

HETEROGENEIDADE LITOLÓGICA E KICK-OFF POINT NA FORMAÇÃO IRATI, BACIA DO PARANÁ

Fábio Palma de Lima ¹
Lucy Gomes Sant'Anna ²

RESUMO

O gás natural surge nos dias de hoje como um elemento chave em uma transição energética baseada em combustíveis fósseis para uma matriz com uma oferta de energia mais limpa. A extração deste combustível pode ocorrer da forma convencional, já conhecida há décadas, e da maneira não-convencional, na qual são exigidas técnicas diferenciadas de extração. Atualmente, o Brasil extrai este energético somente na forma convencional, muito embora tenha estimativa de conter uma das maiores reservas do mundo de gás não convencional. Este artigo considera uma das tarefas envolvidas na extração do gás não-convencional que é a definição do *kick-off point* durante a transição entre poços vertical e horizontal.

Palavras-chave: Bacia do Paraná, Formação Irati, gás de folhelho, *shale gas*, *kick-off point*

INTRODUÇÃO

Desde os tempos mais remotos o homem extrai da natureza a energia necessária para sua subsistência, principalmente aquelas oriundas de combustíveis fósseis. Este uso contínuo das fontes de energia tem impactos ambientais significativos e deve promover a construção de sistemas energéticos mais sustentáveis, que cubram as necessidades das economias e simultaneamente preservem o meio ambiente e as sociedades. Contrabalançar a temática da sustentabilidade com o desenvolvimento econômico é elemento essencial da agenda econômica, política e energética de todas as nações ao longo deste século. Entre as várias temáticas em tela, a humanidade dá sinais cada vez mais robustos de que os países devem promover movimentos de transição energética que conduzam à redução das emissões de gases causadores do efeito estufa.

O gás natural pode e deve ser este elemento de transição, uma vez que, de acordo com Andrade et al. (2021), o próprio governo brasileiro reconhece a importância deste energético

¹ Mestrando do Curso de Tecnologia da Energia pelo Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo – USP, fabio_lima@usp.br;

² Professor orientador: Prof. Dra. Lucy Gomes Sant'Anna, Instituto de Energia e Ambiente da Universidade de São Paulo – USP, lsantann@usp.br.

em cumprir este papel, permitindo inclusive, o avanço de aprovações de Projetos de Lei que procuram desenvolver o setor energético nesse sentido.

Muito embora o gás natural seja um combustível fóssil, o energético em questão reúne características tais que o colocam em um papel de destaque, posto que se trata de um hidrocarboneto mais limpo e energeticamente mais atrativo por sua eficiência (GOLDEMBERG, et al., 2007). A palavra fóssil tem sua origem do latim, *fossile*, que pode ser entendido como “extraído da terra”. A formação do gás ocorre de forma muito lenta, a partir da decomposição natural e gradual de matéria orgânica, seja de origem animal ou vegetal, no interior de bacias sedimentares. Muito embora os processos de formação do óleo e do gás natural sejam muito semelhantes e frequentemente esses combustíveis sejam encontrados em um mesmo reservatório, o gás natural gera menos emissão de CO₂ que os outros combustíveis fósseis (VIEIRA, et al., 2005).

Segundo informações da EIA (2013), o Brasil ocupa a décima posição em uma classificação das maiores reservas de gás de folhelho do mundo. Porém, atualmente o país não extrai gás na forma não-convencional, muito embora reúna condições para uma avaliação geológica detalhada e eventual exploração (EIA, 2015).

A Bacia do Paraná, que abriga a Formação Irati, possui aproximadamente 1.121.239 km² em território brasileiro, divididos entre as regiões centro-oeste, sudeste e sul (REATE 2020, 2020). Praticamente sobre esta mesma área, conforme aponta a Figura 1, encontra-se instalado o GASBOL – Gasoduto Bolívia-Brasil, que transporta o gás natural importado da Bolívia, e é a infraestrutura nacional mais importante de escoamento deste combustível.

Figura 1 - Mapa do Brasil, com destaque para a localização geográfica da Bacia do Paraná e o traçado do GASBOL em território brasileiro.



Fonte: Elaborado pelo autor através de Ministério da Infraestrutura (2021).

Somam favoravelmente a esta discussão, o fato da Bacia do Paraná conter acumulação convencional de gás natural como aquela do campo de Barra Bonita e haver importantes mercados consumidores na sua área ou proximidades (REATE 2020, 2020). Desta forma, de posse destas informações, pode-se avaliar que a Bacia do Paraná apresenta potencial para estudos mais detalhados, incluindo aqueles objetivando a prospecção de gás de folhelho.

METODOLOGIA

O presente estudo aborda a revisão de bibliografia sobre dados geológicos da Bacia do Paraná, em especial da Fm. Irati, visando análise quanto ao ponto de transição entre um poço vertical e um horizontal, chamado de *kick-off point*.

REFERENCIAL TEÓRICO

Bacia do Paraná e Formação Irati

A Bacia do Paraná, corresponde a uma extensa depressão intracratônica com cerca de 1.400.000 km², está em grande parte localizada no Brasil meridional (1.121.239 km²) (REATE 2020, 2020). Seu pacote sedimentar-magmático, conforme Figura 2, de idade paleozoica a mesozoica, apresenta cerca de 7.000 m de espessura máxima (ZALÁN, et al., 1990).

Figura 2- Coluna estratigráfica da Bacia do Paraná

SYSTEM	SSE	LITHOSTRATIGRAPHY	NNW	TECTONIC EVENTS
CRETACEOUS		BAURU GP		
JURASSIC		SERRA GERAL FM		SOUTH ATLANTIC RIFTING
TRIASSIC		BOTUCATU FM		PRE - RIFT
		ROSÁRIO DO SUL GP	PIRAMBOIA FM	
PERMIAN	PALERMO FM	TERESINA/RIO DO RASTO FMs	IRATI FM	FINIHERCYNIAN OROGENY
		RIO BONITO FM		TARDIHERCYNIAN OROGENY
CARBONIFEROUS		ITARARE GP	AQUIDAUANA FM	
DEVONIAN		PONTA GROSSA FM		EOHERCYNIAN OROGENY
SILURIAN		FURNAS FM	VILA MARIA FM	CALEDONIAN OROGENY
ORDOVICIAN		RIO IVAÍ FM		

Fonte: Modificado pelo autor através de (ZALÁN, et al., 1990).

A Formação Irati é caracterizada pela sedimentação em condições de mar restrito (HACHIRO, 1991), com características mais salinas da base para as extremidades superiores (RICARDI-BRANCO, et al., 2006). Em território brasileiro, a Formação Irati aflora em delgada fração que tem início no município de Leme no estado de São Paulo e prossegue por uma faixa oriental estreita até atingir o Uruguai (HACHIRO, 1991). A formação pertence ao Grupo Passa Dois, juntamente com as formações Serra Alta, Teresina, Corumbataí e Rio do Rasto (SILVA, et al., 2003).

A espessura média da formação encontra-se em torno de 40 metros, com máximo de 70 metros na porção sul da bacia (HOLZ, et al., 2010). No tocante a subdivisão estratigráfica, as rochas da formação podem ser divididas em dois membros: (i) Taquaral (inferior) e (ii) Assistência (superior) (BRITO, et al., 1981).

O Membro Taquaral, depositado em um ambiente marinho raso (HOLZ, et al., 2010), ocorre em toda a Bacia do Paraná, com espessura entre variando entre 5 a 20 metros, e é constituído por folhelhos siltosos cinza escuros, por vezes físseis ou com laminação paralela (HACHIRO, 1991).

O Membro Assistência, por sua vez, possui característica deposicional composta por rampas internas, intermediárias e distais com inclinações para sudoeste (HOLZ, et al., 2010). Possui espessura variando entre 15 e 40 m e sua principal área de ocorrência é na porção centro-sul do Estado de São Paulo. O membro contém folhelhos pretos, pirobetuminosos, folhelhos e argilitos cinza escuros e rochas carbonáticas, geralmente dolomíticas e contendo nódulos de sílex. A alternância de camadas de folhelhos e rochas carbonáticas origina uma típica estratificação rítmica. Laminação paralela é a estrutura sedimentar predominante nos folhelhos pirobetuminosos (HACHIRO, 1991).

Corpos intrusivos de diabásio, testemunhos de um grande vulcanismo ocorrido no Cretáceo e correspondente à Formação Serra Geral, estão intercalados como sills nos depósitos da Formação Irati.

Importância do *kick-off point*

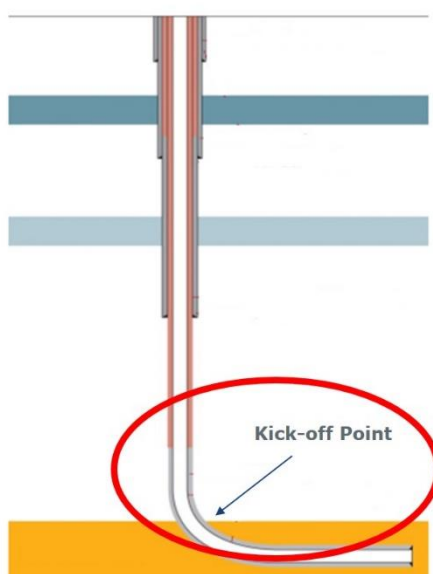
Folhelho pode ser definido como uma rocha sedimentar de granulação fina, físsil, formada pela consolidação de partículas principalmente no tamanho de argila com baixa permeabilidade (SCHLUMBERGER, 2021). Esta permeabilidade encontra-se na casa de 0,00001 a 0,01 mD, podendo chegar a alguns nano Darcys³ em algumas formações com características mais rígidas (PETERS, et al., 2016). O folhelho é uma das principais rochas geradoras de gás natural nas bacias sedimentares brasileiras e mundiais e alvo de atividades extrativas de gás natural não convencional, caso esse recurso seja de interesse. Para tanto, o fraturamento hidráulico da rocha torna-se necessário. O fraturamento hidráulico consiste na injeção de um fluido com alta pressão em uma formação rochosa de folhelho com o objetivo de produzir trincas/fissuras, promovendo desta forma a recuperação do gás ali aprisionado (EPA, 2021).

³ Unidade que mede a permeabilidade de uma rocha (SCHLUMBERGER, 2021). Darcy (Henry Darcy) foi um engenheiro francês que escreveu a equação que descreve o processo em questão.

Porém, para se chegar ao fraturamento hidráulico propriamente dito há uma série de estudos prévios de viabilidade geológica e geofísica, e ainda pela construção de um poço vertical e um poço horizontal, sendo que, este último, só é perfurado se for bem-sucedida a determinação do ponto de transição entre um poço e outro, o chamado “*kick-off point*”, ou KOP.

O *kick-off point* é a região de desvio, de aproximadamente 90° da broca de perfuração entre a porção vertical e horizontal de um poço, com o objetivo de atingir a região de interesse.

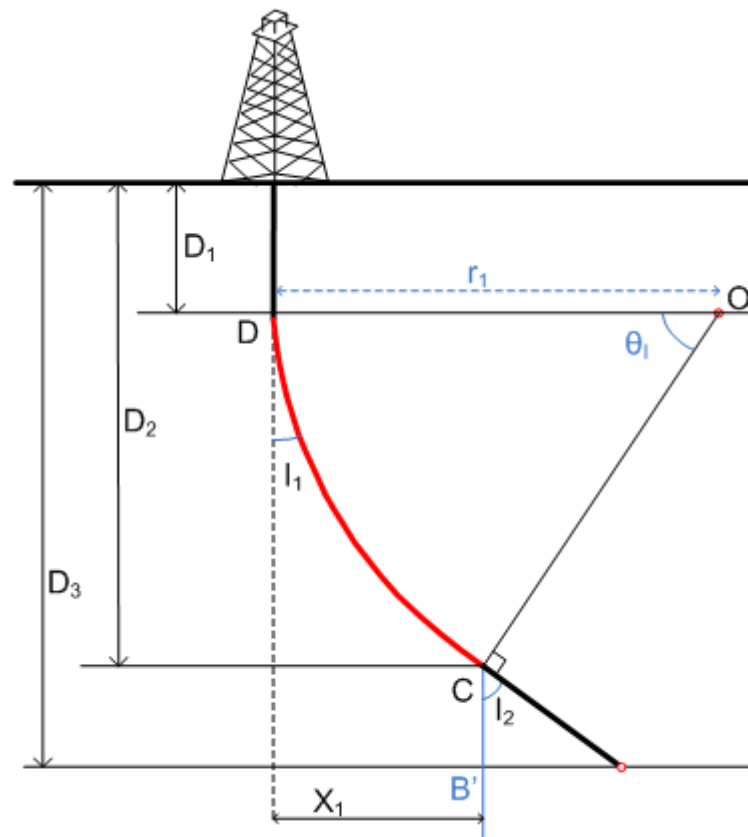
Figura 3 - Esboço da construção típica dos poços vertical e horizontal, com destaque ao *kick-off point* (croqui sem escala)



Fonte: Adaptado pelo autor a partir de Mair et al. (2012).

Em uma visão mais ampla, o local do ponto pode ser obtido através dos dados geológicos levantados, baseados em ferramentas de engenharia de perfuração, de forma a satisfazer uma série de restrições de perfuração (CLOUZEAU, et al., 1998). Mais particularmente, o planejamento da trajetória direcional, e conseqüentemente o KOP, necessitam de diversos cálculos de modo a percorrer a trajetória correta para a perfuração direcional (NOVRIANTI, et al., 2017). A inclinação de um poço é medida a partir de 0° na vertical e para cima a 90° (STROMHAUG, 2014), conforme Figura 4.

Figura 4 – Inclinação do eixo vertical



Fonte: (STROMHAUG, 2014).

Sugiura et al. (2013) relatam que em 2011 foi introduzida a tecnologia dos sistemas rotativos direcionais, que ganhou destaque entre os operadores, pois estes equipamentos foram projetados para perfurar verticalmente, perfurarem o *kick-off* com ângulos que variam de 8° a $12^\circ/30$ metros (aproximadamente) e perfurarem horizontalmente em uma operação única distâncias de até 1.800 m em reservatórios não convencionais. Estas características fazem com que o sistema reduza muito a interface existente entre homem e máquina, além de tecnicamente reduzir a tortuosidade do furo (SUGIURA, et al., 2013).

Considerando a coluna estratigráfica da Bacia do Paraná (Figura 2) e a variação litológica da Formação Irati, sugere-se que a determinação do *kick-off point* seja feita localmente.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No que diz respeito ao cenário energético, apesar dos muitos benefícios que o gás natural pode oferecer como elemento de transição para uma matriz energética mais limpa, o que os autores puderam constatar nesta pesquisa é que ainda existirão muitas barreiras a serem contornadas e/ou vencidas, pois cabe atentar, que baseado nas considerações até aqui desenvolvidas, uma transição de matriz de energética requer um longo período de estudos e desenvolvimento.

Tomando-se por base somente a formação geológica analisada neste artigo, sugere-se que sua variabilidade litológica requer análise local para definição do *kick-off point*.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos (Convênio FINEP 01.14.0215.00), que contribuiu para a elaboração dessa pesquisa no âmbito da Rede Gasbras.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, Breno; SCHNEIDER, Daniela; PEREIRA, Eduardo; DELGADO, Fernanda; ANDRADE, Isabella; SIMÕES, Juliana; LEMOS, Victor. **Perspectivas socioeconômicas para o Brasil**. In DELGADO, Fernanda; SANTOS, Edimilson dos. **O desenvolvimento da exploração de recursos não-convencionais no Brasil: novas óticas de desenvolvimento regional**. 2021.

BRITO, Ignacio Machado; BERTINI, Reinaldo José. **Estratigrafia da Bacia do Paraná: III**. O grupo passa dois. Anuário do Instituto de Geociências, v. 5, p. 56-81, 1981.

CLOUZEAU, F.; MICHEL, G.; NEFF, D.; RITCHIE, G.; HANSEN, R.; MC CANN, D.; PROUVOST, L. **Planning and drilling wells in the next millennium**. Oilfield Review, v. 10, n. 4, p. 1-13, 1998.

EIA – U.S. Energy Information Administration. **Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: An Assessment of 137 Shale Formations in 41 Countries Outside the United States**. 2013.

EIA – U.S. Energy Information Administration. **Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Brazil**. 2015.

_____.EPA – United States Environmental Protection Agency. **Scoping materials for initial design of EPA research study on potential relationships between hydraulic fracturing and drinking water resources**. Disponível em: <[http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/3B745430D624ED3B852576D400514B76/\\$Fi](http://yosemite.epa.gov/sab/sabproduct.nsf/0/3B745430D624ED3B852576D400514B76/$Fi)

le/Hydraulic+Frac+Scoping+Doc+for+SAB-3-22-10+Final.pdf>. Último acesso em 23 de maio de 2020. 2010.

_____.EPA – United States Environmental Protection Agency. **The Process of Unconventional Natural Gas Production**. Disponível em: <<https://www.epa.gov/uog/process-unconventional-natural-gas-production>>. Último acesso em 03 de maio de 2021.

GOLDEMBERG, José; LUCON, Oswaldo. **Energia e meio ambiente no Brasil**. Revista Estudos avançados, v. 21, n. 59, p. 7-20, 2007.

HACHIRO, Jorge. **Litotipos, associações faciológicas e sistemas deposicionais da Formação Irati no Estado de São Paulo**. Dissertação de Mestrado. Universidade de São Paulo. 1991.

HOLZ, M.; FRANÇA, A. B.; SOUZA, P. A.; IANNUZZI, R.; ROHN, R. **A stratigraphic chart of the Late Carboniferous/Permian succession of the eastern border of the Paraná Basin, Brazil**. South America. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, n. 2, p. 381-399, 2010.

MAIR, R; BICKLE, M; GOODMAN, D; KOPPELMAN, B; ROBERTS, J; SELLEY, R; SHIPTON, Z; THOMAS, H; WALKER, A; WOODS, E; YOUNGER, P.L. **Shale gas extraction in the UK: a review of hydraulic fracturing**. Royal Society and Royal Academy of Engineering, London. 76pp. 2012.

_____. Ministério da Infraestrutura. **Banco de Informações de Transportes - BIT**. Disponível em: <<https://antigo.infraestrutura.gov.br/component/content/article.html?id=5091>>. Último acesso em 04 de maio de 2021.

NOVRIANTI, Novrianti; MELISA, Rycha; ADRIAN, Rafhie. **Kick-Off Point (KOP) and End of Buildup (EOB) Data Analysis in Trajectory Design**. Journal of Geoscience, Engineering, Environment, and Technology, v. 2, n. 2, p. 133-136, 2017.

PETERS, K. E; XIA, X; POMERANTZ, A.E; MULLINS, O.C. **Geochemistry applied to evaluation of unconventional resources**. In: Unconventional oil and gas resources handbook. Gulf Professional Publishing. p. 71-126. 2016.

REATE 2020. **Comitê para Revitalização das Atividades de Exploração e Produção de Petróleo e Gás Natural em Áreas Terrestres. Relatório Subcomitê Potencial de Petróleo e Gás Onshore. Resumo Bibliográfico das Bacias Onshore**. 2020.

RICARDI-BRANCO, Fresia; DE CAIRES, Edgar Taveiros; SILVA, Adalene Moreira. **Campo de Estromatólitos Gigantes de Santa Rosa de Viterbo, SP**. 2009.

_____.SCHLUMBERGER. **Oilfield Glossary – Darcy**. Disponível em: <<https://www.glossary.oilfield.slb.com/Terms/d/darcy.aspx>>. Último acesso em 02 de maio de 2021. 2021.

_____.SCHLUMBERGER. **Oilfield Glossary – Shale**. Disponível em: <<https://www.glossary.oilfield.slb.com/en/terms/s/shale>>. Último acesso em 01 de maio de 2021. 2021.

SILVA, A. D.; LOPES, R. D. C.; VANSCONCELOS, A. M.; BAHIA, R.. **Bacias sedimentares paleozóicas e meso-cenozóicas interiores**. In BIZZI, Luiz Augusto;

SCHOBENHAUS, Carlos; VIDOTTI, Roberta Mary; GONÇALVES, João Henrique. **Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil. Texto, Mapas & SIG.** Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Ministério de Minas e Energia, p. 55-85, 2003.

STROMHAUG, Andreas Holm. **Directional Drilling-Advanced Trajectory Modelling. Dissertação de Mestrado.** Institutt for petroleumsteknologi og anvendt geofysikk. 2014.

SUGIURA, Junichi; BOWLER, Adam; HAWKINS, Richard; JONES, Steve; HOMBLOWER, Peter. **Downhole steering automation and new survey measurement method significantly improves high-dogleg rotary-steerable system performance.** In: SPE Annual Technical Conference and Exhibition. Society of Petroleum Engineers, 2013.

VIEIRA, Petronio Lerch; GARCIA, Celestino Boente; GUIMARÃES, Helvécio Borges; TORRES, Ednildo Andrade; PEREIRA, Osvaldo Livio Soliano. **Gás natural: benefícios ambientais no Estado da Bahia.** 2005.

ZALÁN, P.V.; WOLFF, S.; CONCEIÇÃO, J.C.J.; MARQUES, A.; ASTOLFI, M.A.M.; VIEIRA, I.S.; APPI, V.T.; ZANOTTO, O.A. **The Paraná Basin, Brazil.** In: DE RAJA GABAGLIA, G.P. & MILANI, E.J. (coords.). Origem e evolução de bacias sedimentares. PETROBRÁS, Rio de Janeiro, p.135-168. 1990.