

Ciclo de Conferências

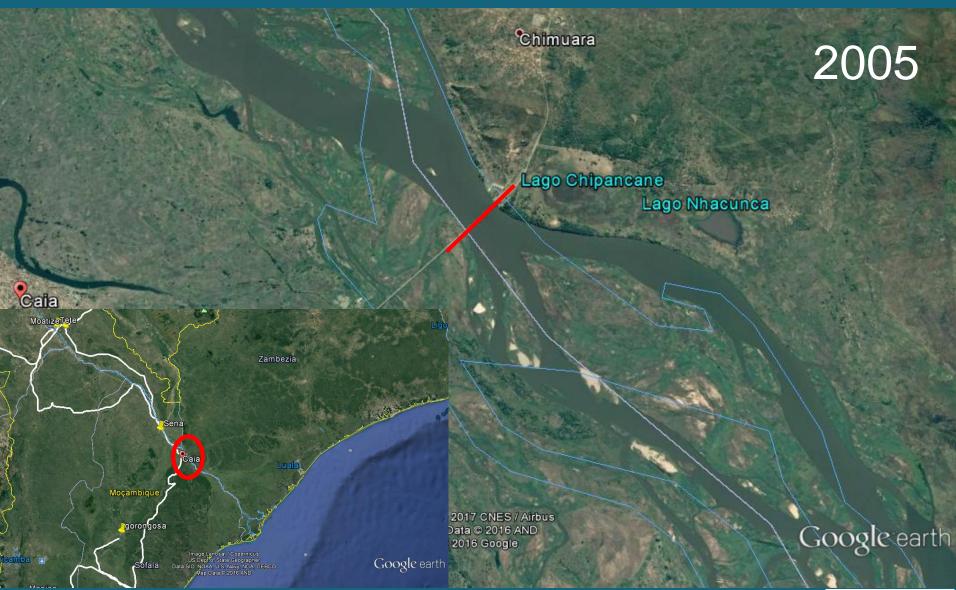
Obras de Engenharia Geotécnica Portuguesa no Mundo – Infraestruturas de transportes

Auditório da Sede Nacional da Ordem dos Engenheiros Lisboa, 23 de maio de 2017





A Travessia do Zambeze em Caia



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



Uma das Maiores Pontes de Africa





Prospecção Mecânica & Geofisica



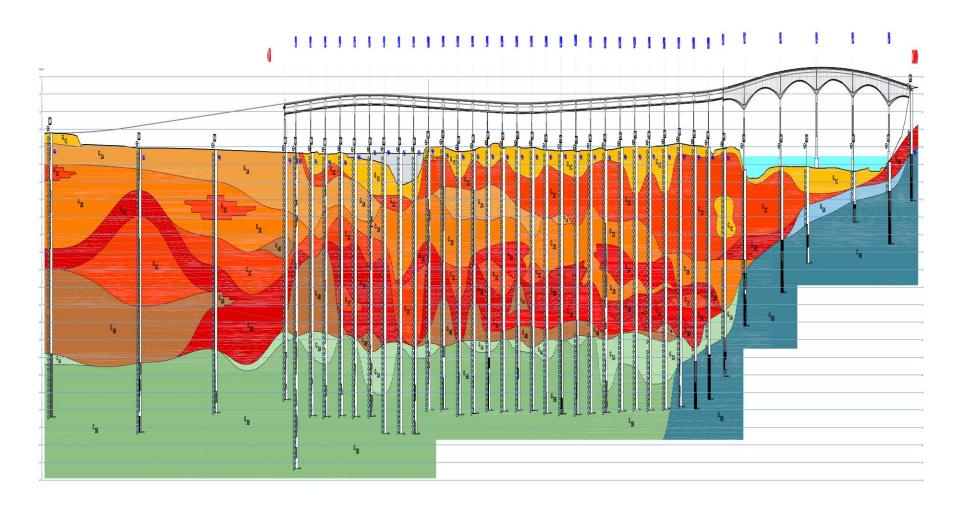


Principais dificuldades





Zonamento Geotécnico





O convite da BETAR

Dimensionamento geotécnico de:

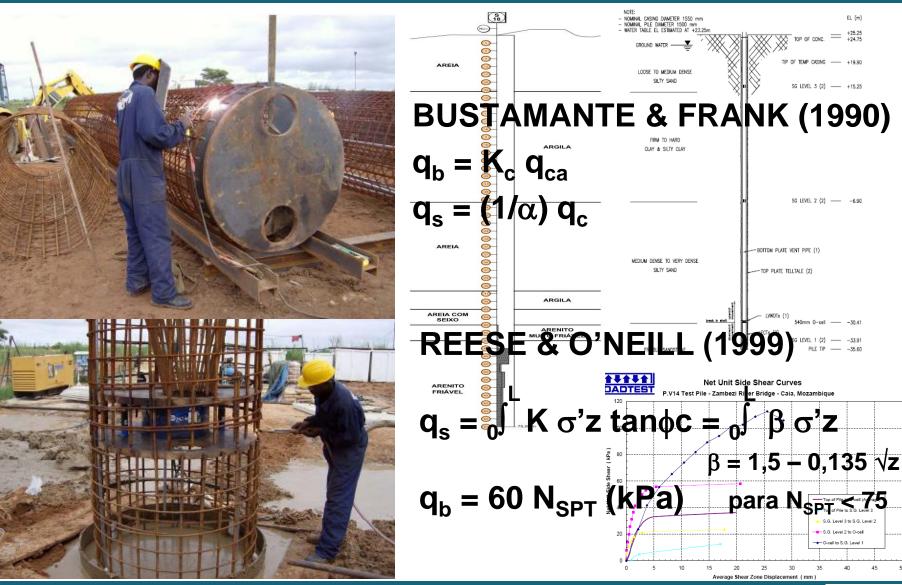
Fundações da ponte e viadutos:

Estacas moldadas de 1.2, 1.5 e 2.0m de diâmetro (até 65m de profundidade)

Encontros

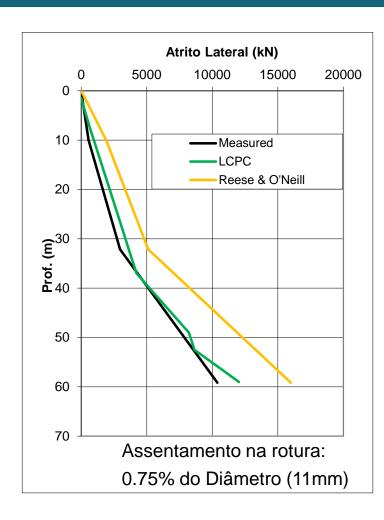
Aterros com 14m de altura máxima sobre baixa aluvionar do Zambeze. Aceleração de consolidação

Ensaio de carga (Osterberg)





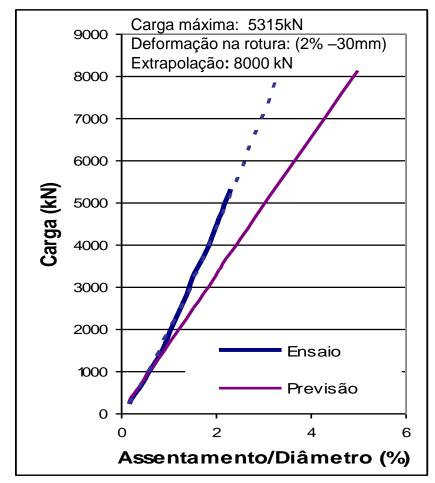
Ensaio de carga (Osterberg)



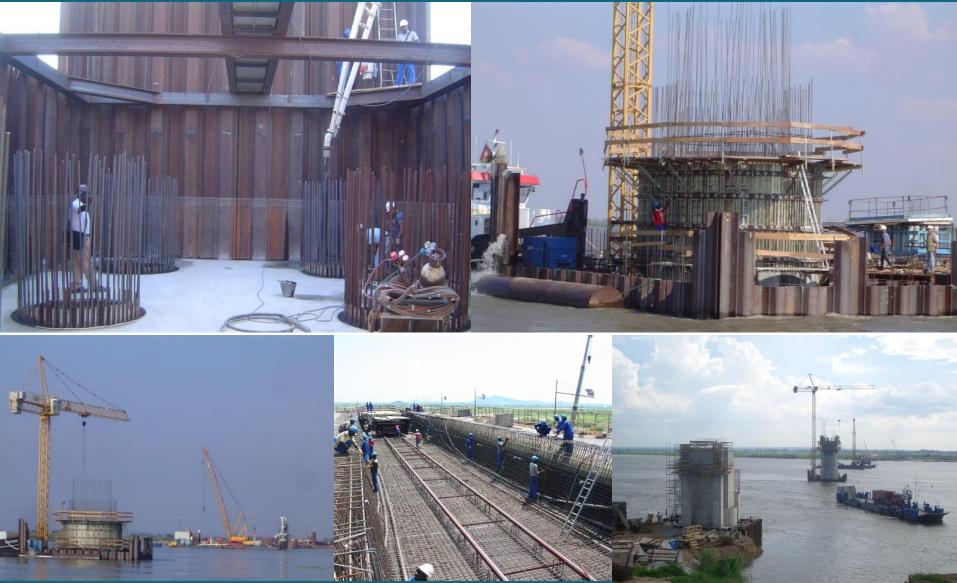
Previsões:

LCPC: 8143kN

Reese & O'Neill: 7700kN



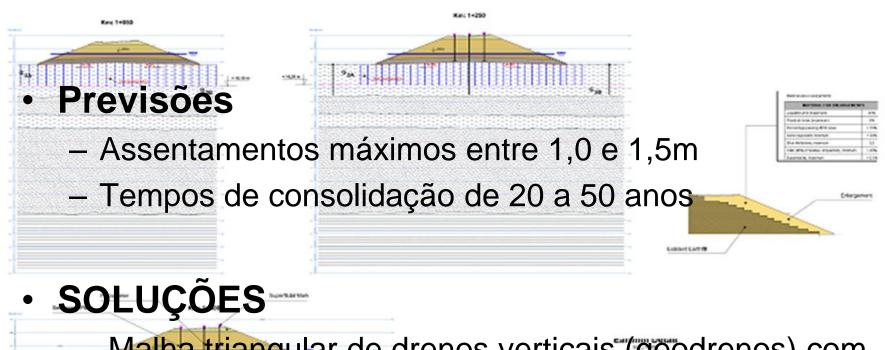
Vamos a isto!



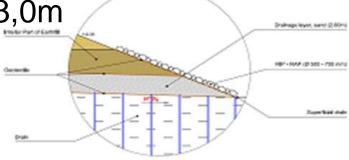
OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



Encontros



 Malha triangular de drenos verticais (geodrenos) com espaçamentos entre 2,0 e 3,0m



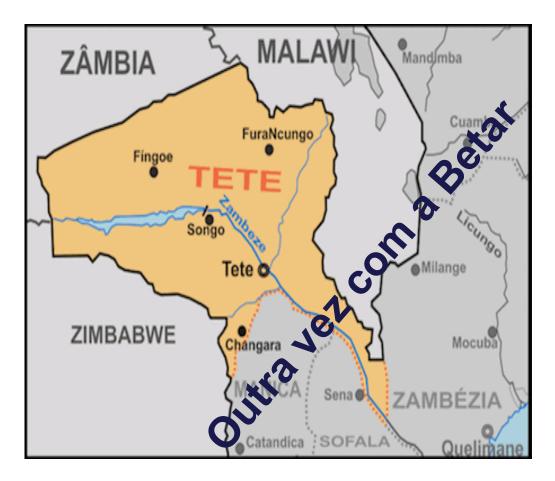


A Ponte Armando Guebuza





A travessia do Zambeze em Tete



Dono de Obra: Estradas de

Zambeze

Empreiteiro: Consorcio Mota-

Engil, Soares da Costa, Opway

Projetista: BETAR

Valor do contrato: 105.263.158€

Inicio da Empreitada: Abril de

2011

Prazo da Empreitada: 42 Meses

Objetivo da Empreitada: Ponte em betão pré-esforçado com comprimento de 715 m com vãos de 135 m. Viaduto de acesso do lado Sul com 866m de extensão. 13,5km de acessos imediatos



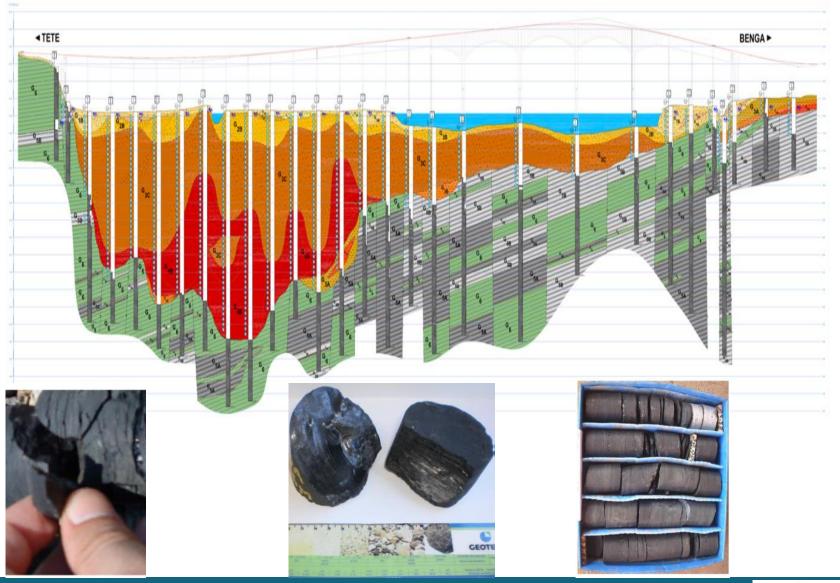
A Ponte de Kassuende



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017

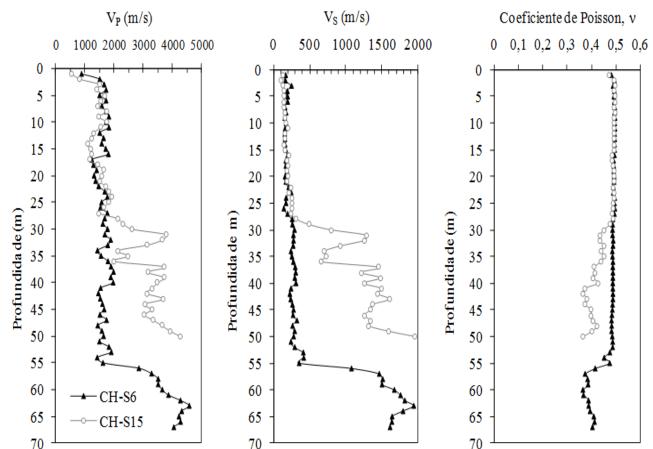


A Fundação de Carvão





Caracterização Mecânica do Carvão







Caracterização Mecânica do Carvão

Ensaios SPT, CH

Litologia	N _{SPT}	V _S (m/s)
Solos arenosos muito soltos	< 5	< 125
Solos arenosos soltos	5 – 10	125 – 175
Solos arenosos medianamente compactos	10 – 30	175 – 250
Solos arenosos compactos	30 – 60	250 – 350
Argilitos	> 60	650 – 750
Argilitos com intercalações de carvão / carvão puro	> 60	1000 – 1250
Arenitos	> 60	1000 – 2000

Ensaios UCS

	UCS (MPa)		E (GPa)	
Litologia	Seco	24h imersão	Seco	24h imersão
Argilitos carbonosos / carvão puro	15 - 35	4 - 5	1 - 2	0.25 - 0.5
Argilitos e arenitos intercalados	25 - 50	10 - 20	3 - 6	1 - 2
Arenitos	48	18	6	3

Caracterização Mecânica do Carvão

Ensaios PMT

Ensaio	Prof. (m)	Litologia	P _{om} (bar)	P _F (bar)	P _L (bar)	E _{PMT} (MPa)
S24A-1	28,7	Argilito Carbonoso	0,25	40		108,81
S24A-2	21,3	Arenito	1,5	50		164,04
S24A-3	18,3	Argilito Carbonoso	2	>10		26,38
S24A-4	17,9	Argilito Carbonoso	1,5	>6		18,52
S24A-5	17,4	Argilito Carbonoso	2,5	6		17,99
S25A-1	24.2	Argilito Carbonoso	(1)	(1)	(1)	(1)
S26-1	18.1	Argilito Carbonoso	(1)	(1)	(1)	(1)







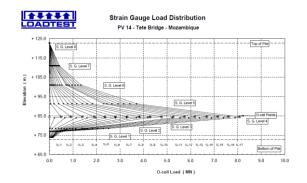
Ensaios de Carga (Betar)

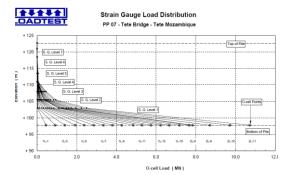
	Projecto		Ensaios	
Comp. Geot.	qs;k (kPa)	qb;k (MPa)	qs;k (kPa)	qb;k (MPa)
G1-G2		-	9	
G3	32		42	
G4	67	-	40	-
G5A	-	4	150	4
G5B	385	10.5	375	12
G6	600	18.5	930	17.5

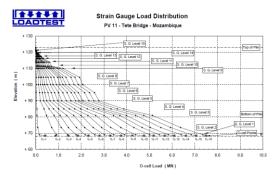






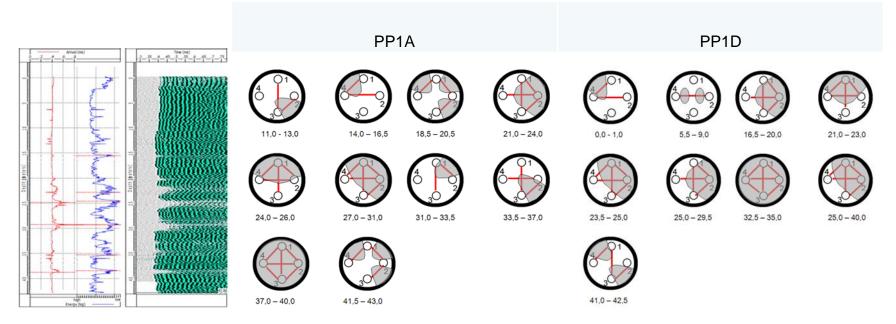








Controlo de Integridade de Estacas





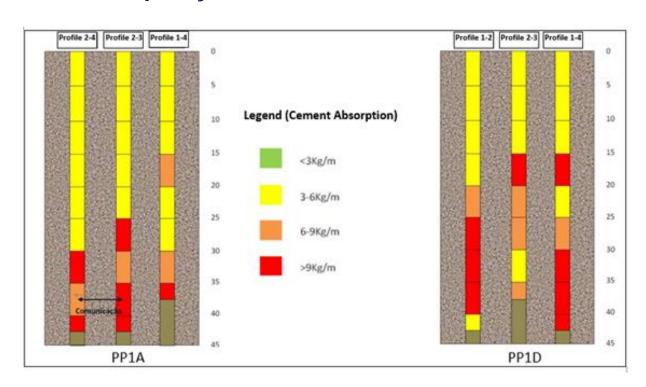


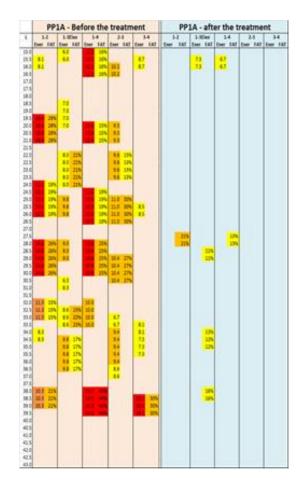
- 1) Avaliação da integridade das estacas foi efetuada com base em ensaios Cross-hole (CSL).
- 2) Os ensaios revelaram defeitos em duas das estacas da ponte,
- 3) Confirmação através de carotagem criteriosamente localizada



Controlo de Integridade de Estacas

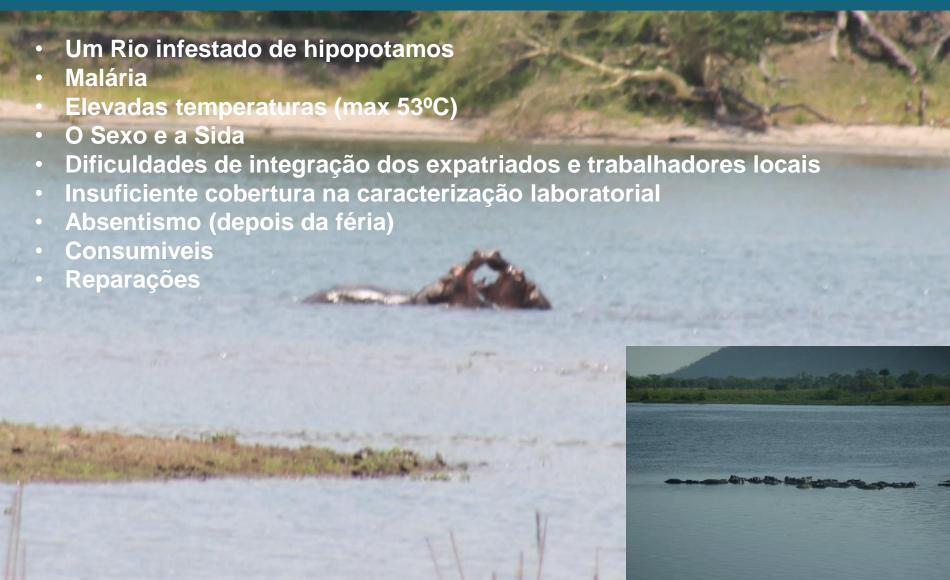
- 4) O furo aberto pela carotagem serviu para as injecções de calda para reparação.
- 5) Novos ensaios CSL revelaram a eficiência da reparação.







Dificuldades





A Construção

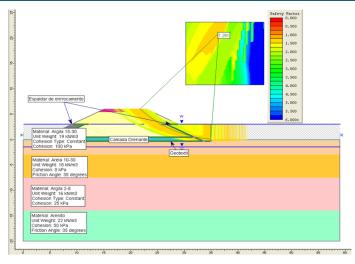


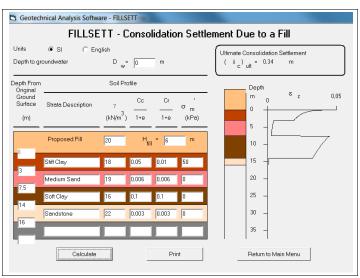


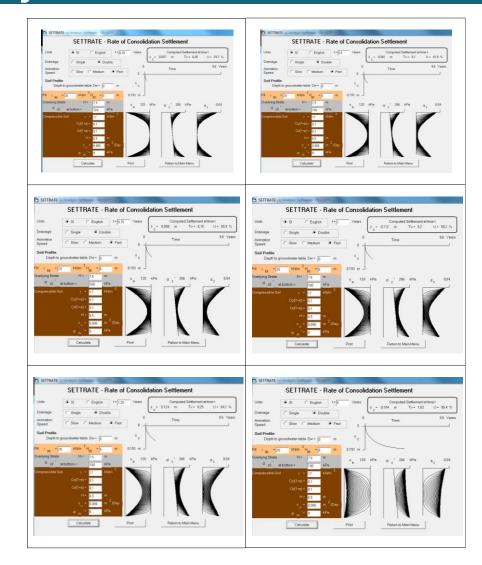




Acessos – Projeto Geotécnico









Acessos imediatos







OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



Bela Obra



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



SPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNI

O desafio da VALE





O Corredor de Nacala

O Corredor de Nacala liga a mina de carvão de Moatize (Tete) ao Porto de Nacala, numa extensão de 906km.

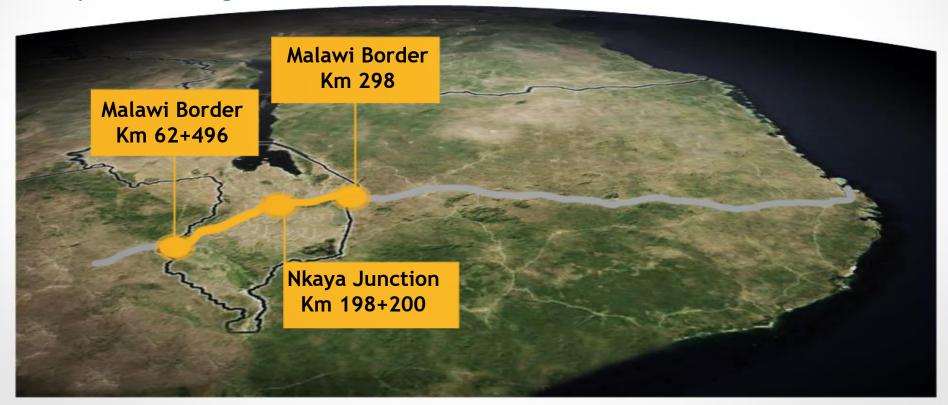




Corredor de Nacala

A **Secção 3** do Corredor de Nacala corresponde a um **troço de via nova**, que se desenvolve desde Kachaso, Mwanza na fronteira Oeste Mz/Mw até Nkaya Juntion no distrito de Balaka.

A **Secção 5** corresponde à **reabilitação da via existente** até à fronteira Leste Mw/Mz, em Nayuchi/Entrelagos





A Oportunidade

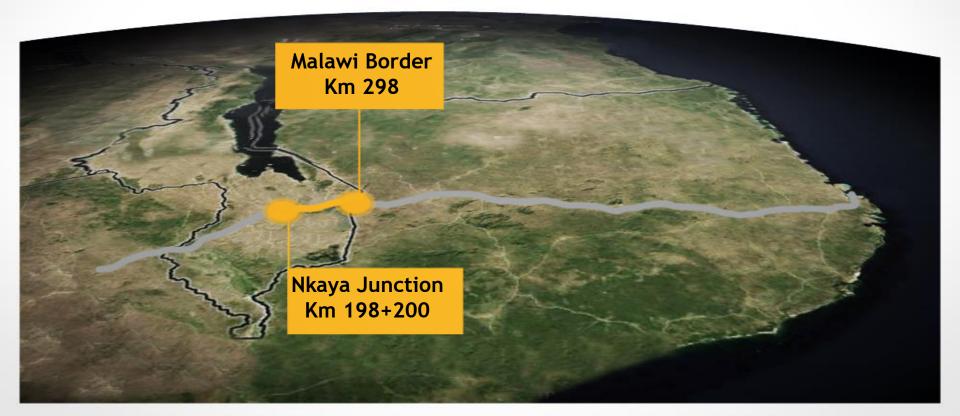




O Desafio da Secção 5...

Garantir a exequibilidade da reabilitação da linha na Secção 5, com prazos e custos apertados. Para o efeito, pelo menos 80% da reabilitação deveria corresponder apenas a regularização superficial e um carregamento com balastro novo, conforme solução (A) delineada pelo LNEC.

A garantia de execução abre as portas para a adjudicação da Secção 3.





... e a aplicação do mesmo modelo na Linha de Sena



SISTEMA FERROVIARIO DA BEIRA

Cum fonda branca

Malawi

Constitución de la constitución d

Dono de Obra: CFM, Portos e Caminhos de Ferro de Moçambique

Empreiteiro: Consorcio Mota-Engil/Edivisa

Valor do contrato: 162.718.770,88 €

Prazo da Empreitada: 20 Meses

Objetivos da Empreitada: Aumento da capacidade de transporte da linha do Sena de Moatize para o Porto da Beira, dos atuais 6,5MTPA para 20MPTA, numa extensão de **515Km**.

Ampliação de **25** estações para permitir, o cruzamento de comboios com **6 locomotivas e 100 vagões (1435m)**, contra as atuais de 2 locomotivas e 42 vagões (comprimento total de 550m).

Conservação em **40 pontes** e **28 pontões**, incluindo as Pontes de Dona Ana e de Nangue

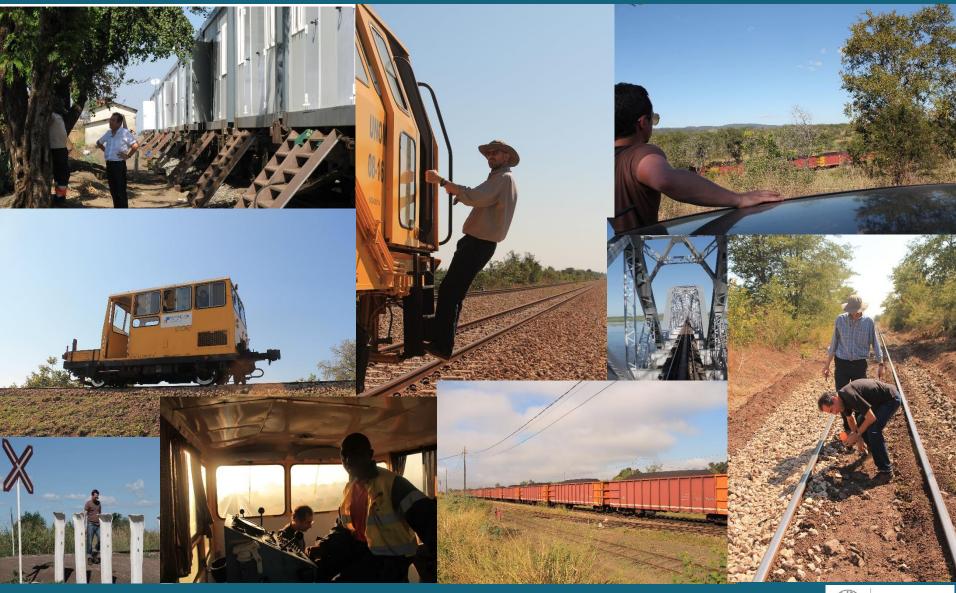


Uma Parceria Estratégica





Inspecção de Via



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



À medida das necessidades



- Georadar para caracterizar balastro;
- 22 pontos de amostragem para ensaios Lab;
- 22 Ensaios DPSH para avaliar niveis de compacidade das camadas de fundação;
- Ensaios com dilatómetro de Marchetti (DMT) na presença de solos soltos/moles;

- 72 pontos de amostragem para ensaios Lab;
- 72 ensaios com Deflectómetro de Impacto Portátil (DIP)
- 72 Ensaios DPSH para avaliar niveis de compacidade das camadas de fundação;
- 25 Ensaios com dilatómetro deMarchetti (DMT) na presença de solos soltos/moles;

Este modelo revelou-se muito eficiente tanto em termos de TEMPO e VERSATILIDADE na execução como em termos de QUALIDADE da informação e respectivos CUSTOS



Adaptação do equipamento

















Implementação do modelo



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNI

Execução



OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017

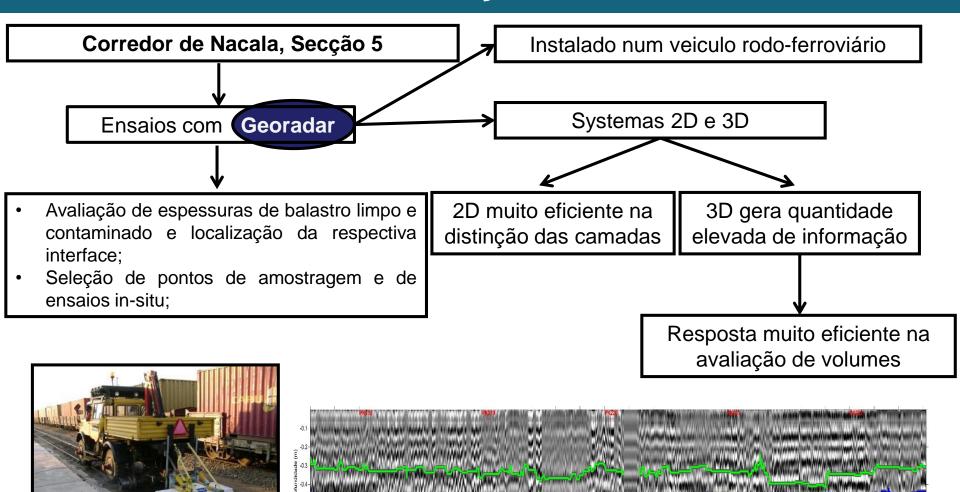


A visita da Popota



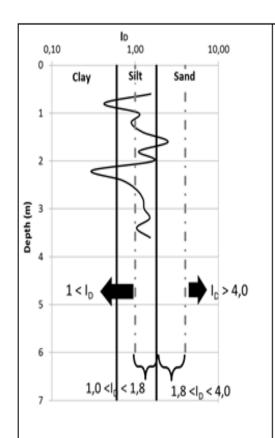


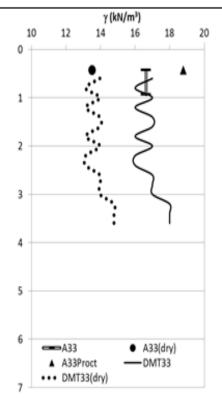
Caracterização do Balastro

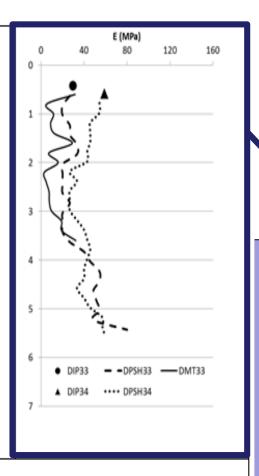




Caracterização da Sub-Estrutura







A determinação é
efectuada com
recurso a vários
tipos de ensaio,
cujos resultados
são obtidos
através de
diferentes
metodologias e
para diferentes
níveis de extensão
axial.

Ax and Ax (dry) - laboratory unit weights; DMTx e DMTx (dry) - DMT derived unit weights;

Axproct - maximum unit weight obtained from the Proctor

According to (Cruz et al. 2006)

 $I_D < 1.0$ – Soils with high percentage of fines with moderate to high plasticity; $1.0 < I_D < 1.8$ – Soils with fine content superior to 20% with low plasticity; $1.8 < I_D < 4$ – Soils classified as SM-SC; A1/A2; $I_D > 4$ – Sandy soils poorly graded

ORDEM DOS ENGENHEIROS

ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNIA

Garantida a Exequibilidade (Secção 5)

Solução A de reabilitação da Secção 5 do Corredor de Nacala garantida em mais de 80% da extensão, conforme modelação teórica realizada pelo LNEC

Georadar evidenciou:

- a) % de balastro limpo superior a200mm de espessura 65%
- b) % de balastro contaminado superior a 200mm 60%
- c) % de balastro (contaminado ou não) superior a 200mm 82%

Ensaios	Km	Intervalo de profundidade ⁽¹⁾ (m)	Situação	Módulo de Deformabilidade (MPa)	
				Intervalo	Valor médio no intervalo
2	212	1.0 – 3.0	Aplicação de Balastro	50 - 60	55
	226	1.0 – 6.8	Aplicação de Balastro	50 - 65	60
17	263	2.0 – 3.0	Mancha sem continuidade	40 - 45	40
20	283	2.6 – 3.2	Tratamento profundo	55 - 60	57
21	287	3.0 – 5.0	Tratamento profundo	45 - 55	50
22	288	1.0 – 4.6	Tratamento profundo	40 - 55	45
10	291	1.0 -5.5	Aplicação de Balastro	50 -65	60
9	296	1.0 – 3.5	10 - 14	50 - 60	60



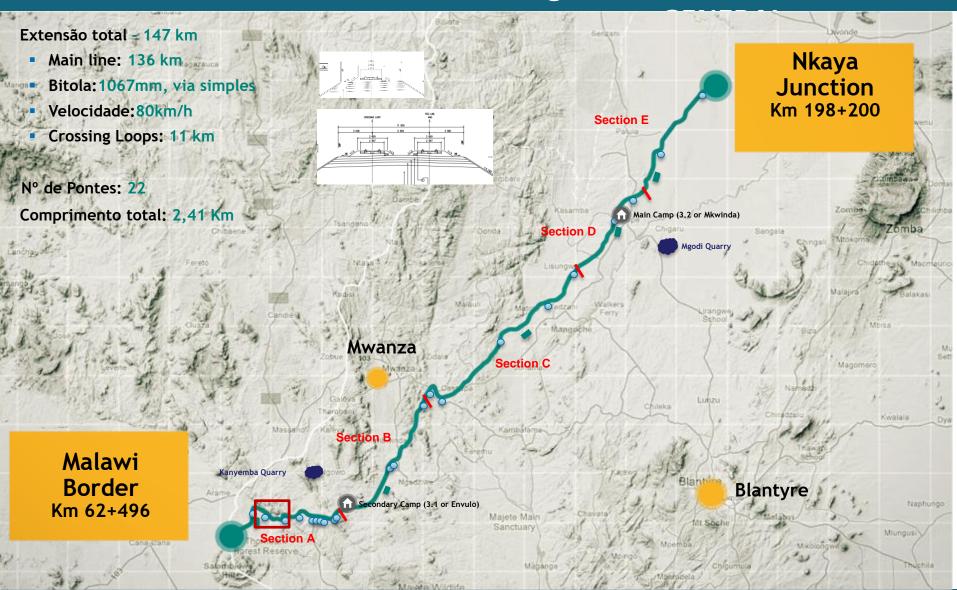
O Corredor de Nacala (Sec.3)

- Projeto Geotécnico de traçado alternativo (70+000 a 74+900) ao projeto inicial (Aurecon)
- Acompanhamento dos trechos problemáticos:
 - a) Aterro ao Pk 197+300 (solos dispersivos)
 - b) Aterro/escavação ao Pk 71+100 (estabilidade)
 - c) Aterro ao Pk 74+500 (rotura de P.H em aterro de grande altura)
 - d) Escavação ao Pk 72+400 (rotura do talude)





Uma Obra Gigantesca





Principais Actividades, Recursos e Produções

Actividades

Escavações

6.8 Mm³

Aterros

7.4 Mm³

Culverts menores

21 Km

Culverts grandes

7,5 Km

Pontes

2,4 Km (22 pontes)

Vigas pre~fabricadas

470units

Assentamento de carril

147 km

Materiais

Volume de betão

Aço

13.000 ton

Cimento

170,000 ton

Pregagens

200,000 m

Travessas

240,000 unidades

Recursos

Maquinaria pesada

Veículos ligeiros e de

transporte

Trabalhadores locais

3,250

Expatriados

575

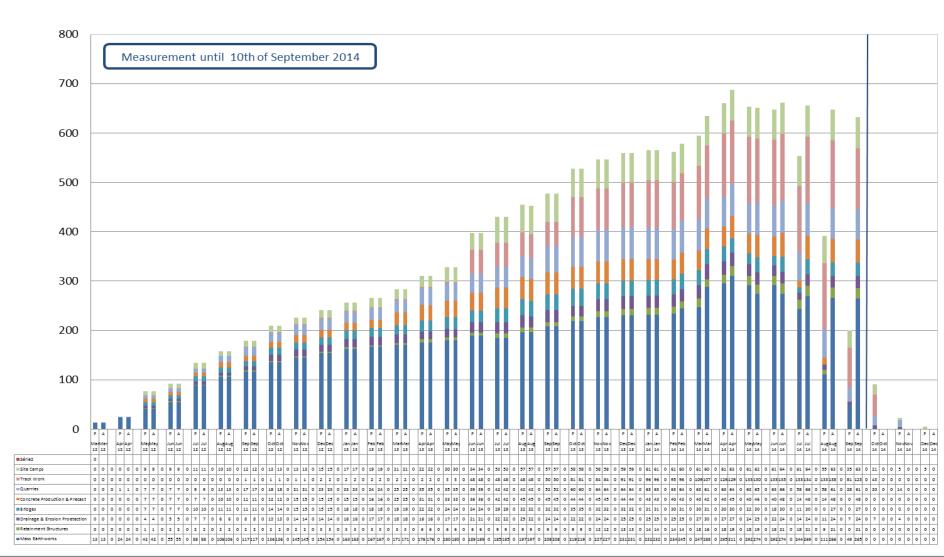


Maiores Produções

	Produção de Pico (semana)		
Escavações	180.000 m ³		
Aterros	190.000 m ³		
Pavimento	7,5 Km		
Drenagem	1.2 Km		
Pregagens	> 10.000 m		
Vigas pre-fabricada	15 un		
Culverts	250 m		
Prod. travessas	> 13.000 un		
Assentamento de via	> 7.000 m		
Prod. Balastro	7.500 m ³		
Prod. betão	4,000 m3		

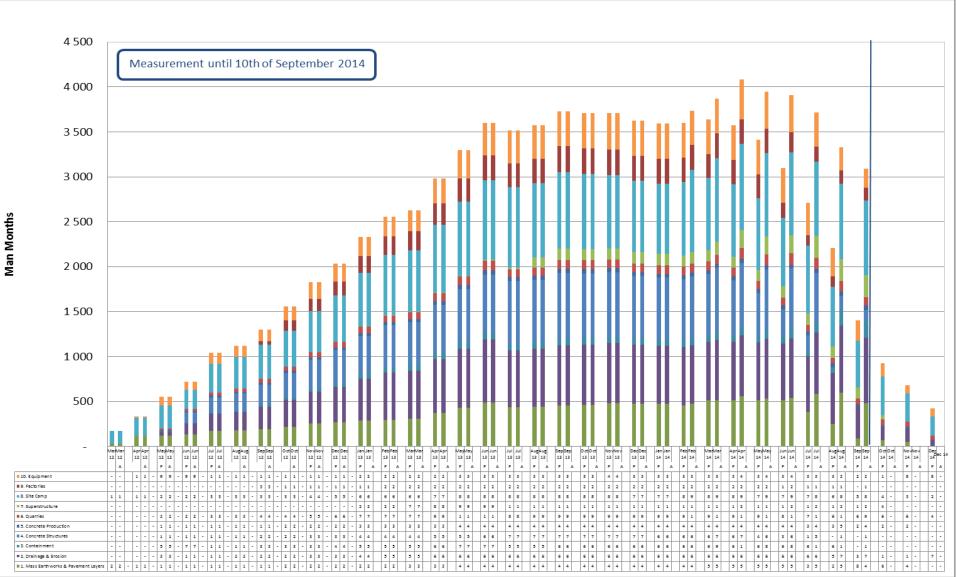


Equipamentos ao longo da obra





Recursos Humanos ao longo da obra





ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNIA

Corredor de Nacala – Secção 3



Principais Intervenções

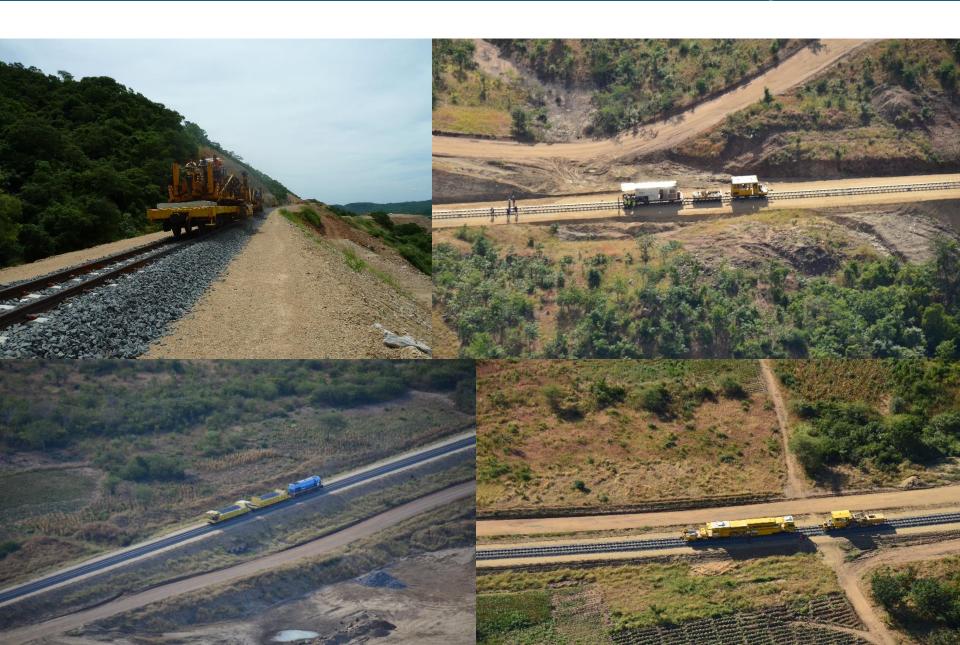
Projeto Geotecnico de traçado alternativo ao projeto. inicial (AURECON) Pks 70+000 a 74+900 Consultoria técnica Acompanhamento dos trechos problemáticos: a) Aterro ao Pk 197+300 (solos dispersivos) b) Aterro/escavação ao Pk 71+100 (estabilidade) c) Aterro ao Pk 74+500 (rotura de P.H em aterro de grande altura) d) Escavação ao Pk 72+400 (rotura do talude)



Corredor de Nacala – Secção 3



Corredor de Nacala – Secção 3



Dificuldades



INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



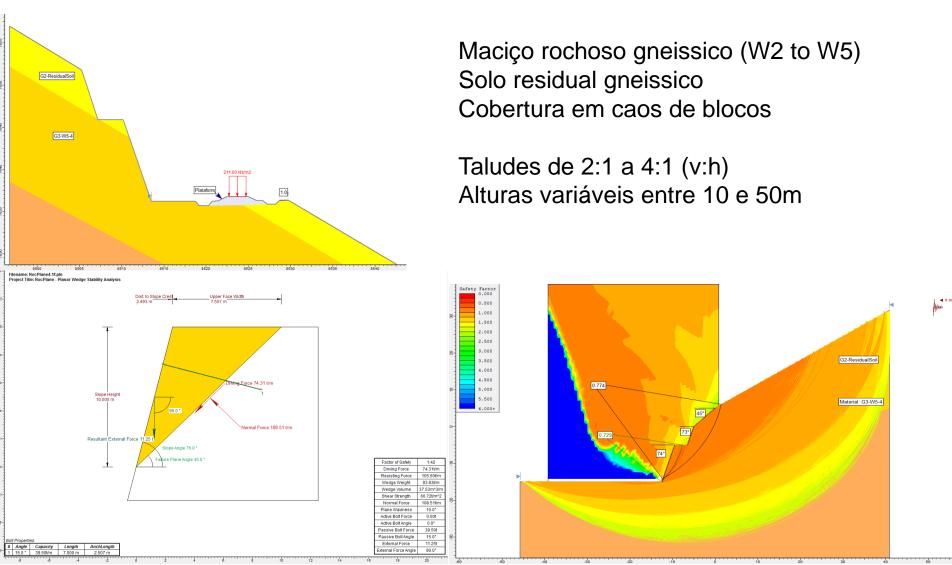
Projeto Geotécnico

Pk 70+000 a 75+000 enquadrado em zona de tectónica intensa marcada pelo Grande Rift e o vale do Zambeze

Corresponde ao maciço de base do Malawi constituído por rochas de natureza gneissica, enquadrando-se entre a falha de Mwanza e outras duas falhas paralelas

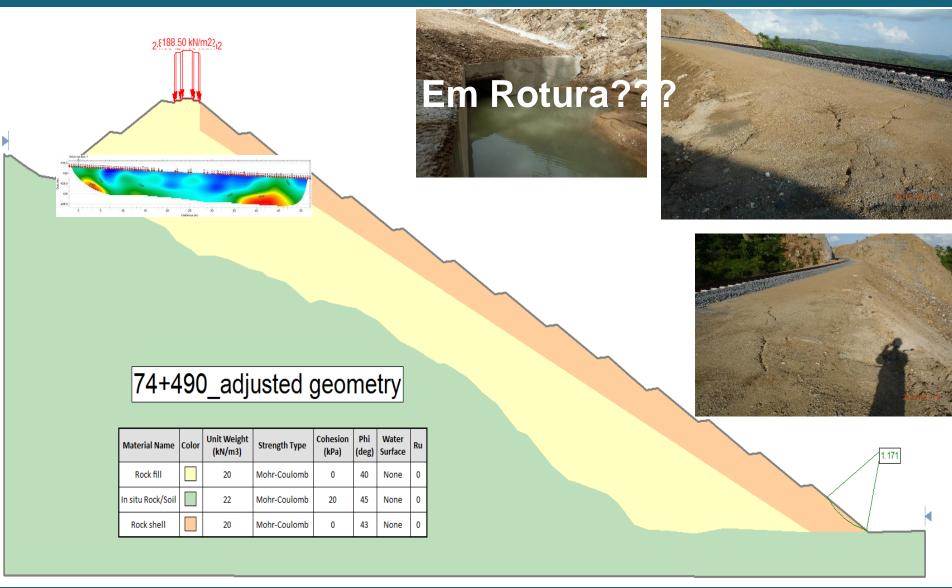


Traçado alternativo



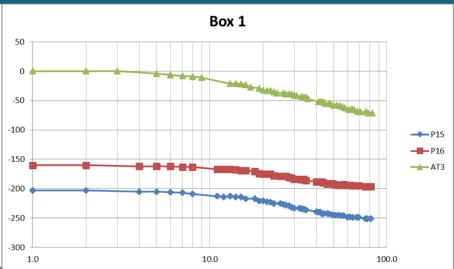


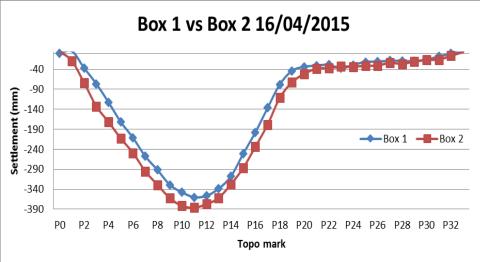
Pk 74+500



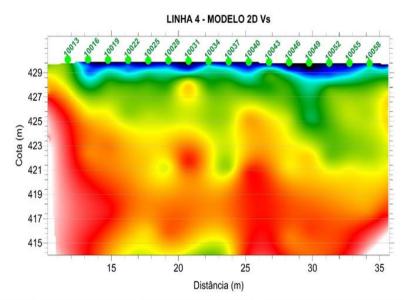


Monitorização e Geofísica



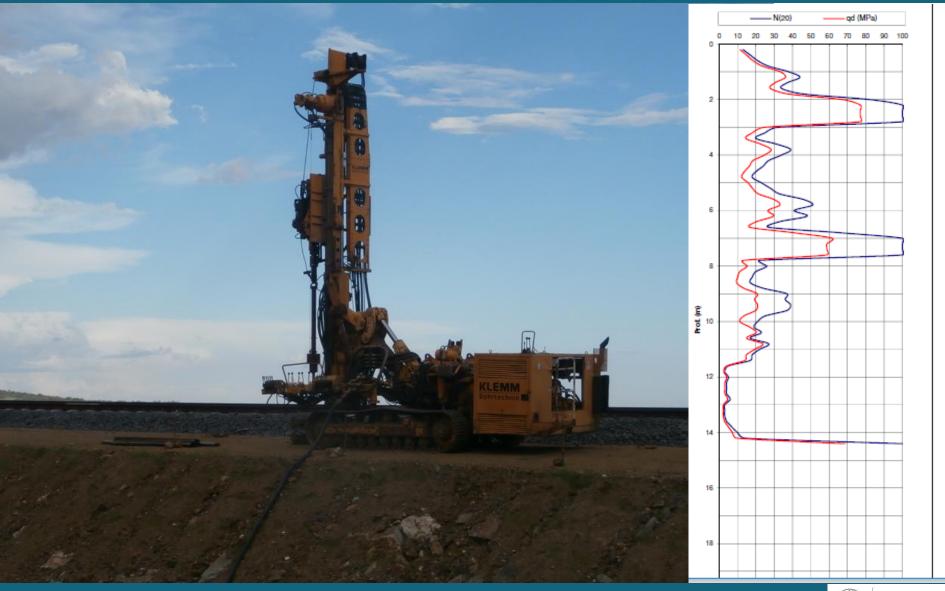








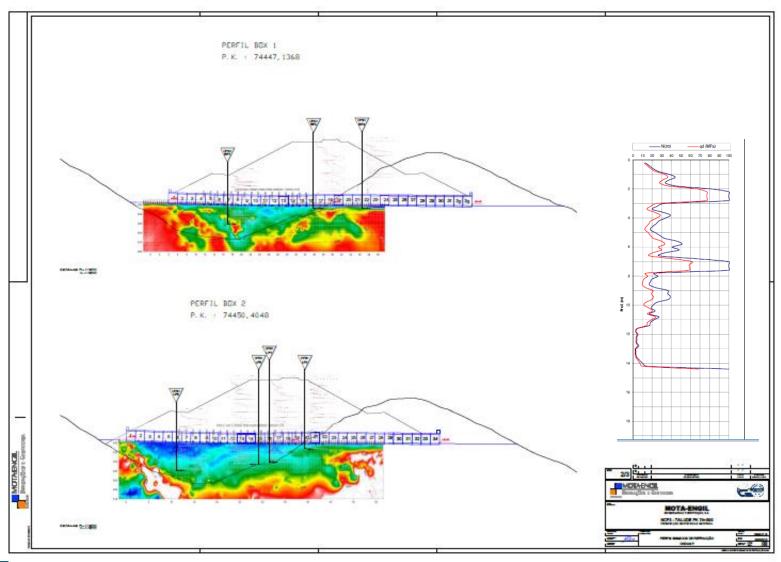
Ensaios DPSH



OBRASSOE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



Uff... foi só a box culvert



ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNIA

Pk 72+400



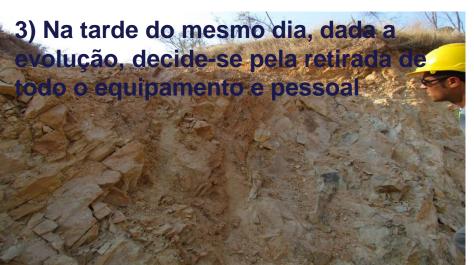
OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



Pk 72+400 - O último "osso"













Um dia mais tarde









Corredor de Nacala – A Falha



O "Acidente Geológico"



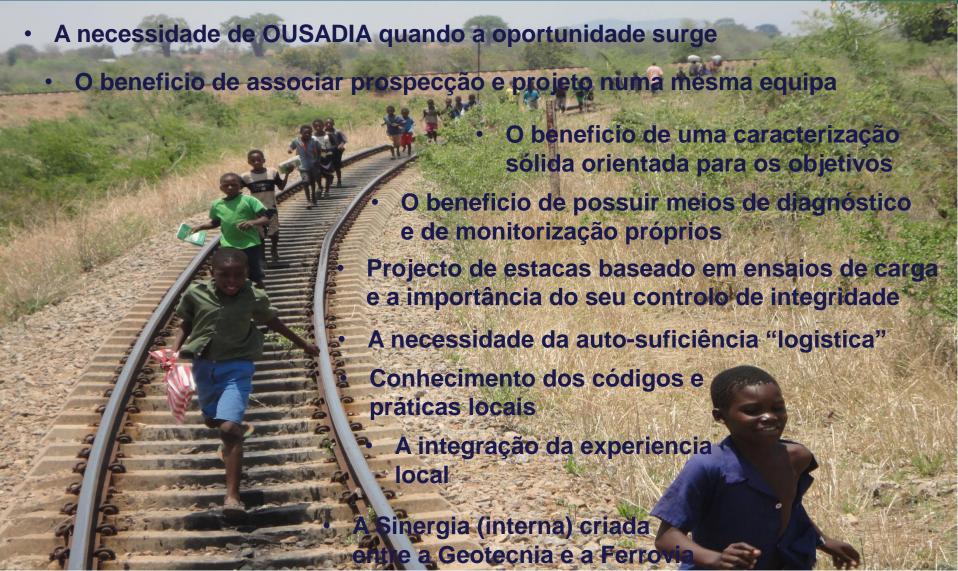


Conclusão





Lições Recolhidas e...





...e muita matéria para ID&i,





Publicações geradas

13 Publicações em certames da especialidade

- III Conference on Railway Technology, Sardenha (2016)
- Revista Geotecnia, SPG (2016)
- Congresso de Geotecnia, SPG (2016)
- Congresso Rodoviário Português, CRP (2016)
- XVI European ICSMGE Conference, Edimburgh (2015)
- Congresso SPG (2014)
- 7º Congresso Luso Moçambicano, CLME'14 (2014).
- Civil Engineering Journal, South Africa (2013)
- World Conference on Rail Research, Australia (2013)
- Il Congreso Internacional de Hidraulica y Geotecnia, Peru (2013)
- 6º Congresso Luso Moçambicano CLME'11, (2011) 2 publicações
- 11th Baltic Sea Geotechnical Conference, Gdansk (2008)



E aí vem mais...





OBRAS DE ENGENHARIA GEOTÉCNICA PORTUGUESA NO MUNDO INFRAESTRUTURAS DE TRANSPORTES - Lisboa, 23 de maio 2017



ESPECIALIZAÇÃO EM GEOTECNIA

"Estamos Juntos"



