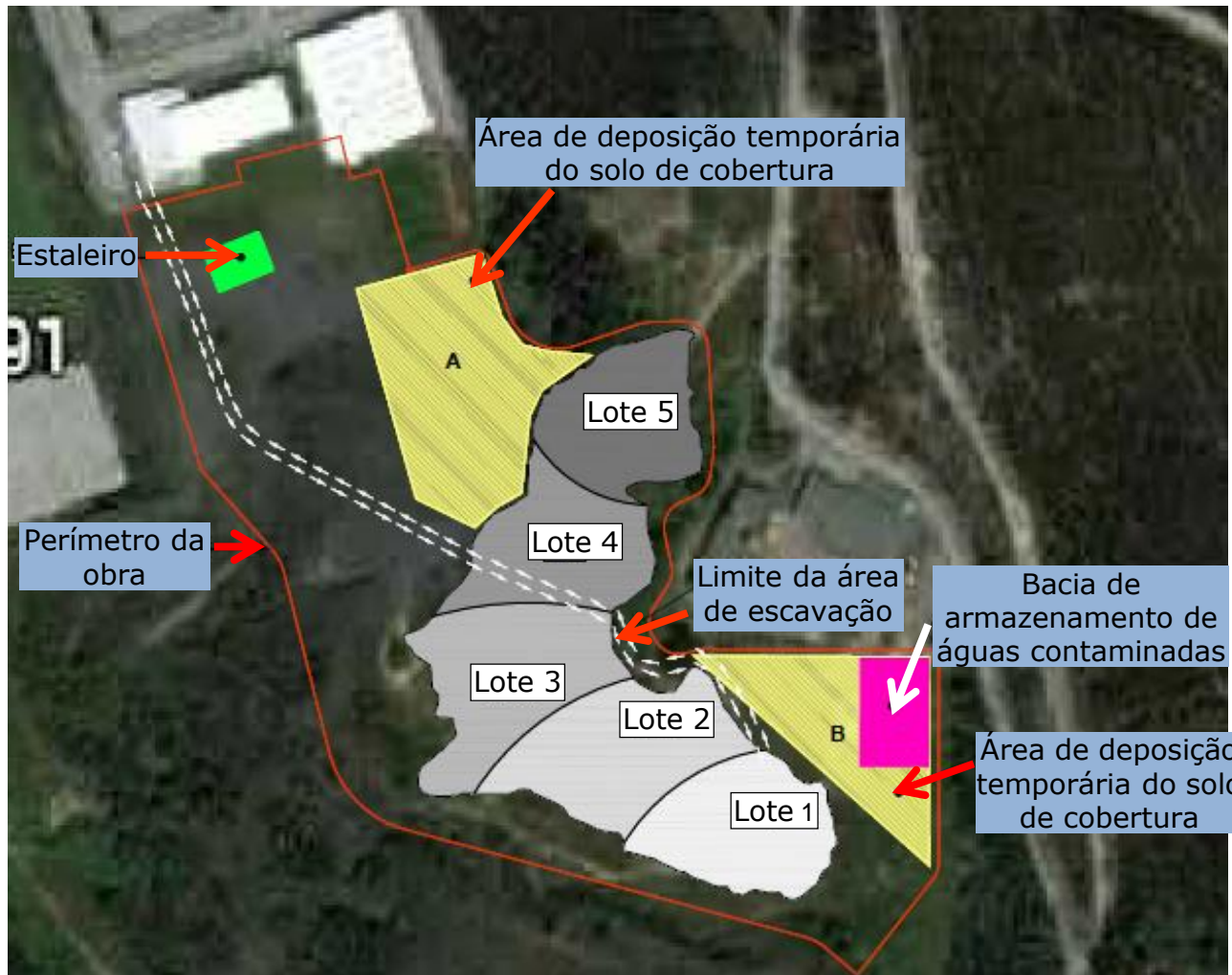
Síntese

- Principais poluentes: CaO, Pb e Óleo Mineral (C10 a C40)
- Classificação LER: 10 02 07* - Resíduos sólidos de tratamento de gases contendo substâncias perigosas
- Principal poluente no eluato: Pb
- Concentração de Pb superior à permitida para a deposição direta dos resíduos em aterro para resíduos perigosos
- Perigosidade do depósito de resíduos para o ambiente e para a saúde pública locais muito elevada, havendo necessidade da sua remoção integral (agravada com a inexistência de confinamento basal e de cobertura final do depósito e com a condutividade hidráulica do substrato de cerca de 10^{-5} m/s)
- Volume estimado para os resíduos: 50.000 m³ (massa: 88.000 t)

Remoção dos resíduos

- **Escavação**
 - Remoção e deposição temporária do solo de cobertura
 - Remoção e transporte dos resíduos a destino final adequado
- **Avaliação da contaminação do subsolo (recuperação ambiental)**
 - Caracterização do terreno subjacente aos resíduos
 - Remoção do terreno contaminado
- **Reaterro dos solos de cobertura (recuperação paisagística)**
 - Caracterização do solo de cobertura
 - Reposição e compactação do solo de cobertura

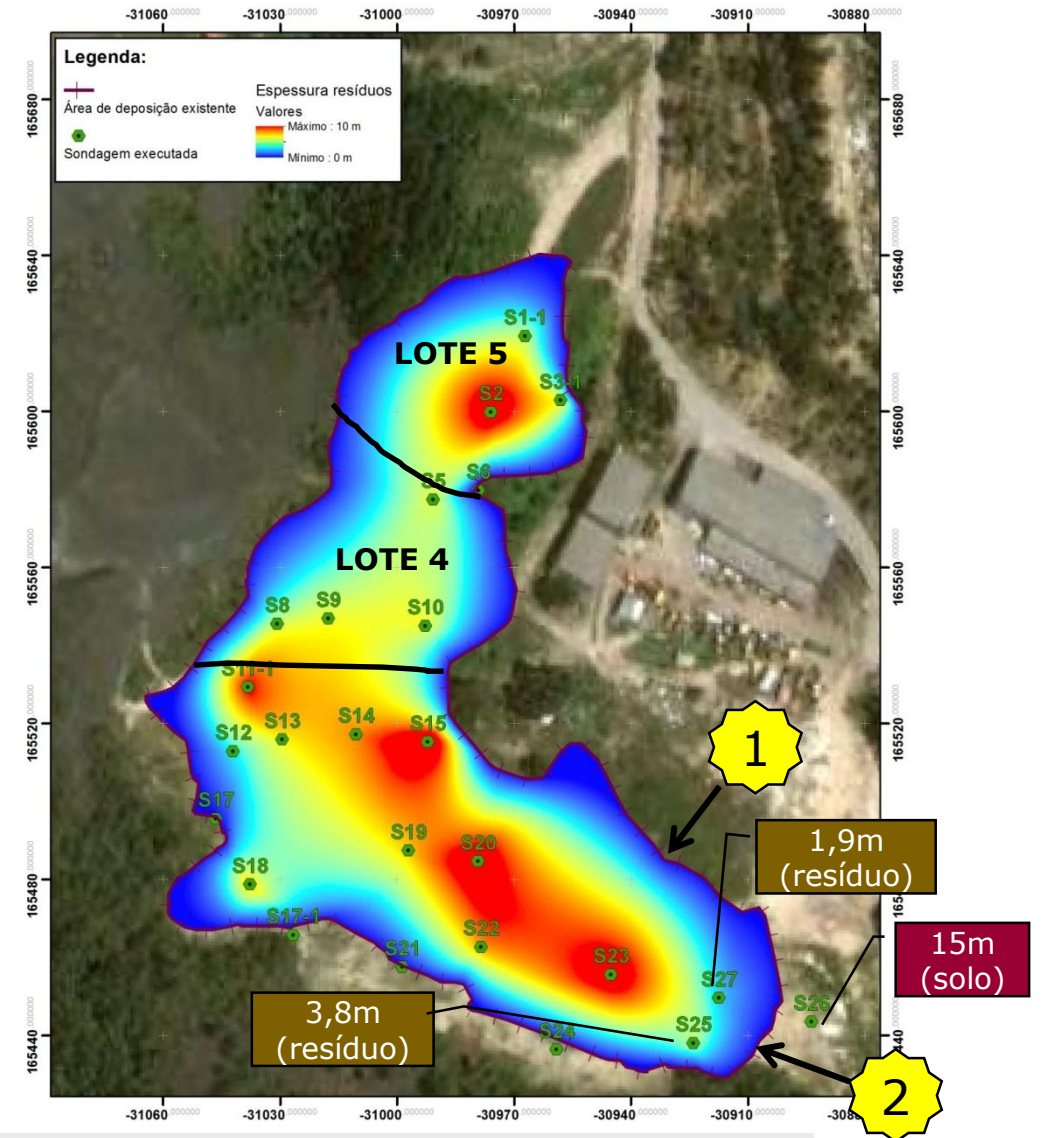
Remoção dos resíduos



Remoção dos resíduos

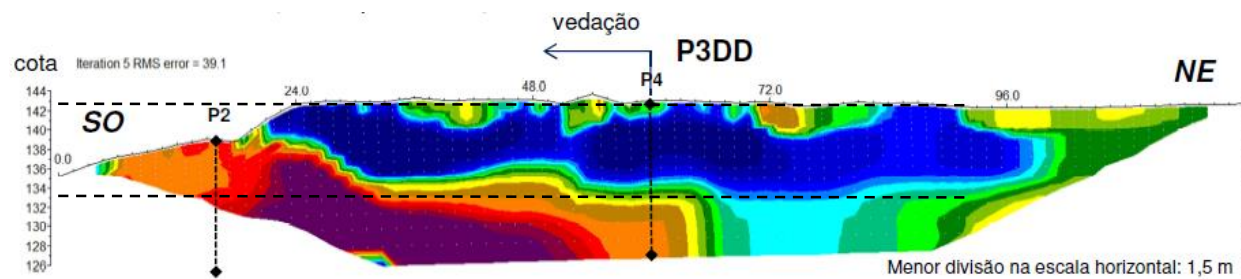


Remoção dos resíduos

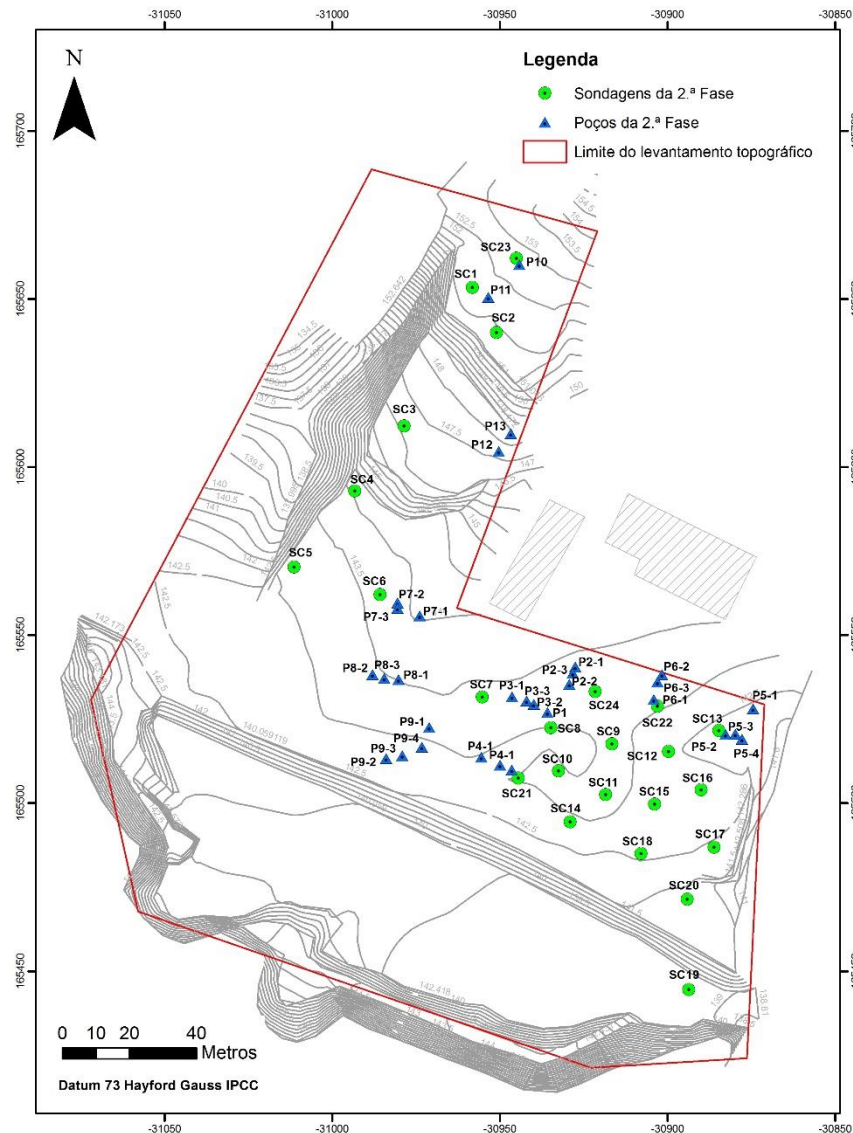


Caracterização do depósito (Fase 2)

13 perfis de resistividade elétrica
ao longo de 7 alinhamentos



Caracterização do depósito (Fase 2)

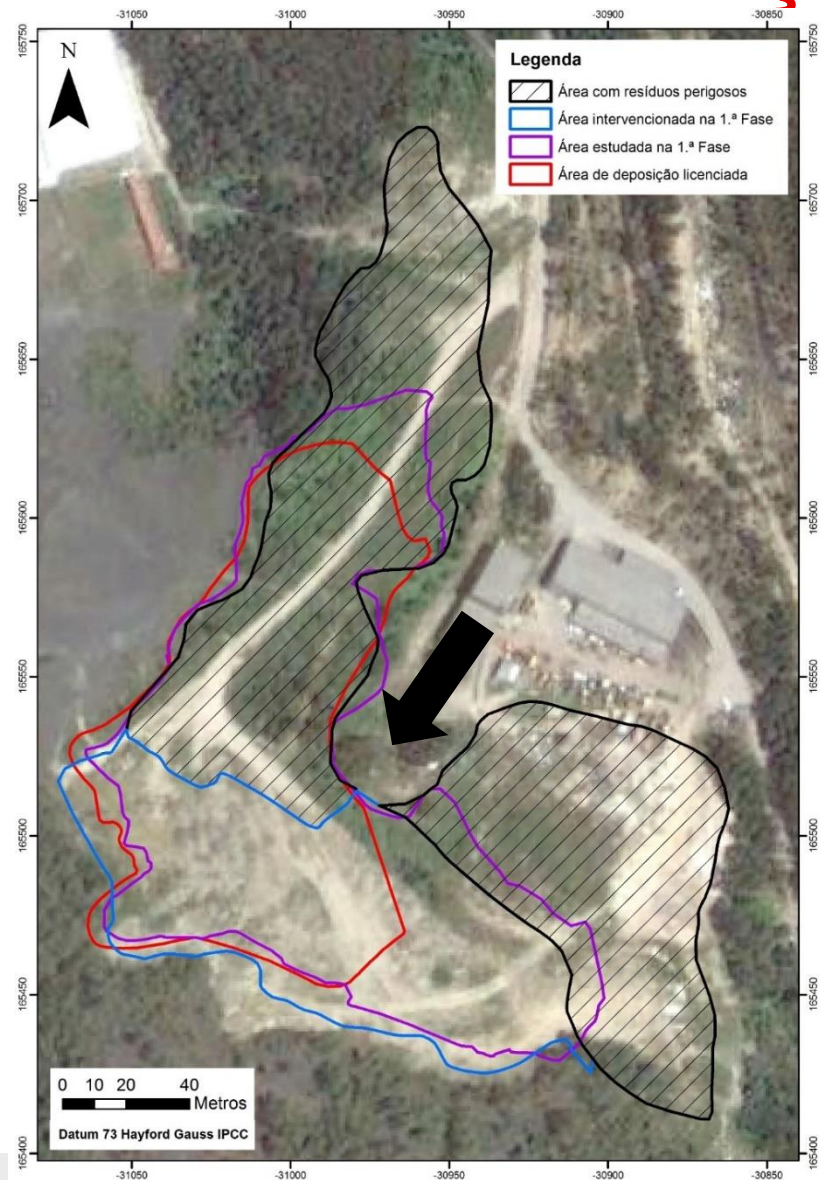


- 24 sondagens mecânicas (comprimento: 243 m)
- 31 poços

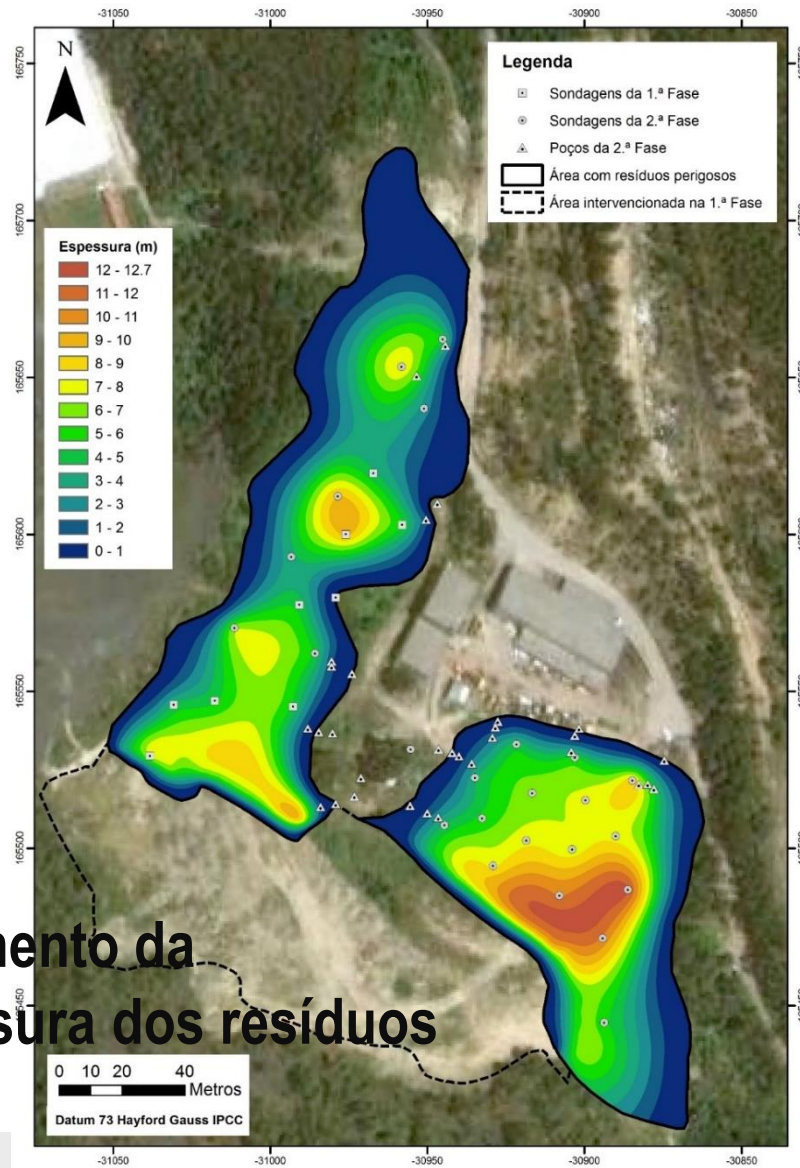
Caracterização do depósito (Fase 2)



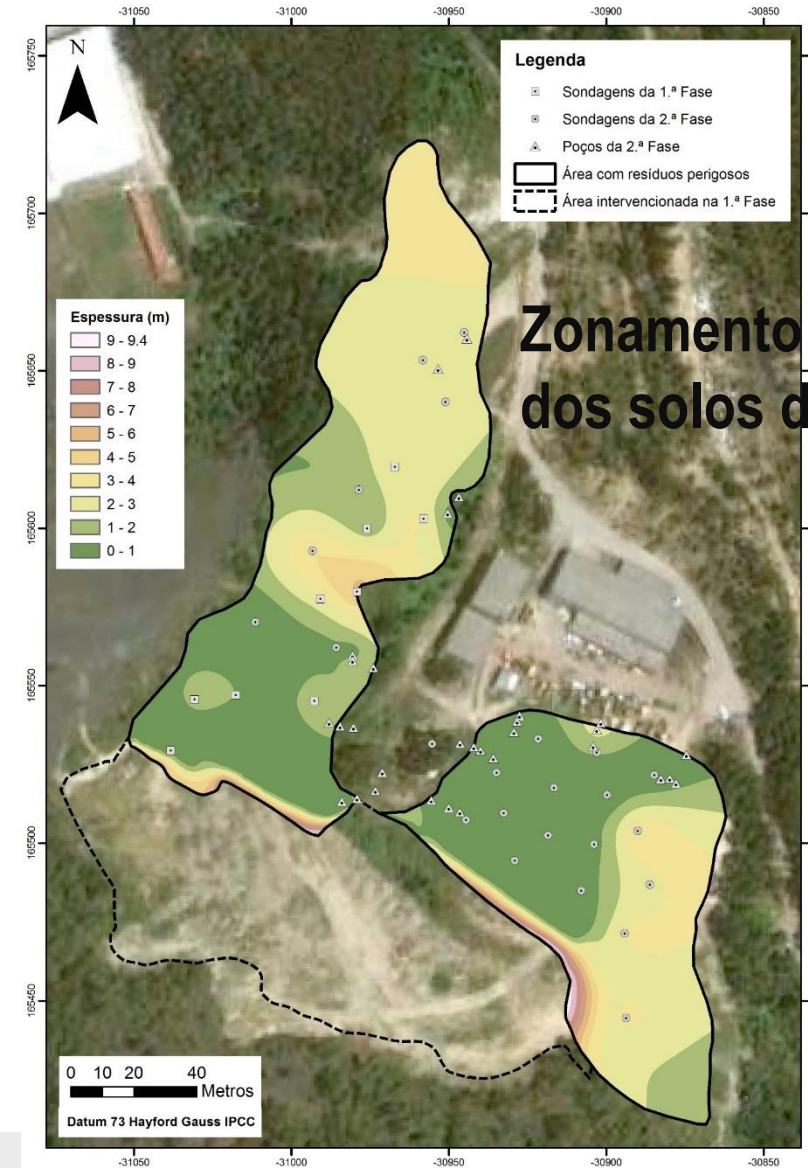
Caracterização do depósito (Fase 2)



Caracterização do depósito (Fase 2)



Zonamento da espessura dos resíduos



Zonamento da espessura dos solos de cobertura

Caracterização do depósito (Fase 2)

Áreas do depósito		Materiais a remover						Materiais do recobrimento
		Resíduos perigosos		Camada de recobrimento de 0,3 m de espessura		Total		Volume ² (m ³)
Designação	Superfície (m ²)	Volume (m ³)	Massa ¹ (t)	Volume (m ³)	Massa ¹ (t)	Volume (m ³)	Massa ¹ (t)	
Poente	10 200	30 200	52 900	3100	5400	33 300	58 300	20 000
Nascente	7600	36 100	63 200	2300	4000	38 400	67 200	12 900
Nascente e Poente	17 800	66 300	116 000	5400	9500	71 700	125 500	32 900

1 - Massa calculada com base no peso volúmico de 17,12 kN/m³ (massa volúmica de 1,75 t/m³).

2 - Volumes calculados sem a camada de 0,3 m de espessura do recobrimento dos resíduos perigosos.

Síntese (Fase 2)

- Principais fontes poluentes: CaO, Pb e Óleo Mineral (C10 a C40)
- Classificação LER: 10 02 07* - Resíduos sólidos de tratamento de gases contendo substâncias perigosas
- Principal fonte poluente no eluato: Pb
- Concentração de Pb superior à permitida para a deposição direta dos resíduos em aterro para resíduos perigosos
- Perigosidade do depósito de resíduos para o ambiente e para a saúde pública locais muito elevada, havendo necessidade da sua remoção integral (agravada com a inexistência de confinamento basal e de cobertura final do depósito e com condutividade hidráulica do substrato de cerca de 10^{-5} m/s)
- Volume estimado para a remoção dos resíduos: 71.700 m³ (massa: 125.500 t)

Volume total estimado (fase 1+2): 121.100 m³ (massa: 213.500 t)

Material	LNEC (2011)			Outras entidades (m ³)					
	Método	Volume (m ³)	Massa (t)	Tecninvest		Urbindústria e Vila Rei	Urbindústria	Siderurgia Nacional	Tribunal Arbitral
				1996	2005	2002	2005	Sem data	2006
Solos de cobertura	TIN	65.589	-	-	-	-	-	-	-
	NaN	64.817	-	-	-	-	-	-	-
Resíduos	TIN	54.433	93.897	48.987	108.000	123.477	113.000	115.052	98.397
	NaN	50.711	87.476						
Solos de cobertura + Resíduos	TIN	120.022	-	-	-	-	-	-	-
	NaN	115.528	-	-	-	-	-	--	-

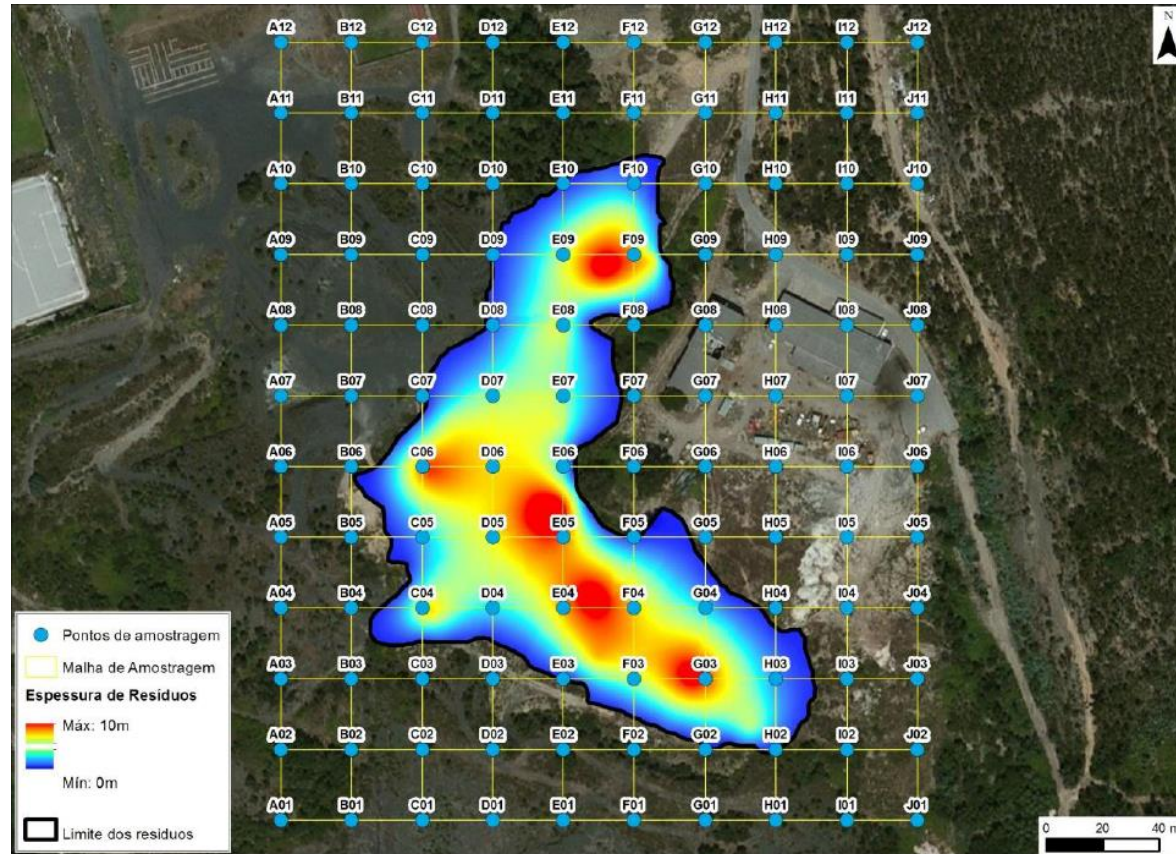
Métodos de interpolação: TIN – Rede Irregular Triangular; NaN – Rede Regular por Interpolação do Vizinho Natural

Volume total estimado: 121.100 m³

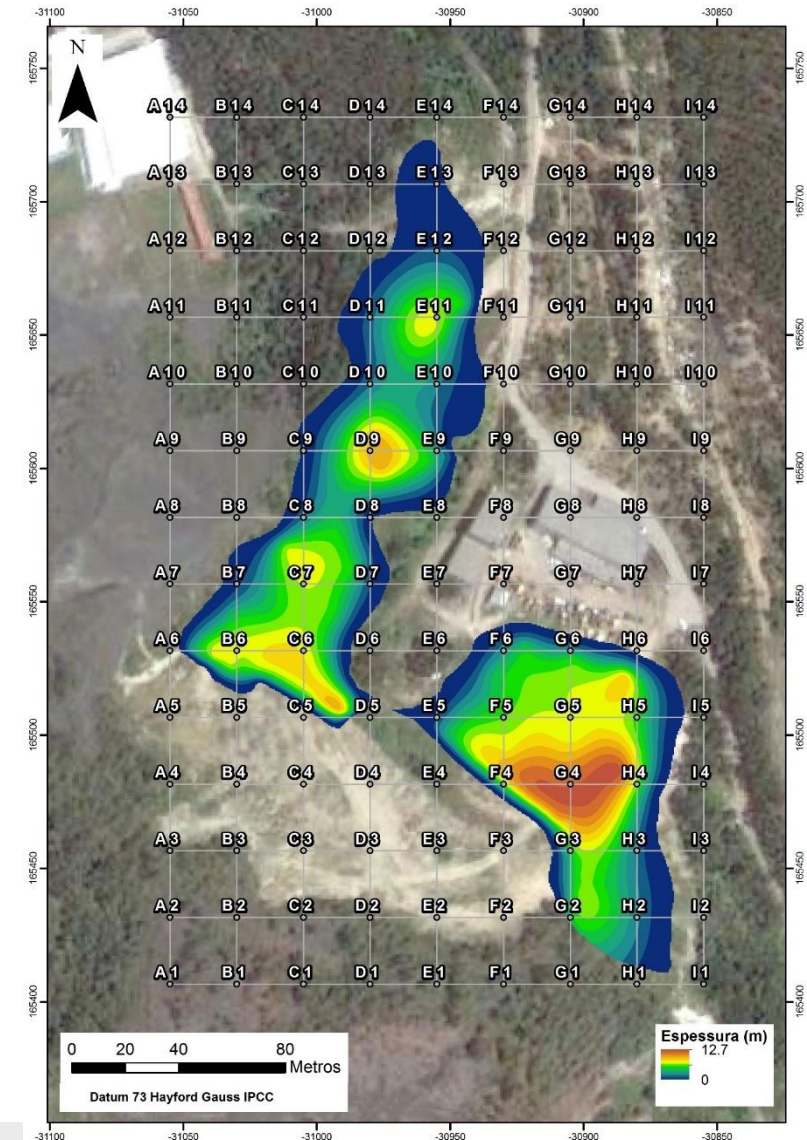
Volume total contratado: até 138.330 m³

Avaliação da contaminação do subsolo

Recuperação ambiental



FASE 1



FASE 2

Avaliação da contaminação do subsolo

Recuperação ambiental



NITON (dosagem dos metais)



PetroFLAG (dosagem dos hidrocarbonetos)

Reaterro dos solos de cobertura

Recuperação paisagística

- Análise granulométrica por peneiração (LNEC E196)
- Limites de consistência (NP143)
- Teor em água (NP84)
- Densidade das partículas (NP83)
- Compactação pelo método de ensaio Proctor modificado (LNEC E197)



Reaterro dos solos de cobertura

Recuperação paisagística

Parâmetro	Gamadensímetro									
	Passagem dupla a vibrar					Passagem simples a vibrar e estática				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Peso volúmico seco (kN/m ³)	18,081	17,434	17,395	17,483	17,483	18,101	18,130	18,522	18,277	18,169
Teor em água (%)	11,8	13,8	13,9	11,9	11,9	11,1	11,2	12,8	10,9	12,5
Grau de compactação (%)	93,3	90,0	89,8	90,2	90,2	93,4	93,6	95,6	94,3	93,8



Parâmetro	Garrafa de areia		Gamadensímetro			Garrafa de areia		Gamadensímetro		
	1	1	2	3	4	2	5	6	7	8
Peso volúmico seco (kN/m ³)	17,415	18,287	17,973	18,003	17,738	18,179	17,914	18,287	18,522	18,140
Teor em água (%)	14,5*	11,6	11,5	11,1	12,2	13,6*	12,7	12,4	12,4	11,6
Grau de compactação (%)	89,5	94,4	92,8	92,9	91,6	93,8	92,5	95,6	95,6	93,6



Reaterro dos solos de cobertura

Recuperação paisagística



Considerações finais

- Migração das espécies químicas analisadas para os terrenos subjacentes aos resíduos foi pouco relevante (< 1 m de profundidade)
- A monitorização da água subterrânea (efetuada pela APA) indica que não há influência clara do depósito de resíduos nos resultados obtidos
- O reaterro dos solos de cobertura no local evitou o seu transporte para aterro de resíduos, com significativos ganhos ambientais, económicos e sociais
- A remoção dos resíduos perigosos e dos terrenos com perigosidades ambiental que lhes são subjacentes e o reaterro dos solos de cobertura são um relevante contributo para a recuperação paisagística e ambiental da área, a qual integra a Zona Verde dos concelhos de Gondomar, Paredes e Valongo

Muito agradecido pela vossa presença e atenção
(aroque@Inec.pt)

Roque, A.J. and Monteiro, V. Hazardous waste on waste rock of São Pedro da Cova coal mine (Portugal): site reclamation. *Environmental Geotechnics Journal*, ICE Publishing, <https://doi.org/10.1680/jenge.20.00013>.

QUESTÕES?