

IMPLEMENTAÇÕES COMPUTACIONAIS PARA AUTOMATIZAÇÃO E INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS

Maria Beatriz Margutti Ferreira, Akira Rhuda Oviar Yabushita, Paulo Vitor de Souza Navegante, Endriw Rafael Mateus Silva, Lindaúra Maria Steffens

INTRODUÇÃO

A modelagem estratigráfica dinâmica (*Stratigraphic Forward Modeling - SFM*) tem demonstrado potencial para auxiliar na caracterização de reservatórios petrolíferos, pois permite a simulação de processos deposicionais, melhorando a previsão da heterogeneidade litológica. No entanto, apesar dos avanços metodológicos, os modelos deposicionais SFM frequentemente apresentam discrepâncias significativas em relação aos dados reais, visto que, como pontuado por Boing *et al.* (2022), a modelagem SFM não foi feita para honrar dados de poços.

No geral, o processo de calibração desses modelos segue custoso e ainda sem soluções comerciais robustas para a inversão automática de parâmetros de simulação. Para que o ajuste de parâmetros resulte em um modelo efetivamente calibrado e passível de análise, é necessário inseri-los em um software de simulação, como o Dionisos Flow®, utilizado neste trabalho, a fim de gerar um novo modelo. Esse processo também é custoso e necessita de alto rigor operacional, estando sujeito a erros que podem comprometer o modelo.

Além disso, ao final de um processo de calibração, geralmente obtêm-se múltiplos modelos igualmente prováveis, cuja análise individual de cada um torna-se impraticável. Nesse contexto, o presente trabalho concentra-se no pós-processamento da calibração, buscando automatizar essa etapa, transformando os parâmetros calibrados em resultados quantitativos e qualitativos, possibilitando a integração da análise pós-calibração.

DESENVOLVIMENTO

O processo, integralmente desenvolvido em linguagem Python, inicia-se com a obtenção de múltiplos conjuntos de parâmetros calibrados, resultantes dos ciclos de otimizações por função-objetivo do *workflow* desenvolvido por DUCROS *et al.* (2023) para quantificar a dissimilaridade entre poços reais e simulados. Desse modo, foi incorporado ao *workflow* de calibração um pós-processo para automatizar a geração de dados dos modelos calibrados e facilitar a interpretação não apenas do modelo, através da transformação de informações de espessura, proporções de sedimentos e batimetria em diversos tipos de gráficos, mas também do processo de calibração como um todo, por meio de estatísticas e gráficos de convergência.

RESULTADOS

As novas ferramentas desenvolvidas permitem que diversos modelos calibrados sejam avaliados simultaneamente, conforme a porcentagem de melhores modelos definida pelo usuário. O *workflow* atual gera diversos resultados gráficos importantes: Perfis dos poços calibrados lado a lado com o poço base (antes da calibração) e o poço observado

(resultado esperado), facilitando o julgamento da simulação; Seções transversais, possibilitando ver a distribuição de fácies ao longo do reservatório no corte X-X' e Y-Y' desejado; gráficos de pizza de proporção de sedimentos dos poços em subzonas, mostrando a distribuição de sedimentos ao longo do tempo.

Além disso, também são feitas estatísticas para os parâmetros calibrados, histogramas e gráficos de dispersão que exibem a distribuição e a convergência dos parâmetros calibrados dentro do intervalo definido pelo usuário, possibilitando identificar tendências.

Por fim, todos esses resultados são compilados em um documento PDF, que também contém o tempo total de calibração e o valor de FO, facilitando o acesso, visualização e interpretação.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado representa um grande avanço na área de calibração de modelos *forward*, pois automatiza o processo de geração de resultados. A abordagem desenvolvida permite dedicar mais tempo à inferência geológica sobre modelos já calibrados, além de viabilizar a análise simultânea de múltiplos modelos, otimizando recursos.

Palavras-chave: automatização; *forward modeling*; calibração de modelos.

ILUSTRAÇÕES

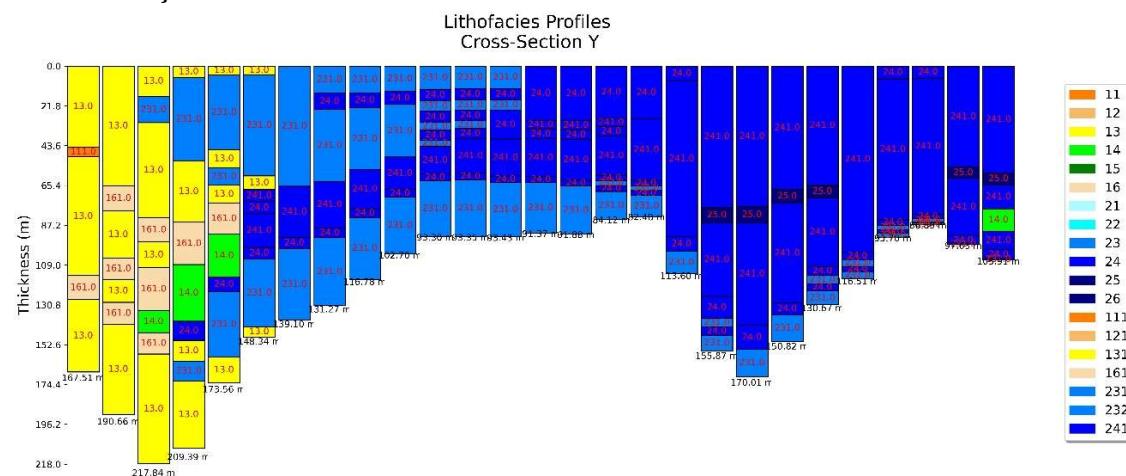


Figura 1. Seção Transversal y-y' do modelo calibrado.



Calibration Report - BENCHMARK_MCHAVES_30-1-BaseModel09SET



OF PROOF Calibration Results

Calibration time: 2.589h

OF value: 0.4476714261065372

Carbo_Grai...	Carbo_MudP...	Carbo_RudP...	LutitesPro...	S1Supply0	S2Supply0	Eustasy0
1.23052592...	0.5	0.5	0.50460207...	0.82634462...	0.5	1.36866720...

Figura 1. Folha de rosto do relatório de calibração.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOING, João V. L. et al. IMPACT ASSESSMENT AND INPUT PARAMETERS SELECTION FOR STRATIGRAPHIC FORWARD MODELLING (SFM). Brazilian Journal of Petroleum and Gas, ABPG, v. 16, n. 3, p. 115-140, novembro, 2022. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.5419/bjpg2022-0010>>. Acesso em: 09/09/2025.

DUCROS, Mathieu. et al. A new objective function designed for the calibration of stratigraphic forward models. Marine and Petroleum Geology, v. 154, p. 106306, maio, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2023.106306>>. Acesso em: 09/09/2025.

DADOS CADASTRAIS

BOLSISTA: Maria Beatriz Margutti Ferreira**MODALIDADE DE BOLSA:** PROIP/UDESC**VIGÊNCIA:** 09/2024 a 08/2025 – Total: 12 meses**ORIENTADOR(A):** Lindaura Maria Steffens**CENTRO DE ENSINO:** CESFI**DEPARTAMENTO:** Departamento de Engenharia de Petróleo**ÁREAS DE CONHECIMENTO:** Ciências Exatas e da Terra / Geociências**TÍTULO DO PROJETO DE PESQUISA:** Aprimoramentos na calibração de modelos forward para simulações de escoamento e de estocagem de CO₂**Nº PROTOCOLO DO PROJETO DE PESQUISA:** PVFI111-2024