

ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE UM ATERRO REFORÇADO COM GEOGRELHAS

Behaviour analysis of a geogrid reinforced steep slope

AGOSTINHO MENDONÇA*

M. LURDES LOPES**

RESUMO - No IP3, lança Régua-Reconcos, foi construído, instrumentado e observado durante os dez primeiros meses de serviço um aterro reforçado com geogrelhas. O aterro tem uma extensão de cerca de 206,2 m, é em curva e atinge a altura máxima (19,6 m) ao km 0+150 (perfil instrumentado).

As geogrelhas utilizadas como reforço são em polietileno de alta densidade, com diferentes resistências à tracção. As deformações nos reforços foram registadas em três níveis de reforço usando extensómetros lineares. As pressões verticais de terras foram medidas através de células de carga e os deslocamentos internos do aterro através de dois tubos inclinométricos. Os deslocamentos da face foram registados topograficamente em pontos espaçados cerca de 1,2 m, na vertical, ao longo da face do talude do extradorso do aterro ao km 0+150.

O comportamento da estrutura observado é caracterizado por: reduzidos deslocamentos da face e internos do aterro, bem como por deformações baixas nos reforços.

SYNOPSIS - A geogrid reinforced steep slope was built and monitored during construction and during the first ten months of service. The slope is located between Régua and Reconcos in the new Portuguese main itinerary, IP3, and is a part of reestablishment 2. The reinforced slope has an extension of about 206,2 m, is in curve and the reinforced area reaches a maximum height of about 19,6 m in the outside curve slope at km 0+150 (monitored slope cross section).

The reinforcements are high density polyethylene geogrids; materials with different tensile strength values were used. The reinforcement strains were measured at three reinforcement levels using linear extensometers. The soil vertical stresses were recorded using load cells. The internal horizontal displacements of the slope were recorded using two inclinometer tubes. The face displacements were recorded topographically in points spaced approximately 1,2 m, vertically, along the face of the slope on the km 0+150 cross section.

The behaviour of the observed reinforced slope is characterized by: low values of face displacements, slope internal horizontal displacements and reinforcement strains.

* Soares da Costa SA, Mestre em Estruturas de Engenharia Civil, aluno de doutoramento FEUP

** Professora Associada da FEUP, E-mail: lcosta@fe.up.pt

1 - INTRODUÇÃO

O aterro reforçado com geogrelhas (Figura 1) construído e instrumentado em 1998 no IP3, lanço Régua-Reconcos, constitui o restabelecimento à passagem superior 2 (PS2). O aterro tem cerca de 206,0 m de comprimento, é em curva e atinge a altura máxima de 19,6 m no extradorso ao km 0+150.

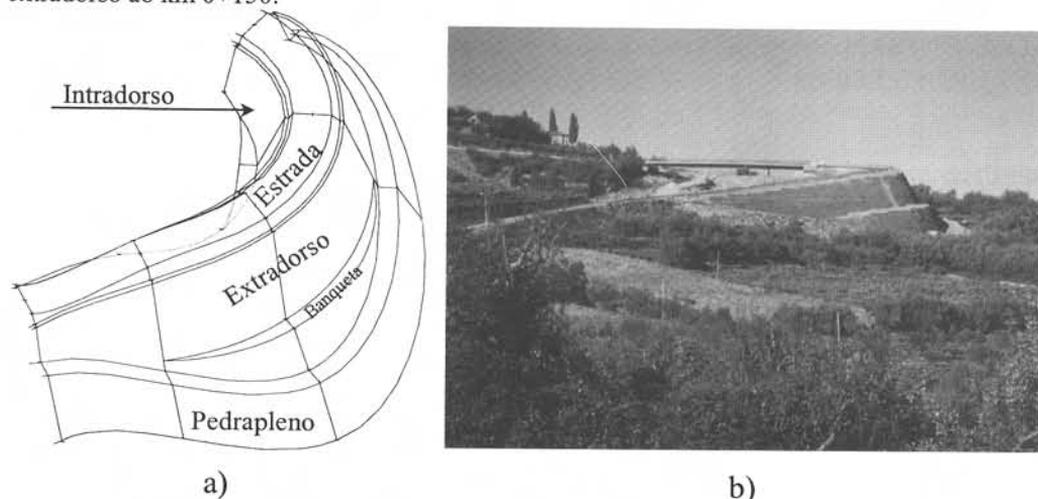


Fig. 1 – Aterro reforçado com geogrelhas: a) perspectiva; b) vista geral.

A fundação é em solo residual do granito. Por motivos relacionados com a morfologia do local foi construído um pedrapleno na base do aterro reforçado com o objectivo de limitar a altura máxima deste a 19,6 m. A inclinação máxima (com a horizontal) dos taludes laterais é de 60°. Nas secções com altura superior a 10 m foi construída uma banquetta (Figura 1) paralela à rasante da via, com largura variável, atingindo um máximo de 3 m.

O Quadro 1 apresenta as características do material de aterro utilizado. Os reforços, colocados horizontalmente e espaçados de 0,60 m na vertical, são geogrelhas uniaxiais em polietileno de alta densidade (PEAD), com valores de resistência à tracção de 160, 120, 90 e 60 kN/m.

Quadro 1 – Características do material de aterro.

Local	Ensaio											
	Granulometria	Limites			w_n	EA	Proctor		CBR		Triaxial	
	(%<0.074 mm)	w_L	w_P	I_P	(%)	(%)	γ_{dmax} (kN/m ³)	w_{opt} (%)	95%	Exp.	c' (kPa)	ϕ' (°)
km 9+380	12,7	--	--	--	10,9	33,0	19,50	10,2	22,3	0,20	0,0 27,6	35, 7 36, 4

O solo foi compactado em camadas com 0,30 m de altura. Os painéis de face, com 0,60 m de altura e com uma inclinação de 60° com a horizontal, foram executados com uma malha quadrangular de aço com 0,15 m de lado. Para evitar a erosão superficial e facilitar o crescimento da vegetação colocou-se no interior dos elementos de face um tapete biodegradável.

No perfil instrumentado (km 0+150), com cerca de 19,6 m de altura, foram instalados reforços com 11 m de comprimento espaçados de 0,60 m na vertical. Na parte inferior do talude colocaram-se geogrelhas com 160 e 120 kN/m de resistência à tracção e na parte superior geogrelhas com 90 e 60 kN/m.

A Figura 2 representa esquematicamente o posicionamento dos equipamentos de instrumentação instalados no perfil instrumentado. As características dos equipamentos e a sua localização no aterro foram definidas com base em casos históricos de aterros reforçados com geossintéticos instrumentados (Fannin, 1988; Yamanouchi *et al.*, 1993; Matichard *et al.*, 1993; Berg e Chouery-Curtis, 1993; Zornberg *et al.*, 1995; Gourc *et al.*, 1995; Wetzel *et al.* 1995).

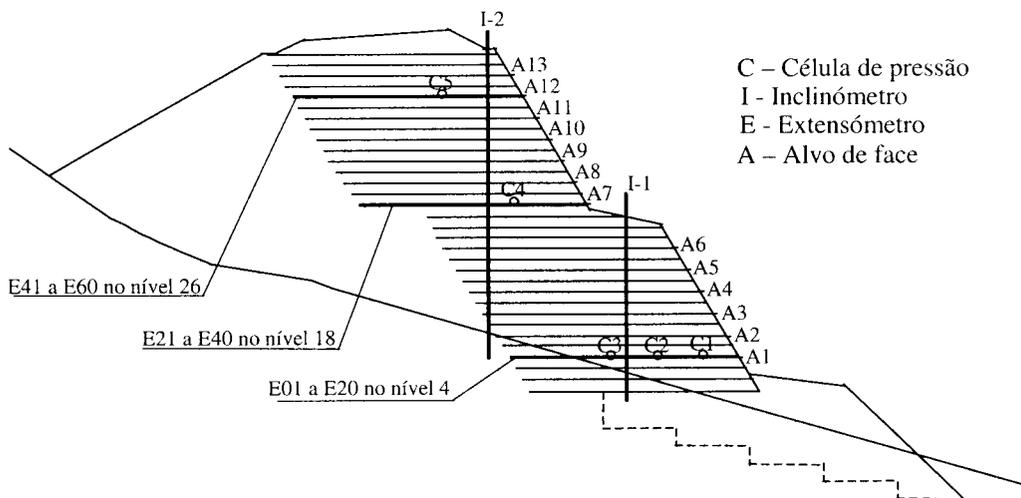


Fig. 2 – Perfil instrumentado e localização dos equipamentos de instrumentação.

As deformações nos reforços foram registadas em três níveis de reforço (4°, 18° e 26°) (Figura 2) através de extensómetros espaçados de 0,50 m (20 extensómetros por nível), tornando assim possível conhecer, quer a distribuição das deformações ao longo do reforço, quer a localização da força máxima no reforço. A Figura 3 mostra os extensómetros colocados no 4° nível de reforço.

As pressões verticais de terras foram medidas nas proximidades dos três níveis de reforço referidos através de células de pressão (Figura 2). À cota do 4° nível (onde são previsíveis pressões mais elevadas) foram colocadas três células (a cerca de 2, 4 e 6 m da face), nos restantes dois níveis (18° e 26°) foi colocada uma célula a cerca de 4,5 m da face. As deformações nos reforços e as pressões de terras foram registadas através de um sistema de aquisição automática de dados colocado na base do talude.

Os deslocamentos internos do talude foram medidos em dois tubos inclinométricos localizados a cerca de 7 m (tubo inclinométrico I-1, Figura 2) e 15 m (tubo inclinométrico I-2, Figura 2) da base do talude com cerca de 10 m e 20 m de altura, respectivamente. O posicionamento dos tubos inclinométricos teve por objectivo avaliar os deslocamentos internos da parte inferior do talude, i.e., da base à banquetta, (tubo inclinométrico I-1) e de toda a altura do talude, i.e., da base à crista do talude (tubo inclinométrico I-2).

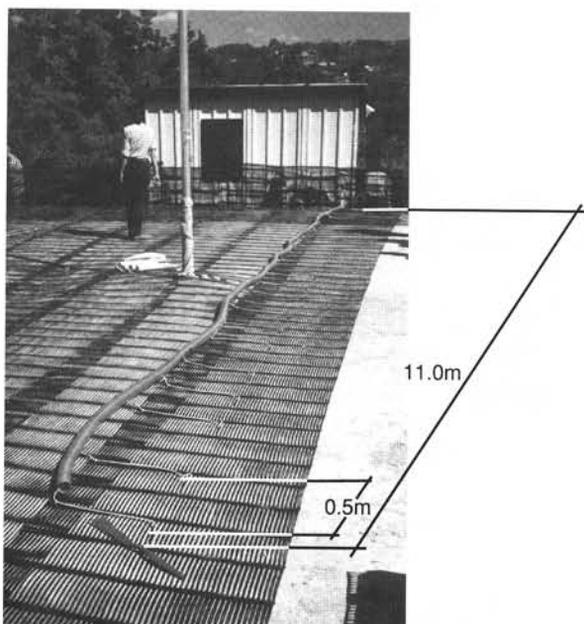
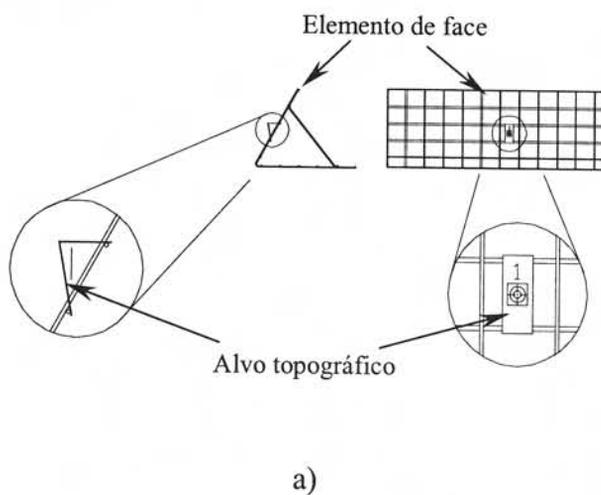


Fig. 3 – 4º nível de reforço - vista dos extensómetros.



a)

b)

Fig. 4 - Movimentos da face: a) pormenor da metodologia de observação; b) vista dos alvos de face.

A Figura 4a apresenta um pormenor da metodologia de observação adoptada para os deslocamentos da face. Estes deslocamentos foram registados em pontos espaçados de 1,2m na vertical, ao longo da face do talude no perfil do km 0+150 (Figuras 2 e 4b). Os deslocamentos da face foram medidos topograficamente a partir de uma estação fixa.

O comportamento do talude reforçado foi observado durante treze meses, incluindo os três meses de construção. Desta forma foi possível obter informação acerca do comportamento da

estrutura, quer durante a construção, quer após esta. O Quadro 2 apresenta o plano de observação seguido.

Quadro 2 – Plano de observação.

Meses	Parâmetro registado			
	Pressões de terras	Deformações nos reforços	Movimentos da Face	Movimentos internos
1	diário	diário	semanal	-
2	diário	diário	semanal	semanal
3	semanal	semanal	quinzenal	mensal
4	semanal	semanal	quinzenal	bimestral
5	quinzenal	quinzenal	mensal	
6	quinzenal	quinzenal	trimestral	trimestral
7	quinzenal	quinzenal		
8	mensal	mensal		
9	mensal	mensal	quinqüemestral	quinqüemestral
10	mensal	mensal		
11	mensal	mensal		
12	mensal	mensal		
13	mensal	mensal		

2 - COMPORTAMENTO DA ESTRUTURA APÓS A CONSTRUÇÃO

A observação do comportamento da estrutura durante os dez primeiros meses de serviço foi levada a cabo com frequência variável, em função do parâmetro em causa (ver Quadro 2). Os deslocamentos da face são apresentados em três instantes: a) fim da construção; b) dois meses de serviço; c) dez meses de serviço. Os valores dos restantes parâmetros são apresentados em quatro instantes: a) fim da construção; b) dois meses de serviço; c) seis meses de serviço; d) dez meses de serviço.

Apesar de o número de resultados registados e analisados ser muito superior, a apresentação da sua totalidade neste trabalho não melhoraria o entendimento do comportamento da estrutura, daí que se tenha decidido apresentar apenas os resultados nos instantes considerados mais importantes.

2.1 - Deslocamentos da face

A Figura 5a mostra os deslocamentos horizontais e verticais da face, enquanto a Figura 5b mostra a deformada vertical e horizontal da face no fim da construção e do período de observação.

O controlo topográfico, a partir de uma estação fixa, dos movimentos da face foi feito com uma precisão de 0,1 mm, partindo do registo da posição inicial dos alvos de face à medida que estes iam sendo colocados. Posteriormente, os movimentos da face foram medidos em relação a essa posição inicial.

Os movimentos horizontais da face da estrutura em serviço apresentam uma configuração muito diferente da observada no fim da construção (Figura 5a). No fim da construção os deslocamentos horizontais máximo e mínimo ocorrem, respectivamente, na parte inferior e no topo do talude reforçado situado acima da banquetta (a seguir designado por talude superior).

No mesmo instante, os deslocamentos horizontais na parte inferior do talude reforçado (talude inferior) são uniformes.

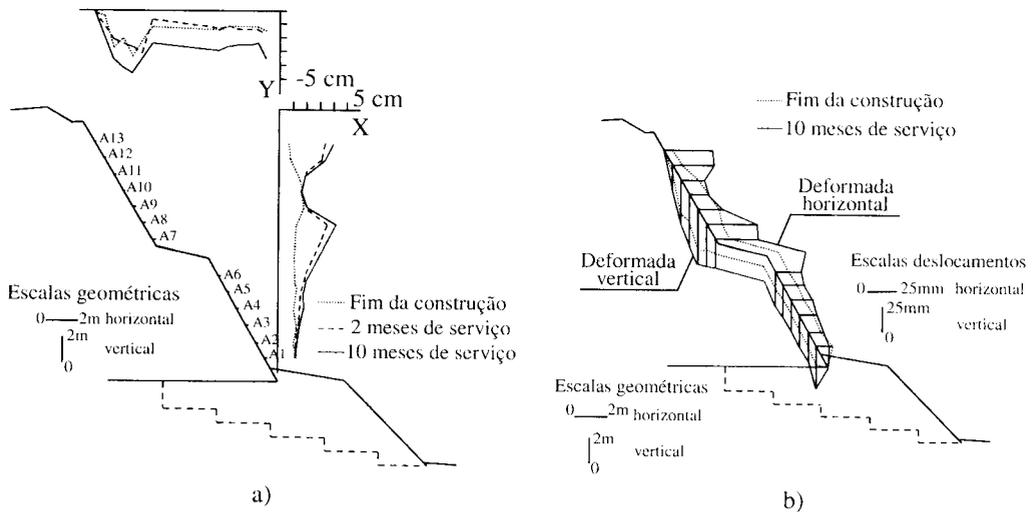


Fig. 5 – a) deslocamentos da face; b) deformada vertical e horizontal da face.

O comportamento observado resulta da geometria do talude reforçado (i.e., um ângulo de talude de 60° e a existência de uma banquetada com 3,0 m de largura a 10,0 m (na vertical) da base) e do método construtivo. Com efeito, os movimentos do talude superior apresentam uma configuração idêntica à observada em muros e taludes com face em geossintético construídos incrementalmente, tal como o talude em causa (Lopes e Cardoso, 1994; Zornberg *et al.*, 1995), i.e., movimentos máximo e mínimo da face, respectivamente próximo da base e do topo da estrutura. No talude inferior esta configuração desaparece, já que os esforços induzidos pelo talude superior provocam o aumento da deformação no topo do talude inferior, dando origem a uma configuração uniforme dos deslocamentos.

Durante o serviço da estrutura mantém-se uma configuração distinta dos deslocamentos da face nos taludes inferior e superior (ver Figura 5a).

2.1.1 - Deslocamentos horizontais da face no talude inferior

O Quadro 3 apresenta os deslocamentos horizontais da face no topo e na base do talude inferior nos três instantes de análise considerados. Por sua vez, o Quadro 4 mostra para as mesmas cotas a variação, em percentagem, dos deslocamentos da face nos períodos de tempo compreendidos entre: o fim da construção e os dois meses de serviço; os dois e os dez meses de serviço; e o fim da construção e os dez meses de serviço.

Quadro 3 – Talude inferior – deslocamentos horizontais da face.

Instante	Deslocamentos horizontais da face (mm)	
	Base	Topo
Fim da construção	10,9	11,0
Dois meses de serviço	13,2	28,8
Dez meses de serviço	14,1	32,2

Quadro 4 – Talude inferior – variação (%) dos deslocamentos horizontais da face.

Período	Variação (%)	
	Base	Topo
Fim da construção – dois meses de serviço	18,2	163,6
Dois a dez meses de serviço	7,7	10,3
Fim da construção – dez meses de serviço	27,3	190,9

O Quadro 3 e a Figura 5 mostram que as ações induzidas durante o serviço da estrutura modificam drasticamente a configuração dos deslocamentos horizontais da face observados no fim da construção.

Ao fim de dois meses de serviço os deslocamentos aumentam significativamente nas proximidades da banquetta, atingindo o seu valor máximo no fim do período de observação (32 mm, cerca de 0,38% da altura do talude inferior). A configuração dos deslocamentos ao fim de dois e dez meses de serviço mantém-se idêntica (Figura 5).

Note-se que o significativo aumento dos deslocamentos no topo do talude inferior durante os dois primeiros meses de serviço (163,6%) (Quadro 4) contrasta com o aumento observados nos oito meses seguintes (10,3%).

Um comportamento qualitativamente semelhante foi observado na base do talude inferior, porém com percentagens de variação muito menores devido à proximidade da fundação que, sendo muito mais rígida do que o talude reforçado, inibe as deformações deste na sua proximidade (Lopes, 1992).

Os deslocamentos da face do talude inferior tendem para a estabilização ao fim de dois meses de serviço.

2.1.2 - Deslocamentos horizontais da face no talude superior

O Quadro 5 apresenta, para os três instantes considerados, os deslocamentos horizontais da face do talude superior nas seguintes cotas: topo; próximo da base (onde se registam os maiores deslocamentos durante o período de observação) e onde se registam os deslocamentos máximos no fim da construção. Por sua vez, o Quadro 6 mostra para as mesmas cotas a variação, em percentagem, dos deslocamentos da face nos períodos de tempo compreendidos entre: o fim da construção e os dois meses de serviço; os dois e os dez meses de serviço; e o fim da construção e os dez meses de serviço.

No talude superior, tal como no inferior, as ações induzidas durante o serviço da estrutura alteram a configuração dos deslocamentos da face observada no fim da construção (Quadro 5 e Figura 5).

Quadro 5 – Talude superior – deslocamentos horizontais da face.

Instante	Deslocamentos horizontais da face (mm)		
	Próximo da base	Cota do deslocamento máximo no fim da construção	Topo
Fim da construção	12,8	17,8	7,3
Dois meses de serviço	42,1	19,7	39,9
Dez meses de serviço	44,7	23,2	43,4

Quadro 6 - Talude superior – variação (%) dos deslocamentos horizontais da face.

Período	Variação (%)		
	Próximo da base	Cota do deslocamento máximo no fim da construção	Topo
Fim da construção – dois meses de serviço	223,1	11,1	471,4
Dois a dez meses de serviço	7,1	15,0	7,5
Fim da construção – dez meses de serviço	246,2	27,8	514,3

Ao fim de dois meses de serviço os deslocamentos aumentam significativamente no topo e na base do talude superior, porém à cota onde são máximos os deslocamentos no fim da construção o aumento é muito menor.

Ao contrário do que acontece na base do talude inferior, onde a rigidez da fundação inibe a deformação do talude nas proximidades, na base do talude superior tal não se passa, já que o material subjacente apresenta rigidez idêntica ao sobrejacente. Por outro lado, a deformação em serviço do topo do talude inferior tem como consequência o aumento dos deslocamentos horizontais da face nas proximidades da base do talude superior. O deslocamento horizontal máximo da face ($\cong 45$ mm) foi registrado nesta cota no final do período de observação (Quadros 3 e 5).

Os movimentos no topo do talude superior aumentam significativamente durante o serviço da estrutura, atingindo o máximo de cerca de 43 mm no fim do período de observação, provavelmente devido às sobrecargas de serviço (tráfego) associadas às menores tensões de confinamento na zona.

Durante o serviço o aumento dos deslocamentos na cota onde se registraram os máximos no fim da construção foi comparativamente insignificante, em virtude da menor influência, quer das sobrecargas de serviço, quer do efeito da deformação no topo do talude inferior a essa cota.

O elevado aumento percentual dos deslocamentos no topo e na base do talude superior durante os dois primeiros meses de serviço (respectivamente, 471,4% e 223,1% (Quadro 6)) contrasta com os registados nos oito meses seguintes, respectivamente 7,5% e 7,1%. Por outro lado, à cota do deslocamento máximo no fim da construção o aumento percentual dos deslocamentos nos dois primeiros meses de serviço é de 11,1% (muito inferior ao verificado nas outras duas cotas) e nos oito meses seguintes é de 15,0%.

Tal como no talude inferior, os movimentos da face no talude superior tendem para a estabilização ao fim de dois meses de serviço.

2.1.3 - Deslocamentos verticais da face

O Quadro 7 apresenta os deslocamentos verticais máximos da face nos três instantes de análise considerados e a sua localização em relação ao pé do talude reforçado.

A localização dos deslocamentos verticais máximos da face praticamente não se altera desde o fim da construção. Dois meses após a construção este deslocamento aumenta cerca de 20,6%, e cerca de 36,6% nos oito meses seguintes. Nos mesmos períodos a razão de aumento do deslocamento é, respectivamente, 10,3%/mês e 4,6%/mês.

Apesar dos deslocamentos verticais não apresentarem a mesma tendência para a estabilização que os horizontais é clara a diminuição da razão de crescimento desses deslocamentos com o tempo.

Quadro 7 – Deslocamentos verticais máximos da face.

Instante	Deslocamento vertical máximo da face (mm)	Distância ao pé do talude (m)
Fim da construção	34,2	9,9
Dois meses de serviço	40,8	9,2
Dez meses de serviço	56,1	9,9

2.2 - Deslocamentos horizontais internos do talude

A Figura 6 mostra os deslocamentos horizontais internos do talude registados nos tubos inclinométricos I-1 e I-2 no fim da construção e ao fim de dois e dez meses de serviço.

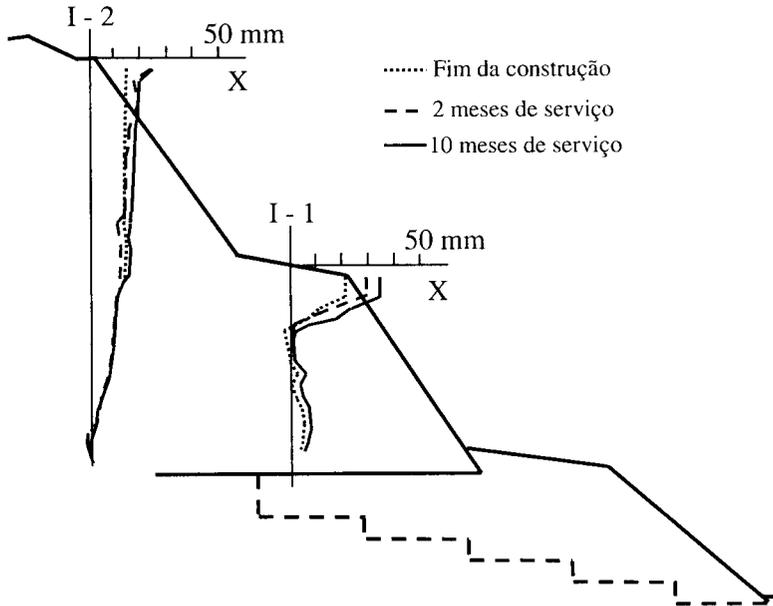


Fig. 6 - Movimentos horizontais internos do talude.

Os deslocamentos horizontais do talude foram registados nos dois tubos inclinométricos até a construção atingir a cota da banquetta (topo de I-1). O deslocamento medido no tubo inclinométrico I-2 (15 mm) neste instante foi considerado como sendo o valor máximo do parâmetro registado, nesse tubo, no fim da construção (Figura 6). Assim, os deslocamentos registados em I-2 expressam a influência da construção do talude apenas até ao nível da banquetta. Por sua vez, os valores do mesmo parâmetro medidos no tubo inclinométrico I-1 no fim da construção expressam, não só a influência da construção do talude até à cota da banquetta, mas também a influência da construção do talude superior nas deformações do inferior, sendo este o motivo das configurações distintas dos movimentos horizontais internos registados nos dois tubos inclinométricos.

Durante o serviço, os deslocamentos horizontais internos máximos do talude ocorreram na parte superior dos tubos inclinométricos I-1 e I-2 (a cerca de 1 m do topo dos tubos) (Quadro 8). Durante os primeiros seis meses de serviço os deslocamentos aumentam, mantendo-se, a partir daí, praticamente constantes até ao fim do período de observação. Durante os dez meses

de serviço a configuração dos deslocamentos, em cada tubo inclinométrico, mantém-se idêntica.

Quadro 8 – Deslocamentos horizontais internos máximos.

Tubo inclinométrico	Deslocamentos horizontais internos máximos do talude (mm)			
	Fim da construção	2 meses de serviço	6 meses de serviço	10 meses de serviço
I-1	21	30	36	36
I-2	15	23	25	25

Os deslocamentos da face na base do talude superior, durante o período de serviço (ver 2.1.2) estão em concordância com o aumento, no mesmo período, dos deslocamentos internos na parte superior de I-1. No tubo inclinométrico I-2, no mesmo período e às mesmas cotas, não se constataram aumentos significativos da deformação por este equipamento estar colocado a uma distância (6 m) da base do talude superior, local onde o efeito da deformação da face já não se faz sentir com tanta relevância.

2.3 - Deformações nos reforços

A Figura 7a mostra as deformações no 4°, 18° e 26° níveis de reforço no fim da construção e da observação, bem como a posição da linha que une os pontos onde são máximas as deformações nos reforços. Por sua vez, a Figura 7b apresenta as deformações nos mesmos reforços no fim da construção, dois e dez meses de serviço.

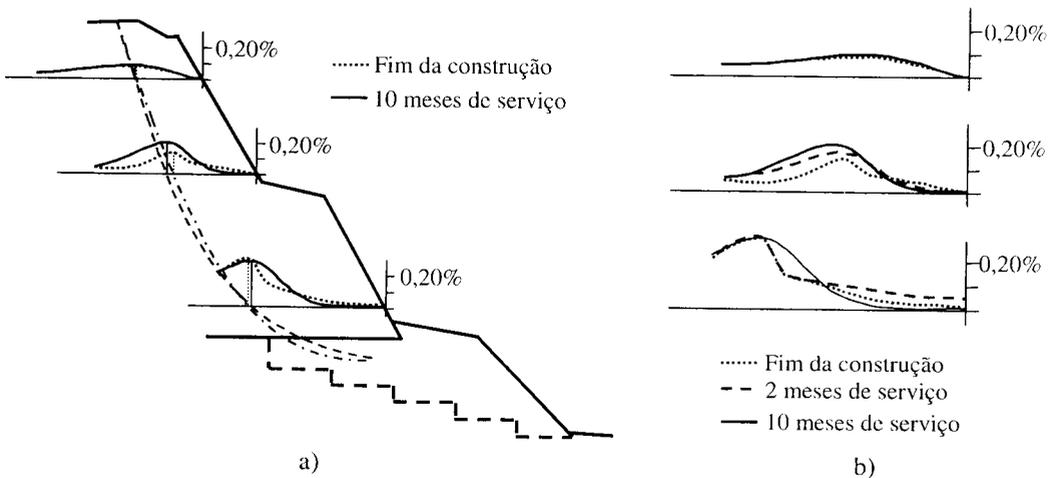


Fig. 7 - Deformações nos 4°, 18° e 26° níveis de reforço e posição da linha que une os pontos dos reforços onde a deformação é máxima.

Durante o serviço da estrutura a distribuição das deformações ao longo do 4° nível de reforço varia, mantendo-se, no entanto, os valores máximos praticamente constantes (Quadro 9), em virtude de o maior movimento do talude se dar durante a construção.

Quadro 9 – Deformações máximas nos reforços.

Nível de reforço	Deformações máximas nos reforços (%)			
	Fim da construção	2 meses de serviço	6 meses de serviço	10 meses de serviço
4°	0,30	0,30	0,30	0,28
18°	0,13	0,13	0,13	0,19
26°	0,07	0,07	0,07	0,08

Nos 18° e 26° níveis as deformações máximas aumentam durante o serviço, em concordância com o aumento da deformação do talude no mesmo período a essas cotas.

A linha que une os pontos dos reforços onde a deformação é máxima altera a posição durante o serviço da estrutura (Figura 7) devido ao aumento das deformações máximas nos dois níveis superiores instrumentados durante o mesmo período.

2.4 - Pressões verticais de terras

O Quadro 10 mostra o valor das pressões verticais de terras previstas e medidas nas proximidades dos 4°, 18° e 26° níveis de reforço (ver Figura 2) no fim da construção e de dois, seis e dez meses de serviço.

Quadro 10 – Pressões verticais de terras.

Células*	Pressões verticais de terras (kPa)				
	Previsto	Fim da construção	2 meses de serviço	6 meses de serviço	10 meses de serviço
C1	70	140	140	140	133
C2	146	144	144	144	143
C3	162	165	165	165	165
C4	129	123	123	123	127
C5	66	67	67	67	81

* ver Figura 2

Durante os seis primeiros meses de serviço não foram registadas variações nas pressões de terras na estrutura. Ao fim de dez meses as pressões aumentam na parte superior do talude, em especial nas proximidades da via, provavelmente devido ao aumento das cargas de serviço resultante da abertura ao tráfego do lanço Régua-Reconcos do IP3. No mesmo período, as pressões de terras registadas na célula C1 diminuem ligeiramente, mantendo-se, porém, muito superiores ao valor teórico previsto, facto que pode ser justificado, pelo menos parcialmente, pela proximidade da face.

3 - CONCLUSÕES

Depois de apresentados os resultados da observação do talude reforçado com geogrelhas do IP3 é importante realçar o bom comportamento do sistema de solo reforçado em termos de deslocamentos da face, deslocamentos horizontais internos, deformações nos reforços e pressões verticais de terras.

Os aspectos fundamentais do comportamento observado na estrutura são:

- valores reduzidos de deslocamentos da face e horizontais internos, bem como de deformações nos reforços;
- alteração da configuração dos deslocamentos da face no fim da construção durante o serviço da estrutura;
- os deslocamentos horizontais internos tendem a estabilizar ao fim de um curto período de serviço;
- alteração da posição da linha que passa pelos pontos de deformação máxima nos reforços durante o serviço;
- valores das pressões de terras em razoável concordância com as previstas.

O comportamento observado sugere que, desde que sejam seguidos os procedimentos construtivos exigidos, os métodos de cálculo correntemente utilizados (baseados em metodologias de equilíbrio limite) no dimensionamento deste tipo de estruturas são conservativos, havendo por isso que prosseguir na investigação de métodos de cálculo próprios de sistemas de solo reforçado com geossintéticos.

AGRADECIMENTOS

Os autores desejam expressar os seus agradecimentos a todo o apoio concedido pela Junta Autónoma das Estradas para o desenvolvimento desta investigação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Berg, R. R.; Chouery-Curtis, V. E. (1993). *Geogrid reinforced walls for grade separation – Tanque Verde road, Tucson, USA*. Geosynthetics Case Histories, Raymond & Giroud Ed.s, Chapter 11, pp.262 – 263.

Fannin, R. J. (1988). *Soil reinforcement for Norwegian conditions – an instrumented field study of the analysis and design of geogrid reinforced slope*. Norwegian Geotechnical Institute, Report n° 52757 – 10, 114p.

Gourc, J. P.; Gotteland, P. H.; Haza, E.; Perrier, H.; Baraize, E. (1995). *Geotextile reinforced structures as bridge abutments: full-scale experimentation*. Proceedings of Geosynthetics'95, Vol. 1, pp. 79-92, Nashville, USA.

Lopes, M. L. C. (1992). *Muros Reforçados com Geossintéticos*, Dissertação de doutoramento, FEUP, Porto.

Lopes, M. L.; Cardoso, A. (1994). *Time dependant behaviour of geosynthetic reinforced soil walls*. Proceedings of the 13th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, pp. 1265-1268, New Delhi, India.

Matichard, Y.; Blivet, J. C.; Perrier, H.; Delmas, Ph. (1993). *Geotextile reinforced soil structure for landslide repairs – Trouville Sur Mer and Lixing, France*. Geosynthetics Case Histories, Raymond & Giroud Ed.s, Chapter 10, pp.244 – 245.

Wetzel, R. A.; Buttry, K. E.; McCullough, E. S. (1995). *Preliminary results from instrumented segmental retaining wall*. Proceedings of Geosynthetics'95, Vol. 1, pp. 133 - 146, Nashville, USA

Yamanouchi, T.; Fukuda, N.; Ikegami, M. (1993). *Geogrid reinforcement for a steep road embankment slope – Kyushu Island, Japan*. Geosynthetics Case Histories, Raymond & Giroud Ed.s, Chapter 10, pp.242 – 243.

Zornberg, J. G.; Barrows, R. J.; Cristopher, B. R.; Wayne, M. H. (1995). *Construction and instrumentation of a highway slope reinforced with high-strength geotextiles*. Proceedings of Geosynthetics'95, Vol. 1, pp. 13 - 27, Nashville, USA.