

4

Conclusão

Como dito no Capítulo 1, nosso objetivo com este trabalho era contribuir para o avanço do conhecimento em direção a responder à pergunta “Será possível fazer uma descrição unificada e contínua de grãos em movimento?”, através de modelos que explicitassem a importância dos arcos na dinâmica de sistemas granulares densos.

Esse objetivo, em especial com os resultados dispostos no Capítulo 2, acreditamos ter sido atingido. Da mesma forma, a causa física por trás dos mecanismos de difusão correlacionada expostos no Capítulo 3 também pode estar relacionada com o comportamento dos arcos, em especial no caso denso, onde o contato entre os grãos e a conseqüente formação e ruptura constante de arcos desempenham conhecidamente um papel muito importante (demonstrado, convém reforçar, no Capítulo 2).

Resumindo os pontos alcançados com esta tese, podemos enumerar:

1. Reprodução, através de um modelo simples de malha, qualitativa da influência dos arcos em sistemas granulares densos;
2. Surgimento, em modelos computacionais, de bandas de cisalhamento como conseqüência da influência única dos arcos (62);
3. Reprodução, em modelos tridimensionais, dos resultados obtidos experimentalmente por Fenistein *et al.* (55, 56);
4. Obtenção de resultados que corroboram as previsões teóricas desenvolvidas por Török *et al.* (57, 58);
5. Expansão dos resultados encontrados na literatura para sistemas com parâmetros diferentes daqueles realizados experimentalmente;
6. Desenvolvimento de um modelo teórico para descrever o fenômeno da difusão granular correlacionada (para o qual não há dados experimentais quantitativos existentes) (100);

7. Obtenção de uma equação de difusão não-usual, que leva em conta uma correlação espacial entre as partículas - a EDEC (Equação de Difusão Espacialmente Correlacionada);
8. Realização de simulações computacionais, nas quais o comportamento qualitativo das partículas segue o previsto pela equação de difusão correlacionada obtida anteriormente.

Ao longo do trabalho, porém, alguns pontos a serem melhorados ficam evidentes, como por exemplo:

- Apesar do modelo tridimensional do Capítulo 2 ter apresentado resultados excelentes, para que sua simulação produza resultados físicos menos influenciados pela rede subjacente, é necessário mudar a forma como a malha de arcos está modelada, uma vez que todo o sistema é cilíndrico e está sendo modelado por uma rede de células cúbicas;
- Seria interessante comparar quantitativamente o perfil da banda de cisalhamento observada nas nossas simulações com as previstas pelo modelo teórico de Török *et al.* (57, 58);
- Para descrever sistemas físicos, a equação de difusão correlacionada precisa ser generalizada para três dimensões;
- O modelo teste utilizado para testar a equação de difusão correlacionada é um pouco simplista, considerando apenas três modos do sistema e desprezando a ação dos outros.

No entanto, o cerne das idéias principais e os modelos desenvolvidos já estão prontos. Isto posto, pode-se pensar agora em vários caminhos a serem trilhados para dar continuidade ao projeto que acaba de ser concluído, a saber:

- Adaptar o modelo tridimensional para a malha de arcos, passando o sistema de coordenadas cartesianas para cilíndricas. Esperamos com isso tratar o sistema de uma forma mais “natural”, possibilitando tratar as paredes e o disco girante do mesmo de forma mais realista, incluindo o atrito nas paredes laterais e eliminando os vórtices observados;
- Comparar quantitativamente os resultados das simulações tridimensionais do modelo de arcos com as previsões do modelo teórico de Török *et al.* (57, 58);
- Incluir um segundo comprimento de correlação no modelo da difusão correlacionada. Acreditamos não haver muita dificuldade nisso, e isso tornará possível verificar o quanto a difusão correlacionada influi na segregação granular;

- Incluir a correlação temporal no modelo, gerando uma Equação de Difusão Correlacionada completa, tanto espacial quanto temporalmente, provavelmente por meio de uma função de decaimento exponencial;
- Generalizar a equação de difusão correlacionada obtida para três dimensões, a fim de melhor descrever sistemas físicos;
- Evoluir do modelo teste utilizado para as simulações da equação de difusão correlacionada para modelos mais elaborados - inclusive resolvendo a equação de difusão numericamente, sem a simplificação por meio de modelos.

Pode-se perceber que há ainda bastante caminhos a seguir para um aprimoramento e continuidade do trabalho feito com os modelos desenvolvidos nesta tese, o que significa que este trabalho ainda pode render muitos frutos.

O mais interessante dos pontos dispostos acima é, provavelmente, a inclusão do segundo comprimento de correlação, pois se o fenômeno de segregação granular for observado no âmbito da difusão correlacionada, isso descreverá uma grande gama de sistemas no qual os mecanismos tanto de difusão quanto de segregação não são ainda conhecidos. Os outros pontos dispostos acima também são, naturalmente, de extremo interesse, e podem produzir resultados interessantes - em especial a transformação do modelo da malha de arcos para coordenadas cilíndricas, uma vez que o modelo em coordenadas cartesianas já nos permite entender melhor o papel dos arcos na dinâmica de um sistema granular denso.