

# 1 Introdução

## 1.1. Considerações preliminares

Em diversos países, uma das principais atividades em obras de proteção de encostas tem sido a construção de muros de solo reforçado (MSR). Os geossintéticos têm desempenhado importante função de reforço de solo em muros e taludes reforçados devido à facilidade de instalação, flexibilidade da estrutura final, rapidez de construção e baixo custo, em comparação com outros tipos de estruturas de contenção.

Diversos métodos de projeto foram desenvolvidos para análise e dimensionamento de MSR com geossintéticos. O cálculo da força de tração nos reforços é um parâmetro importante em análises da estabilidade interna, não só para evitar a ruptura do reforço, mas também para dimensionar o espaçamento do reforço e o comprimento necessário para evitar o arrancamento.

A literatura reporta trabalhos sobre a instrumentação de MSR com geossintéticos em escala real, relatando o desenvolvimento das forças de tração nos reforços sob condições de serviço. Alguns autores comparam os resultados de forças de tração máxima prevista pelos métodos de projeto com os resultados medidos. Entretanto, estes muros foram construídos sob condições especiais (compactação com baixa energia, fundação adequada, pouca largura) e que normalmente não acontecem em estruturas reais.

Pode-se citar o MSR com geossintéticos avaliado por Rowe e Ho (1993), com dados do *Royal Military College of Canada* (RMC) comparando a máxima força de tração prevista com os valores medidos pela instrumentação em campo. Allen e Bathurst (2002) mostraram que os métodos de projeto são conservadores, com base na comparação com os resultados de medições de 16 muros instrumentados.

No Brasil, foram construídos alguns muros em escala real, com o objetivo de ter uma visão clara do comportamento e de se obter um banco de dados de

referência. Utilizando este banco de dados de muros instrumentados, é possível comparar os resultados de forças de tração máxima previstas pelos métodos de projeto com os valores medidos em campo, sob condições de serviço. Nesta condição, as conclusões podem diferir daquelas obtidas para a condição de ruptura, reportada por outros pesquisadores.

## 1.2. Objetivos da pesquisa

Os objetivos da presente pesquisa são os seguintes:

- Avaliar o comportamento de campo de muros instrumentados selecionados, em relação às forças de tração nos reforços, desenvolvidas sob condições de serviço;
- Avaliar os métodos de projeto para a previsão da força de tração desenvolvida nos reforços;
- Avaliar a possibilidade de utilização de métodos numéricos para simular o comportamento de MSR com geossintéticos construídos em diferentes condições.

## 1.3. Metodologia

Pode-se dividir o trabalho em cinco etapas para uma melhor compressão de sua metodologia.

A primeira etapa consiste em selecionar muros de solos reforçados com geossintéticos, reportados na literatura e que apresentam os seguintes dados:

- Dados de medição de deformação ou força de tração nos reforços;
- Geometria do muro (altura, comprimento, espaçamento);
- Parâmetros de resistência de solo ( $c'$ ,  $\phi'$ );
- Parâmetros de deformabilidade do solo ( $E, \nu$ )
- Parâmetros de resistência e deformabilidade do reforço ( $T_{rup}$ ,  $J$ );
- Características dos equipamentos de compactação.

A segunda etapa consiste em o cálculo da máxima força de tração em cada camada de reforço. Isto foi feito a partir dos dados de deformação medida nos reforços ao final da construção.

A terceira etapa é aplicação dos métodos de projeto aos muros avaliados e comparação com os resultados medidos em campo.

A quarta etapa é simular o comportamento dos MSR com geossintéticos selecionados nesta pesquisa, utilizando um programa de elementos finitos *Plaxis* (v8.2). Desta forma é possível avaliar a utilização de métodos numéricos no cálculo de forças de tração. Os resultados de forças de tração máxima previstos pelo método numérico foram comparados com os resultados medidos em campo.

A quinta etapa foi comparar os resultados previstos pela simulação numérica e os métodos analíticos.

#### **1.4. Estrutura da tese**

A tese está dividida em sete capítulos. No Capítulo 1, são apresentadas as justificativas referentes ao presente trabalho, assim como seus objetivos e a estruturação da tese. O Capítulo 2 é destinado a uma revisão bibliográfica sobre os fundamentos, com a discussão dos principais fatores que influenciam o comportamento dos muros de solos reforçados com geossintéticos. No Capítulo 3 é apresentada uma descrição dos resultados de três muros instrumentados que foram encontrados na literatura pesquisada. No Capítulo 4 são comparados os resultados de campo com os valores de força de tração máxima nos reforços, previstos pelos métodos de projeto mais utilizados. No Capítulo 5 são apresentadas simulações numéricas dos três casos avaliados, usando um software de elementos finitos. No Capítulo 6 confrontam-se os resultados obtidos pelos métodos de projeto e as simulações numéricas com os resultados de campo. O Capítulo 7 é destinado às principais conclusões desta tese e às sugestões para pesquisas futuras.