

## 5 Conclusões e Trabalhos Futuros.

O método seqüencial com AGHs proposto neste trabalho consegue estimar com exatidão e rapidez os parâmetros das camadas para dois modelos sísmicos: um com camadas horizontais com anisotropia VTI e o outro com camadas inclinadas isotrópicas. Isto em comparação com o método de solução paralela das equações do sistema usando um AG com a estrutura do cromossomo contendo todos os parâmetros sísmicos do modelo. A exatidão, quantificada com msMAPE entre  $4,43 \times 10^{-6}\%$  e  $4,44 \times 10^{-5}\%$ , está ligada à forma seqüencial de resolver o sistema de equações que consegue a unicidade das equações das velocidades  $V_{rms}$  e ao Algoritmo Genético Híbrido (AGH), que usa o algoritmo *Nelder Mead Simplex* para realizar uma busca local exaustiva depois que o algoritmo genético (AG) lhe entrega um ponto inicial (vetor com os parâmetros), muito próximo ao ponto ótimo onde o RMSE mínimo é zero. A rapidez está ligada principalmente à unicidade das equações das velocidades  $V_{rms}$ , para o modelo sísmico proposto, que evita aos AGs e AGHs fazerem a busca em um espaço muito amplo e com múltiplos mínimos. Assim, foi obtida a diminuição do tempo de execução ou computação em aproximadamente 96,4% usando AGs e 98,4% usando AGHs em comparação como o método de solução paralela usando AG. Também foi obtida uma diminuição do tempo de execução, para o método proposto, quando se usam AGHs no lugar de AGs de aproximadamente 55% para o modelo com camadas horizontais com anisotropia, e 85,23% para o modelo com camadas inclinadas isotrópica. Esse último valor mostra uma vantagem considerável dos AGHs empregados para solucionar o sistema de equações não lineares.

Há outro fator que influencia na exatidão e na diminuição do tempo de execução: o número de receptores de um tiro sísmico. Com um número adequado de receptores, (e de equações) três vezes maior do que o número de parâmetros, é possível conseguir pequenos erros de estimação. Se este número cresce, então o tempo de execução diminui até um valor mínimo, determinado pelos recursos computacionais.

A estimação de parâmetros tridimensionais não é uma tarefa simples, pela quantidade de equações a se resolver, mesmo que os dados usados sejam

sintéticos. A distribuição das linhas de receptores, em ângulo reto, proporciona informação redundante para conferir os resultados da estimação. Os dois conjuntos de superfícies geradas, com os modelos sísmicos estimados, fornecem informação complementar das pendentes e curvatura das verdadeiras superfícies. Para levantamento marítimo, de acordo com a configuração de receptores, é possível quitar as linhas perpendiculares ao movimento da embarcação e continuar com os procedimentos do método proposto e incrementar as linhas paralelas com uma única fonte, o que levaria a inserir o azimute nas equações do tempo de trânsito das ondas P.

O método proposto consegue estimar com exatidão as velocidades, da onda P nas camadas, para os modelos paralelos aos eixos  $X$  e  $Y$ . Isto é importante porque as velocidades são usadas para calcular propriedades mecânicas das camadas, além disso, podem auxiliar a outros métodos sísmicos e de migração.

Na realidade, com dados reais, é possível ter erros na estimação por duas causas: a primeira é por considerar um plano de reflexão vertical quando na prática o plano de reflexão depende da curvatura da superfície de interface entre camadas; a segunda é por considerar trajetórias retas das frentes de onda, no método de união de camadas, quando na prática são curvas.

Os erros das estimações, para localizar os pontos das superfícies de interface, são intrínsecos ao modelo tridimensional aproximado, porque as superfícies são aproximadas com polígonos de lados formados por linhas, e assim, quanto mais rugosa a superfície, maiores serão os erros dos vértices dos polígonos. Esse problema pode ser contornado diminuindo a distância entre receptores ou sobrepondo as linhas de receptores com deslocamentos de posição.

Finalmente, segundo a análise da influência de ruído, recomenda-se usar 24 ou mais receptores em campo, sujeito a obter tempos de execução viáveis, para usar o método de estimação proposto.

## **5.1. Trabalhos Futuros**

Há vários procedimentos ou métodos que podem ser revisados ou melhorados para diminuir os erros ou para ter uma interpretação mais realista das estruturas tridimensionais no subsolo. Por exemplo, podem se usar curvas para interpolar as coordenadas dos vértices dos polígonos das superfícies

estimadas. Isto tornaria mais fácil usar fatores de escala para os volumes gerados.

Podem-se estudar e propor outros tipos de levantamentos sísmicos marítimos ou terrestres combinados com o método de estimação de parâmetros proposto para conseguir maior exatidão da estimação ou aumentar a diversidade estatística, para lidar com o ruído.

O método de reflexão pode usar linhas retas arbitrárias no espaço para a linha de receptores e para a linha dos pontos de reflexão, no lugar do plano vertical de reflexão. Isto seria uma aproximação mais realista do modelo sísmico. Também as equações podem considerar correções por algum tipo de anisotropia leve para camadas inclinadas (por exemplo, Isotropia Transversa Vertical, Isotropia Transversa Horizontal entre outras).

O método proposto para estimação de parâmetros pode auxiliar outros métodos sísmicos ou técnicas como a migração, que precisa dos valores estimados das velocidades intervalares para fazer a correção NMO.

Os traços ou sinais sísmicos de medições reais contêm ruído que pode ser atenuado com filtros adaptativos ou com diversidade estatística, mas existe um conjunto de problemas que podem ser contornados unicamente com o conhecimento de um especialista. Dentre esses problemas estão: a identificação de camadas escondidas, a descontinuidade abrupta dos estratos, a sobreposição de sinais sísmicos de ondas refletidas em superfícies diferentes, entre outros. O uso de técnicas inteligentes para resolver estes problemas poderia ser uma boa alternativa.