Que tipo de ondas usar na inversão de forma de onda completa em sísmica time-lapse?

Danyelle da Silva, Edwin Fagua Duarte, Joao Medeiros
Departamento de Física Teórica e Experimental - Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Copyright 2024, SBGf - Sociedade Brasileira de Geofísica
Este texto foi preparado para a apresentação no X Simpósio Brasileiro de Geofísica, Salvador, 8 a 10 de outubro de 2024. Seu conteúdo foi revisado pelo Comitê Técnico do X SimBGf, mas não necessariamente representa a opinião da SBGf ou de seus associados. É proibida a reprodução total ou parcial deste material para propósitos comerciais sem prévia autorização da SBGf.

Resumo

Nos últimos anos, a sísmica time-lapse (ou sísmica 4D) tem se tornado uma ferramenta crucial para o monitoramento de reservatórios de hidrocarbonetos, permitindo a detecção de variações nas propriedades sísmicas que indicam mudanças na saturação de fluidos e na pressão dos reservatórios. Essas informações otimizam a produção e prolongam a vida útil dos campos petrolíferos. Adicionalmente, a inversão de forma onda completa (FWI pelas siglas em inglês) tem se tornado uma poderosa ferramenta para obter propriedades geofísicas do subsolo a partir dos dados sísmicos adquiridos na superfície. As propriedades obtidas pela FWI são aquelas que afetam a propagação das ondas, como por exemplo as velocidades de ondas P e S e a densidade. Na literatura, a eficiência e robustez da FWI tem sido demonstrada em diversos cenários tais como aquisições 2D e 3D. No caso do monitoramento 4D, a FWI também tem demonstrado eficiência através da formulação de diferentes estratégias de inversão.

Ao contrário do processamento convencional, que se concentra apenas nas ondas primárias refletidas, a FWI emprega diversos tipos de ondas, incluindo as refratadas (ou diving waves), assim como as múltiplas associadas à superfície do mar e as internas, para obter informações acerca da subsuperfície. Na FWI convencional as ondas refratadas possuem mais importância, por serem mais sensíveis às variações de velocidade ao longo do caminho da onda, mas, para que essas ondas contribuam de forma significativa para a inversão na FWI, é essencial que o sinal registrado nos receptores apresente também conteúdo de baixa frequência. Entretanto, em cenários time-lapse, as mudanças no reservatório são localizadas, sendo os efeitos dessas variações mais observáveis nas ondas refletidas, que são mais sensíveis às variações de propriedades locais.

Neste estudo, apresentamos uma análise qualitativa da contribuição de cada tipo de onda em um contexto de sísmica time-lapse. Para isso, simulamos aquisições base e monitoramento e calculamos o gradiente da FWI, atribuindo diferentes ponderações às ondas refratadas e refletidas. Nossas simulações indicam que, na FWI 4D, as ondas refletidas desempenham um papel mais significativo no cálculo do gradiente em comparação com as ondas refratadas. Além disso, o gradiente das ondas refletidas atualiza exclusivamente a área do reservatório, enquanto o gradiente das ondas refratadas influencia tanto a área do reservatório quanto a região acima dela. Adicionalmente, investigamos a influência da frequência dos dados na resolução espacial do gradiente. Para isso, simulamos diferentes cenários de anomalias 4D, com diferentes larguras, em configurações que se assemelham à reservatórios reais encontrados no pré-sal brasileiro. Observamos que para o gradiente obter as mudanças 4D no reservatório é necessário usar frequências mais altas.