

# 1

## Introdução ao Objeto de Pesquisa

Os solos de origem residual podem ser encontrados em grande parte da crosta terrestre, principalmente em associação com os climas tropicais onde os fenômenos de intemperismo são mais marcantes e os perfis de alteração podem alcançar centenas de metros. No Brasil, este tipo de solo é encontrado em amplas regiões do território nacional, apresentando características diferenciadas segundo cada sub-região.

Os perfis de alteração em geral, e os solos residuais em particular, são de especial interesse em diversos problemas geotécnicos. Conta-se, porém, com um limitado conhecimento experimental do comportamento destes solos, escasso se comparado com a diversidade e complexidade que apresentam na sua constituição mineralógico-estrutural, a qual condiciona fortemente sua resposta frente às diversas solicitações de natureza mecânica e hidráulica.

A modelagem numérica destes solos constitui também um campo de pesquisa pouco explorado no meio acadêmico, onde as poucas abordagens tentam concretamente uma modelagem baseada na extensão de modelos consagrados para os solos sedimentares. Estes modelos, formulados no marco da mecânica dos meios contínuos e inspirados inicialmente nos modelos para metais, têm sido adaptados e ampliados com formulações específicas para cada novo aspecto comportamental a se descrever; anisotropia, não saturação, micro-estrutura, cimentação, quebra de grãos e grau de alteração foram alguns destes aspectos. Esta tentativa de ampliação tornou os modelos mais complexos e com um elevado número de parâmetros, muitos destes abstratos ou fruto de ajustes matemáticos. Por tais motivos, a utilidade de muitos deles ficou restrita apenas às pesquisas no âmbito acadêmico.

O relativo fracasso da abordagem contínua deve-se principalmente a um desajuste de escalas: enquanto que os fenômenos comportamentais típicos dos solos estão enraizados nas suas características mineralógicas e feições micro-estruturais, a mecânica do contínuo procura modelá-los por meio de ajustes matemáticos do comportamento global observado na macro-escala. O entendimento desta limitação própria da concepção até aqui utilizada levou à ponderação da necessidade de uma abordagem *micro-mecânica*, onde os

fenômenos pudessem ser descritos e modelados na escala em que ocorrem. A teoria de homogeneização matemática tem sido empregada neste sentido, como ponte para levar a descrição dos fenômenos da micro-escala para a macro-escala, na modelagem contínua de solos compressíveis e não saturados.

A análise micro-mecânica, porém, encontra um ambiente de verdadeira potencialidade ao se referenciar num outro paradigma de representação, a modelagem discreta. Formulados no marco da mecânica clássica, os modelos discretos são de aparição mais recente, e se mostram como uma alternativa válida e potente. O método dos elementos discretos (MED), deixando de lado a visão clássica do solo como sendo um contínuo, oferece a possibilidade de modelá-lo ao nível das partículas constituintes, explicitando os tamanhos, contatos e arranjo delas, assim como os vazios do solo. Desta forma consegue uma aproximação do modelo à escala das partículas, onde o comportamento do solo é definido. A vantagem desta abordagem micro-mecânica discreta radica, pois, na possibilidade de explicitar a mineralogia e estrutura do solo, responsáveis pelo comportamento global da massa de solo, e assim conseguir modelar os fenômenos antes citados.

O uso do MED na atualidade se limita principalmente ao ambiente acadêmico, já que a capacidade computacional atual limita a possibilidade de modelagem de problemas geotécnicos de grande escala. Para estes problemas, não entanto, tem-se utilizado com bons resultados a modelagem híbrida - contínua no domínio geral e discreta nas regiões críticas – o que dá maior alcance à técnica.

Afortunadamente, existe hoje no Brasil um renovado interesse pelo estudo dos solos não saturados e residuais, especialmente na área experimental, na busca de uma melhor compreensão do comportamento exibido e os fenômenos envolvidos. Mas também cresce a pesquisa sobre modelos numéricos úteis para representar estes solos, sob a estratégia de modificação dos modelos do contínuo existentes para a inclusão dos fenômenos de não saturação e microestrutura.

O presente projeto de pesquisa se encaixa neste marco temático oferecendo, a partir da base conceitual existente, um caminho alternativo aos já percorridos: o emprego do método dos elementos discretos para a modelagem micro-mecânica do comportamento mecânico e hidráulico dos solos residuais. A finalidade do projeto está no interesse de avaliar fenomenologicamente tal comportamento e obter conclusões sobre a influencia dos aspectos estruturais e mineralógicos no desempenho destes solos, contribuindo assim para o enriquecimento do

conhecimento conceitual baseado na pesquisa experimental. A pesquisa procura adicionalmente avaliar a aptidão do método dos elementos discretos como ferramenta de modelagem para a análise micro-mecânica de solos.

### ***Roteiro da pesquisa***

O roteiro deste trabalho se encontra sumarizado na figura 1.1. Primeiramente, a pesquisa centra-se na compreensão da origem, composição e comportamento tipo dos solos residuais, com o objetivo de apontar os principais fatores que controlam a resposta do solo. Complementarmente, é abordado sucintamente o histórico da modelagem mecânica e micro-mecânica em formulações contínuas e discretas, apontando vantagens e limitações. O método dos elementos discretos é apresentado na sequência no intuito de conhecer a sua potencialidade de modelagem. O código *Sand*, que utiliza a biblioteca de elementos discretos *DEMLib*, é especialmente focado, por constituir o programa base no qual serão implementadas as formulações específicas para solos residuais.

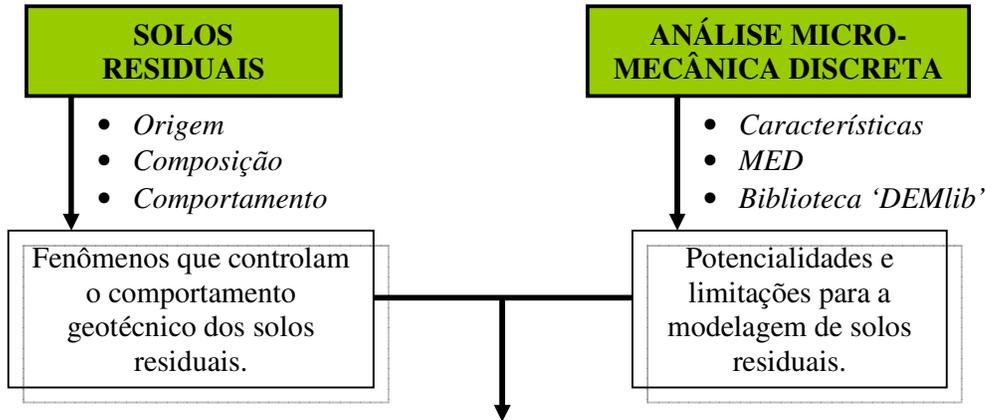
Seguidamente, a pesquisa focaliza-se na obtenção de formulações matemáticas que descrevam os fenômenos comportamentais tidos como relevantes na pesquisa do comportamento experimental observado. Uma vez em posse das formulações, estas são implementadas numericamente na biblioteca *DEMLib* e validadas a fim de garantir-se a representatividade da modelagem.

Uma vez incorporadas estas novas capacidades de modelagem, o novo código chamado *DEMLib-RSM* (Residual Soil Micro-mechanics) é calibrado e validado para a simulação de solos, tomando como ensaio de referencia o de cisalhamento direto. Logo e levada a cabo uma campanha de ensaios virtuais de solos residuais. O objetivo é duplo, analisar separadamente a influência dos distintos fenômenos comportamentais estudados, assim como reproduzir as características observadas na resposta global destes solos. A comparação com resultados experimentais equivalentes possibilita a avaliação fenomenológica e uma maior compreensão dos mecanismos envolvidos.

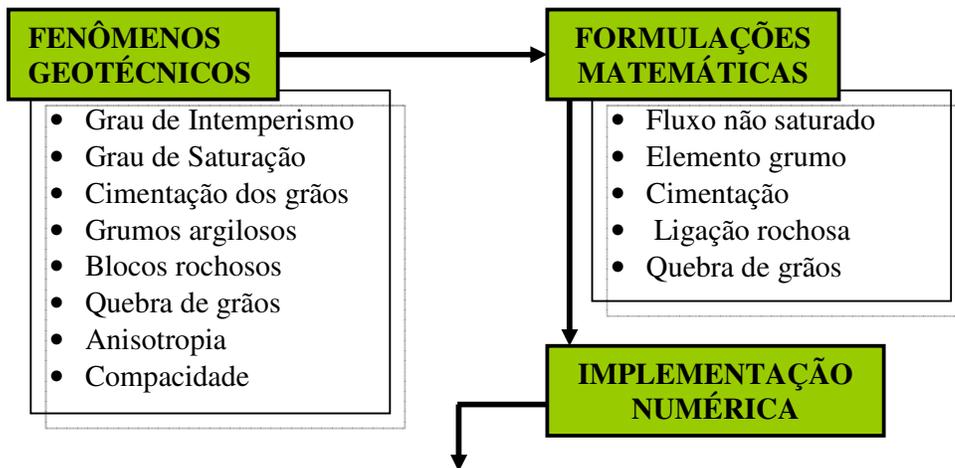
Finalmente, idéias conclusivas sobre o comportamento dos solos residuais são obtidas como fruto das simulações discretas e da análise comparativa, o que resulta numa ampliação da visão conceitual sobre estes solos. A análise micro-mecânica discreta também é avaliada, apontando suas potencialidades e limitações na modelagem de solos.

**PESQUISA: Modelagem micro-mecânica discreta de solos residuais**

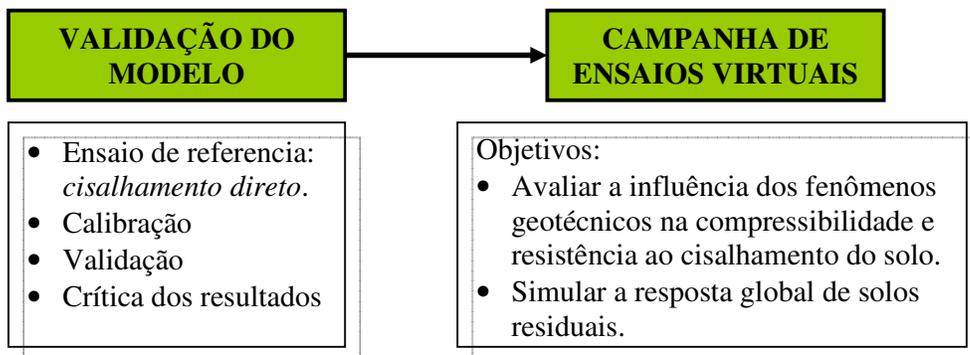
**Etapa I: Pesquisa bibliográfica introdutória ao tema em questão**



**Etapa II: Formulações para a modelagem de solos residuais**



**Etapa III: Modelagem micro-mecânica discreta de solos residuais**



**Etapa IV: Conclusões da pesquisa**

Figura 1.1: Roteiro da pesquisa.