

AValiação DO PAPEL DAS CONdições DE ENSaIO NA DEFINIÇÃO DA RESISTÊNCIA AO ARRANQUE DOS REFORÇOS

Role of test conditions on the pull-out resistance of reinforcements

M. LURDES LOPES (*)

M. LADEIRA (**)

RESUMO - A influência de algumas condições de ensaio na definição da resistência ao arranque dos reforços é avaliada através da análise dos resultados de dez ensaios de arranque realizados num equipamento de grandes dimensões. Os materiais utilizados foram um solo granular e uma geogrelha uniaxial em PEAD. Os parâmetros considerados foram o comprimento e a largura da amostra, a altura de solo acima e abaixo do reforço e a existência, ou não, de uma manga na parede frontal do equipamento. Algumas conclusões são formuladas, particularmente no que se refere à fiabilidade dos valores da resistência ao arranque de reforços definidos com base em condições de ensaio distintas.

SYNOPSIS - The role of test conditions on the pull-out resistance of reinforcements is studied based in the results of ten pull-out tests carried out in a large dimension equipment. The materials used are a granular soil and a HDPE uniaxial geogrid and the analysed parameters are the specimen length and width, the soil height placed around the specimen and the existence of a sleeve in the frontal wall of the box. Some conclusions are written, particularly in what concerns the validity of reinforcements pull-out resistance measured by pull-out tests carried out with different test conditions.

1 - INTRODUÇÃO

O ensaio de arranque é considerado pela comunidade técnico-científica em geral como sendo o ensaio laboratorial mais adequado para definir a resistência ao arranque dos reforços. A resistência ao arranque dos reforços necessita de ser definida quando o movimento relativo que tende a ocorrer na interface solo-reforço corresponde ao deslocamento do reforço em relação ao solo envolvente.

Porém, os valores medidos, através de ensaios de arranque, para a resistência ao arranque dos reforços dependem de um vasto conjunto de parâmetros que vão desde os associados ao equipamento e condições de ensaio propriamente ditos (por exemplo: dimensões da caixa; existência, ou não, de manga na parede frontal, dimensões da amostra, altura de solo envolvendo a amostra, velocidade de ensaio, etc.) a outros relacionados com as condições de utilização e com as características dos materiais (por exemplo: tensão de confinamento, geometria e tipo de reforço, granulometria e densidade do solo, etc.) (Farrag *et al.*, 1993; Ladeira, 1995).

Neste trabalho procurar-se-á avaliar o papel de alguns parâmetros relacionados com o equipamento e condições de ensaio (como, por exemplo: a largura e o comprimento da amostra, a altura de solo localizado acima e abaixo do reforço e a existência, ou não, de uma

(*) Eng. Civil, Prof. Auxiliar da FEUP

(**) Eng. Civil, Mestre em Estruturas de Engenharia Civil

manga na parede frontal do equipamento) para assim lançar algum esclarecimento acerca da fiabilidade de resultados obtidos considerando condições de ensaio distintas, situação comum se se atender a que o ensaio se encontra ainda longe da sua normalização.

2 - MATERIAIS UTILIZADOS, PROGRAMA E CONDIÇÕES DE ENSAIO

O equipamento de ensaios de arranque utilizado tem dimensões interiores de 1,53m de comprimento, 1,00m de largura e 0,80m de altura. A Fig.1 representa esquematicamente esse equipamento, o qual se encontra amplamente descrito em Ladeira e Lopes (1995).

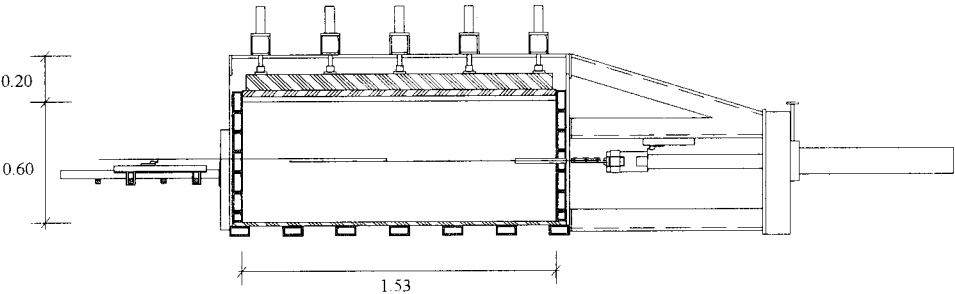


Figura 1- Representação esquemática da caixa de arranque.

A curva granulométrica da areia utilizada está representada na Fig.2. O diâmetro efectivo da areia (D_{10}) é de 0,35mm, sendo os seus pesos volúnicos máximo e mínimo, respectivamente 18,9kN/m³ e 16,1kN/m³. Os valores do ângulo de atrito do solo para a tensão de confinamento de 46,7 kPa e para os pesos volúnicos de 17,5kN/m³ e 18,5kN/m³ (parâmetros utilizados nos ensaios) são, respectivamente, 35,2° e 35,7°.

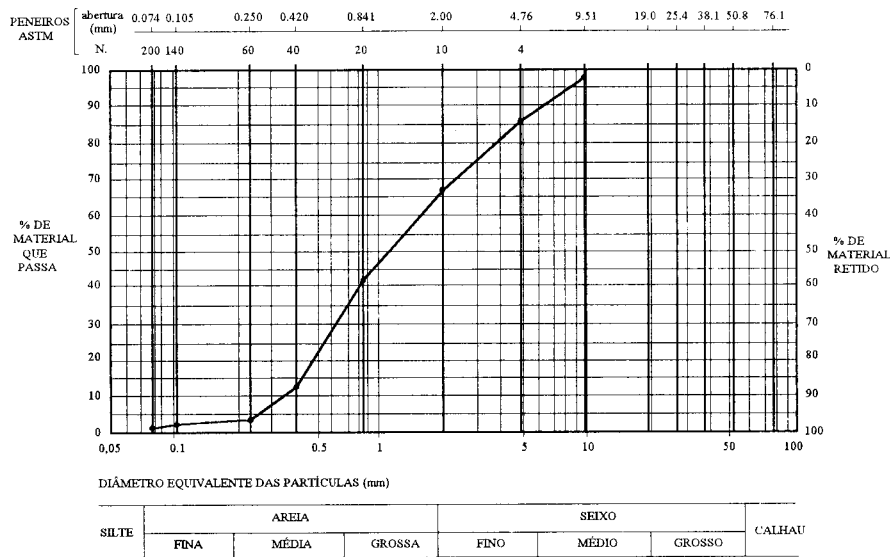


Figura 2 - Curva granulométrica da areia utilizada nos ensaios.

O reforço utilizado é uma geogrelha uniaxial em polietileno de alta densidade com cerca de 55kN/m de resistência à tracção determinada em ensaios de controlo de qualidade. A geometria e a curva força-deformação do reforço estão representadas na Fig.3.

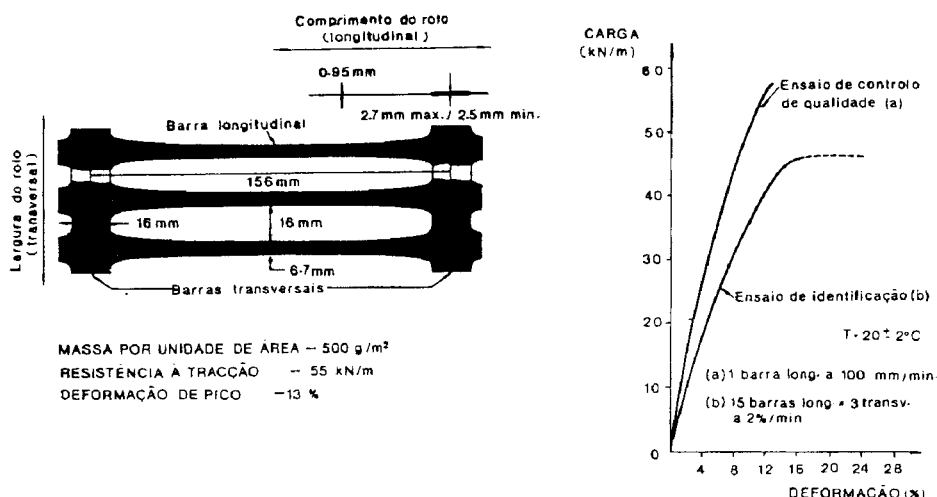


Figura 3 - Geometria e curva força-deformação da geogrelha ensaiada

No Quadro I indica-se o programa e condições de ensaios considerado para o estudo da influência de alguns parâmetros associados às condições do ensaio de arranque nos valores medidos da resistência ao arranque dos reforços. O estudo envolveu a realização de dez ensaios sob condições distintas tendo-se feito variar os seguintes parâmetros: comprimento da amostra, largura da amostra, altura de solo localizado acima e abaixo do reforço e existência, ou não, de uma manga na parede frontal da caixa.

3 - ANÁLISE DE RESULTADOS

3.1 - Influência das dimensões da amostra

3.1.1 - Introdução

O estudo da influência das dimensões da amostra no comportamento ao arranque dos reforços é importante para estabelecer a relação entre as dimensões do equipamento/dimensões da amostra por forma a minimizar a influência das fronteiras laterais do equipamento. A definição desta relação apresenta alguma dificuldade pois depende, não só das dimensões do equipamento, como também de outros factores de entre os quais se destacam: as características do reforço; o tipo, granulometria e densidade do solo; a pressão de confinamento; a velocidade de ensaio; e, a altura de solo que envolve a amostra.

Porém, na tentativa de lançar algum esclarecimento acerca desta questão procurou-se estudar em separado o papel desempenhado pelo comprimento e largura da amostra no comportamento ao arranque do reforço considerado quando envolvido por um solo granular com as características indicadas em 2.

Quadro I - Programa e condições de ensaios.

Parâmetro em estudo	Teste	CR/LR (m)	γ (kN/m ³)	Dr %	PC (kPa)	V (mm/mn)	ASACR/ ASABR (m)	CM (m)
comprimento da amostra	T2	0,34/0,33	18,5	87,6	46,7	5,4	0,30/0,30	0,20
	T3	0,65/0,33						
	T4	0,96/0,33						
	T5	0,80/0,33	17,5	54	46,7	5,4	0,30/0,30	0,20
	T1	0,96/0,33						
	T6	1,12/0,33						
largura da amostra	T1	0,96/0,33	17,5	54	46,7	5,4	0,30/0,30	0,20
	T7	0,96/0,47						
	T8	0,96/0,60						
altura de solo	T9	0,96/0,33	17,5	54	46,7	5,4	0,20/0,20	0,20
	T1						0,30/0,30	
comprimento da manga	T10	0,96/0,33	17,5	54	46,7	5,4	0,30/0,30	sem manga
	T1							0,20

CR - comprimento do reforço / **LR** - largura do reforço / γ - peso volúmico da areia / **Dr** - densidade relativa da areia / **PC** - pressão de confinamento / **V** - velocidade de ensaio / **ASACR** - altura de solo acima do reforço / **ASABR** - altura de solo abaixo do reforço / **CM** - comprimento da manga

3.1.2 - Influência do comprimento da amostra

Os parâmetros principais de ensaio utilizados no estudo da influência do comprimento do reforço na resposta ao arranque deste estão indicados no Quadro I. Este estudo envolveu a realização de seis ensaios (T1 a T6 no Quadro I) para duas densidades distintas da areia (T2 a T4 para $Dr=87,6\%$ e T1, T5 e T6 para $Dr=54\%$).

A necessidade de considerar diferentes densidades para o solo no estudo da influência do comprimento do reforço na sua resposta ao arranque tem a ver com o conhecimento de que a densidade solo afecta o comprimento do reforço que contribui para a resistência da interface solo-reforço (Ladeira, 1995 e Lopes e Ladeira, 1996).

A Fig. 4 representa o comportamento ao arranque da geogrelha ensaiada na areia densa ($\gamma=18,5\text{kN/m}^3$ e $Dr=87,6\%$). O comprimento de reforço inicialmente envolvido pelo solo em cada uma das três amostras é igual a 0,96m, 0,65m e 0,34m, correspondendo, respectivamente, a 7, 5 e 3 barras transversais.

Como se pode verificar da análise da Fig.4a, que representa a variação da força de arranque do reforço com o deslocamento frontal deste, em todos os casos, a amostra rompe por falta de resistência à tracção na parte não confinada por solo (comprimento situado no interior da manga) e não por falta de resistência à aderência, no entanto, esta rotura dá-se para valores do deslocamento frontal menores à medida que o comprimento da amostra diminui. Assim, para as amostras com 0,96m, 0,65m e 0,34m os deslocamentos frontais são, respectivamente, 74,4mm, 72,5mm e 67,9mm para a maior força de arranque medida antes da rotura do reforço por falta de resistência à tracção. Esta mesma força diminui ligeiramente

(cerca de 3%) quando se aumenta sucessivamente o comprimento do reforço de 0,34m para 0,65m e de 0,65m para 0,96m (Fig.4b e Quadro II).

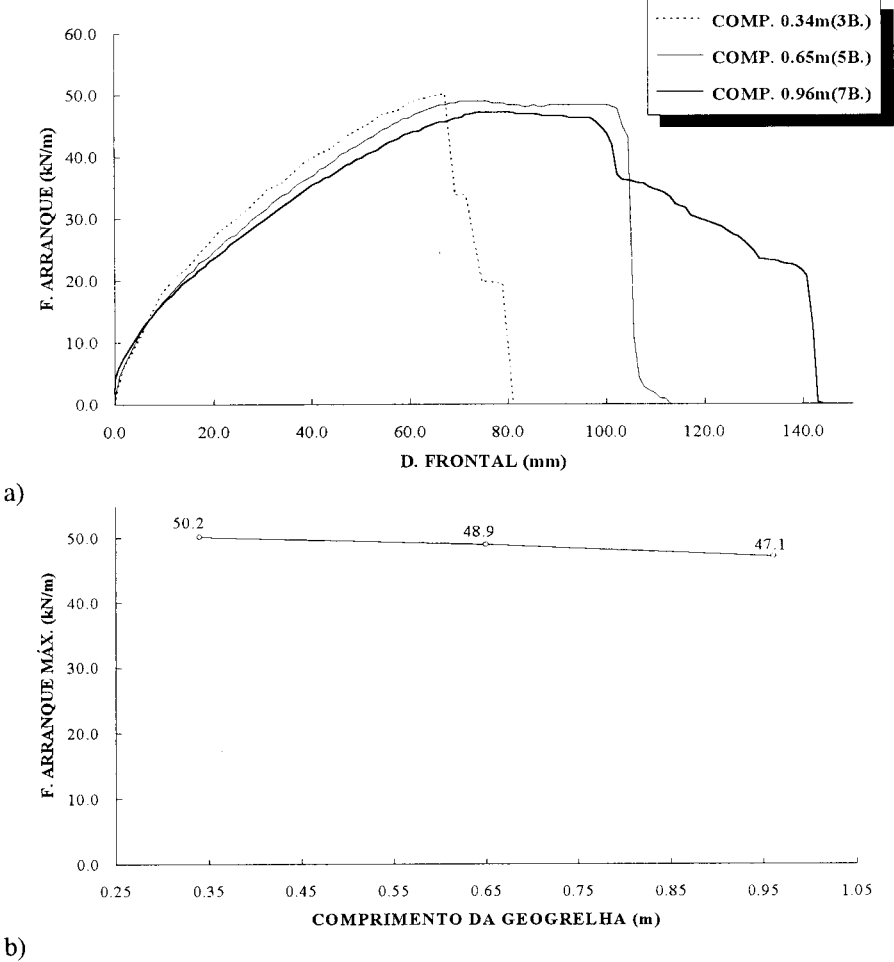


Figura 4 - Influência do comprimento da amostra (solo denso - $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$ e $Dr=87,6\%$): a) na variação da força de arranque com o deslocamento frontal; b) na força máxima de arranque do reforço.

Quadro II - Influência do comprimento da amostra
(solo denso - $\gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3$ e $Dr=87,6\%$).

Comprimento da amostra (m)	Força de arranque máxima (kN/m)	Coefficiente de resistência f
0,34	50,2	>0,853
0,65	48,9	>0,837
0,96	47,1	>0,793

O coeficiente de resistência na interface solo-reforço definido de forma simplificada através da relação:

$$f = \frac{\tau}{\sigma_n \tan \phi} \quad (1)$$

em que τ e σ_n são, respectivamente, as tensões tangencial e normal na interface solo-reforço e ϕ é o ângulo de atrito residual da areia, diminui ligeiramente à medida que o comprimento do reforço aumenta (Quadro II). Porém, é de notar que os valores reais deste parâmetro são certamente superiores aos registados, uma vez que o reforço rompe por falta de resistência à tracção e não por falta de aderência.

A redução da força de arranque com o aumento do comprimento do reforço pode ser justificada, em parte, pelo aumento do índice de vazios da areia densa ($Dr=87,6\%$) com o aumento da deformação, e também, pelo aumento do grau de interferência entre as barras transversais da geogrelha quando o seu número aumenta, como acontece quando o comprimento do reforço aumenta (Palmeira e Milligan, 1989).

A rotura por falta de resistência à tracção na parte não confinada por solo das três amostras ensaiadas pode ser justificada pelo aumento da resistência na interface solo-reforço à medida que a densidade do solo aumenta (Lopes e Ladeira, 1996).

Finalmente refira-se que os deslocamentos da barra posterior das amostras da geogrelha ensaiadas são de 0,0mm, 1,1mm e 3,8mm, respectivamente, para as amostras de 0,96m, 0,65m e 0,34m de comprimento. Observa-se, pois, que a redução do comprimento do reforço facilita o início do arranque deste (Ladeira e Lopes, 1995). Contudo, a ancoragem efectiva do reforço resultante da elevada densidade do solo evita que a rotura daquele surja por falta de aderência, dando-se por falta de resistência à tracção na parte não confinada do reforço.

Para o estudo da influência do comprimento do reforço na sua resposta ao arranque em areia solta ($\gamma=17,5\text{kN/m}^3$ e $Dr=54\%$) realizaram-se três ensaios com comprimentos da geogrelha, inicialmente envolvidos por solo, de 0,80m, 0,96m e 1,12m, correspondendo a 6, 7 e 8 barras transversais. Na Fig.5 apresentam-se as curvas deslocamento frontal/força de arranque obtidas para os três ensaios referidos. É possível observar que, em termos qualitativos a resposta ao arranque nas três situações é bastante parecida, não o sendo já, em termos quantitativos.

Em relação à força de arranque máxima verifica-se que esta aumenta de 17,3kN/m para 35,6kN/m, quando o comprimento da amostra passa de 0,80 para 1,12m. No entanto, a percentagem do acréscimo total da força, quando este comprimento passa de 0,80m para 0,96m, é de cerca de 81,4% (de 17,3kN/m para 32,2kN/m), sendo apenas de 18,6% quando o comprimento da amostra aumenta de 0,96m para 1,12m (de 32,2kN/m para 35,6kN/m).

Este comportamento, distinto do observado quando o solo se encontra em estado denso, deve-se, fundamentalmente, à redução do índice de vazios da areia solta à medida que a deformação aumenta, sendo este efeito mais importante do que o correspondente ao aumento do grau de interferência entre as barras transversais da geogrelha com o aumento do seu número à medida que o comprimento da amostra aumenta.

O coeficiente de resistência na interface solo-geogrelha aumenta significativamente quando o comprimento da geogrelha passa de 0,80m para 0,96m, mantendo-se praticamente constante (apresentando mesmo uma ligeira diminuição) quando o parâmetro em causa aumenta de 0,96m para 1,12m.

Os resultados mostram que o aumento da resistência na interface diminui significativamente a partir de um certo comprimento do reforço não havendo, por isso,

vantagens importantes em aumentar o comprimento dos reforços para além desse valor (Lopes,1992).

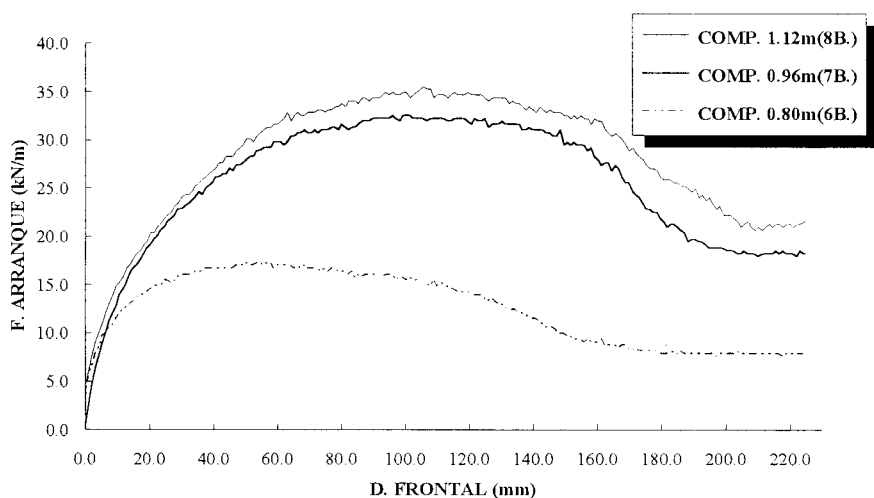


Figura 5 - Influência do comprimento da amostra (solo solto - $\gamma = 17,5 \text{ kN/m}^3$ e $D_r=54\%$) na variação da força de arranque com o deslocamento frontal.

O Quadro III resume os resultados obtidos no estudo efectuado em termos de força de arranque máxima e do coeficiente de resistência na interface solo-inclusão.

3.1.3 - Influência da largura da amostra

A largura da amostra a utilizar num ensaio de arranque depende das dimensões do equipamento de ensaio, devendo ser adoptado um valor que minimize a influência das fronteiras laterais deste.

Com o objectivo de definir a largura máxima da amostra de reforço a utilizar no equipamento de ensaio utilizado realizaram-se três ensaios com larguras da geogrelha de 0,33m, 0,47m e 0,60m, correspondendo a 15, 21 e 27 barras longitudinais (ensaios T1, T7 e T8 do Quadro I). Os restantes parâmetros de ensaio estão indicados no Quadro I.

A resposta ao arranque do reforço nestas três situações está expressa na Fig.6, onde se representam as curvas deslocamento frontal/força de arranque obtidas para cada um dos casos. À medida que a largura da amostra diminui a força máxima de arranque aumenta. Com efeito, o valor deste parâmetro é de 28,8kN/m, 30,3kN/m e 32,2kN/m para larguras da amostra de 0,60m, 0,47m e 0,33m, respectivamente. A semelhança qualitativa da resposta ao arranque aumenta com a redução da largura da amostra.

O coeficiente de resistência na interface solo-geogrelha diminui ligeiramente quando se aumenta a largura da amostra de 0,33m para 0,60m. Atendendo à reprodutibilidade do ensaio em causa, confirmada por Ladeira, 1995, e à variação de resultados verificada no presente estudo (cerca de 12% para a força de arranque máxima - Fig.6 e Quadro IV- e, cerca de 8% para o coeficiente de resistência - Quadro IV) pode afirmar-se que a influência da largura da amostra na resposta ao arranque do reforço é pequena. Contudo, os resultados do estudo

apontam para a redução na resistência da interface solo-reforço com a diminuição da distância da amostra às fronteiras laterais do equipamento de ensaio, ou seja, com o aumento da largura da amostra. É possível então concluir que, ensaios de arranque conduzidos com relações largura da amostra/largura do equipamento de ensaio elevadas conduzirão a resultados conservativos do ponto de vista da capacidade de aderência do material de reforço ensaiado.

3.2 - Influência da altura de solo localizado acima e abaixo do reforço

As fronteiras rígidas, existentes superiormente e inferiormente em relação ao nível de colocação do reforço, podem afectar o mecanismo de mobilização da resistência nas interfaces solo-reforço. Esta influência traduz-se num aumento da tensão normal, ou seja, da pressão de confinamento realmente aplicada ao nível do reforço, mormente quando a altura de solo é pequena e a dilatância do solo é impedida.

Nos ensaios realizados o ângulo de atrito aparente na interface é definido como sendo o arco tangente da relação entre a tensão tangencial e a tensão normal actuante na interface ($\tan \phi = \tau / \sigma_n$) (a pressão normal é considerada como sendo a soma da sobrecarga aplicada com a pressão correspondente à altura de solo colocada acima do reforço). Com efeito, o ângulo de atrito definido pode ser superior ao real, em virtude do aumento da tensão de confinamento que pode ocorrer nos ensaios de arranque devido à restrição da dilatância do solo. Conjuntamente com este facto existe a possibilidade de se desenvolverem forças atríticas entre o solo e a fronteiras rígidas horizontais, principalmente a inferior (Farrag *et al.*, 1993).

Com o objectivo de estudar a influência da altura de solo colocada acima e abaixo do reforço na resposta ao arranque deste procedeu-se à realização de dois ensaios (T1 e T9 do Quadro I), num deles o reforço ficou localizado no meio de 0,40m de solo, e no outro no meio de 0,60m do mesmo solo. Os restantes parâmetros de ensaio considerados estão indicados no Quadro I.

A resposta ao arranque da geogrelha ensaiada nas duas situações testadas está expressa na Fig.7, quer em relação à força de arranque (Fig.7a), quer em relação à variação dos deslocamentos absolutos (Fig.7b) e por deformação do reforço (Fig.7c) ao longo deste, para o valor máximo da força de arranque registado em cada um dos ensaios.

No ensaio realizado com 0,60m de altura total de solo a força de arranque máxima registada é de 32,2kN/m, ocorrendo para um deslocamento frontal de 92,7mm. Para um valor deste deslocamento de 200,0mm a força de arranque diminui cerca de 43%. No ensaio realizado com 0,40m de altura total de solo a força de arranque máxima é de 33,9kN/m para um deslocamento frontal de 119,0mm. Quando este deslocamento é de 200,0mm o decréscimo observado na força de arranque é, neste caso, de somente 25%. Assim, e apesar da diferença entre os valores da força de arranque máxima ser relativamente pequena, constata-se que a redução da resistência na interface solo-reforço é menor para deslocamentos frontais maiores quando a altura de solo é menor (Fig.7a).

Este comportamento é devido, não só, às forças atríticas desenvolvidas entre o solo e a fronteiras rígidas horizontais, principalmente a fronteira inferior, as quais afectam tanto mais o comportamento da interface solo-reforço quanto menor é a altura de solo que envolve o reforço, mas também, à restrição da dilatância do solo que tende a ocorrer neste tipo de ensaios.

Como seria de esperar, de acordo com o realçado, tanto os deslocamentos absolutos (Fig.7b) como os devidos à deformação do reforço, no instante que se atinge a força de arranque máxima, são superiores no ensaio realizado com menor altura de solo.

No que se refere ao valor do coeficiente de resistência na interface solo-reforço verifica-se que este aumenta de 0,564 para 0,609 quando a altura total de solo passa de 0,60m para 0,40m.

Com base nos resultados obtidos pode afirmar-se que a influência da altura de solo envolvendo a amostra é insignificante na resposta ao arranque do reforço ensaiado. Com efeito, os valores da força máxima de arranque e do coeficiente de resistência diferem apenas de 5% e 8%, respectivamente, nas duas situações testadas. No entanto, considera-se que outras alturas de solo deveriam ser ensaiadas com vista à confirmação dos presentes resultados.

Infelizmente, por limitações geométricas do equipamento de ensaio disponível não é possível testar alturas de solo acima e abaixo do reforço superiores a 0,30m. No entanto, de acordo com resultados publicados de ensaios de arranque realizados com equipamentos de grandes dimensões em que foram ensaiadas alturas de solo acima e abaixo do reforço superiores a 0,30m, é possível concluir que alturas totais de solo superiores a 0,60m conduzem a diferenças nos resultados muito pouco significativas (Farrag *et al.*, 1993).

É de notar que o comprimento do reforço desempenha um papel importante no que se refere à influência das fronteiras superior e inferior do equipamento de ensaio na resposta ao arranque do reforço. De facto, à medida que o comprimento do reforço aumenta em relação a uma altura fixa do equipamento aumenta também a influência das fronteiras horizontais (Palmeira e Milligan, 1989).

Com base nos resultados obtidos pode afirmar-se que à medida que altura de solo envolvente da amostra aumenta se nota uma tendência para a redução da resistência na interface solo-reforço.

3.3 - Influência da manga

A interacção entre o sistema solo-reforço e a parede frontal rígida da caixa de arranque pode influenciar os valores registados para a resistência ao arranque do reforço, especialmente quando o atrito ao longo dessa parede é elevado (Palmeira e Milligan, 1989). Quando o reforço é arrancado de dentro da caixa desenvolvem-se pressões laterais contra a face vertical da referida parede, resultando num aumento aparente da resistência ao arranque do reforço.

Alguns procedimentos são usualmente seguidos com vista à minimização da influência da parede frontal do equipamento. Por exemplo, a lubrificação da face interior desta parede ou a colocação de uma manga no interior da caixa ao nível do reforço. A utilização da manga permite transferir o ponto de aplicação da força de arranque para o interior da massa de solo afastando-o assim da parede frontal.

No intuito de analisar a influência nos resultados do ensaio de arranque da existência ou não de uma manga no interior da caixa, adjacente à parede frontal desta, realizou-se um ensaio sem manga (ensaio T10 do Quadro I) e, outro, em que se colocou uma manga em aço inoxidável com 0,20m no interior da caixa (ensaio T1 do Quadro I). Os restantes parâmetros de ensaio considerados estão indicados no Quadro I.

A Fig.8 representa a resposta ao arranque da geogrelha ensaiada nas condições indicadas. Pode verificar-se, da análise da figura, que a ausência da manga provoca um aumento da força de arranque máxima na ordem dos 10%. Esta força é, em ambos os ensaios, atingida sensivelmente para o mesmo deslocamento frontal (Fig.8a). Este comportamento deve-se à influência da rugosidade da parede frontal do equipamento nos ensaios realizados sem manga. Com efeito, as forças de atrito que se desenvolvem na parede frontal do equipamento

conduzem a um aumento das pressões verticais médias no reforço, responsáveis pelo aumento da força de arranque.

O valor do coeficiente de resistência na interface solo-reforço, no instante que se obtém a força de arranque máxima, aumenta de 0,564 para 0,615 quando não se utiliza a manga.

As variações dos deslocamentos totais e dos devidos à deformação do reforço ao longo deste, no instante em que se obtém a força de arranque máxima, estão expressas na Fig.8b e c, respectivamente.

As pressões laterais desenvolvidas na parede frontal, sendo estas superiores quando não existe manga, restringem mais eficazmente, neste caso, o deslocamento da geogrelha (Fig.8b), resultando, assim, uma maior mobilização das tensões tangenciais na interface solo-geogrelha próximo do ponto de aplicação da força de arranque (Fig.8c) e uma menor mobilização dessas tensões na parte posterior do reforço. Analisando o deslocamento de arranque verifica-se que este é menor no ensaio realizado sem manga, logo a maior resistência mobilizada neste caso resulta do aumento do estado de tensão, primordialmente na parte anterior do reforço, decorrente da influência da parede frontal rígida do equipamento.

Dos resultados obtidos conclui-se que existe a necessidade, para o tipo de equipamento utilizado, da colocação de uma manga com um comprimento no interior da caixa, igual ou superior a 0,20m, de maneira a evitar a influência da parede frontal nos resultados do ensaio.

4 - CONCLUSÕES

Neste trabalho procurou-se estudar o papel desempenhado pelas dimensões da amostra, altura de solo envolvente desta e existência, ou não, de uma manga na parede frontal do equipamento na resposta ao arranque de uma geogrelha uniaxial posicionada no interior de um solo arenoso. Dos resultados obtidos é possível formular as seguintes conclusões fundamentais:

- a influência do comprimento da amostra na resposta ao arranque do reforço depende da densidade do solo;
- quando o solo se encontra em estado denso a resistência ao arranque da interface solo-reforço tende a diminuir com o aumento do comprimento da amostra, devido ao aumento do índice de vazios do solo com o aumento da deformação e devido ao aumento do grau de interferência entre as barras transversais da grelha com o aumento do seu número;
- quando o solo se encontra em estado solto a resistência ao arranque da interface solo-reforço tende a aumentar com o aumento do comprimento da amostra, devido à redução do índice de vazios do solo com o aumento da deformação, sendo este efeito mais significativo do que o resultante do aumento do grau de interferência entre as barras transversais da grelha com o aumento do seu número;
- a influência da largura da amostra na resposta ao arranque do reforço é pequena, contudo, nota-se uma tendência para o aumento da resistência na interface solo-reforço à medida que a largura da amostra diminui;
- com base nos resultados obtidos para as duas alturas de solo testadas pode considerar-se que a influência da altura de solo que envolve a amostra na resposta ao arranque do reforço é pouco importante;
- a colocação de uma manga em aço inoxidável com 0,20m de comprimento na parede frontal do equipamento de ensaio diminui a resistência na interface solo-reforço uma vez que minimiza a influência da rugosidade dessa parede nos resultados do ensaio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FARRAG, K.; ACAR, Y.B. e JURAN, I. (1993). *Pull-out resistance of geogrid reinforcements*. Int. Journal of Geotextiles and Geomembranes, Vol. 12, nº2, pp.133-159.
- LADEIRA, M.A.S.A. (1995). *Estudo dos fenómenos da interacção solo-geossintético através de ensaio de arranque*. Dissertação para Mestrado em Estruturas de Engenharia Civil na FEUP, Porto.
- LOPES, M.L.C. (1992). *Muros reforçados com geossintéticos*. Dissertação para Doutoramento em Engenharia Civil na FEUP, Porto.
- LOPES, M.L. e LADEIRA M. (1996). *Pull-out tests for the assessment of soil-geogrids interaction - influence of some mechanical and physical parameters*. Proc. Int. Symp. on Earth Reinforcement (Kyushu' 96), Vol. 1, pp. 89-94, Fukuoka, Japão.
- PALMEIRA, E.M. e MILLIGAN, G.W.E. (1989). *Scale and other factors affecting the results of pull-out tests of grids buried in sand*. Geotechnique, Vol. 39, nº 3, pp.511-524.