

# CARACTERIZAÇÃO DE SOLEIRAS EM POÇOS PETROLÍFEROS A PARTIR DE ANÁLISES QUANTITATIVAS DE PERFIS GEOFÍSICOS

*Data de aceite: 02/06/2023*

**Deborah Andressa Simas Campos**  
Universidade Federal do Amazonas

**Joemes de Lima Simas**  
Universidade Federal do Amazonas

**ABSTRACT:** The well geophysical profiles are an important source of information for the qualitative and quantitative evaluation of formations associated with petroleum systems. In this project, geophysical profiles were used for the characterization of sills associated with petroleum systems through the study of four wells in the Amazon Basin and four in the Solimões Basin. The methodology is based on petrophysical investigation and quantitative analysis of geophysical profiles in oil wells. As a result, the identification and characterization of sills present in the rock formations are expected to be achieved.

**PALAVRAS-CHAVE:** Perfilagem; Análise Quantitativa; Avaliação de Formações

## 1. INTRODUÇÃO

A perfilagem de poços é uma ferramenta essencial para a indústria de

petróleo, com o avanço das ferramentas de perfilagem, a busca por petróleo em áreas cada vez mais difíceis foi ficando intensa e incessante, elevando assim os custos de operação (NERY, 2013).

A perfilagem de poços aplicados à exploração de petróleo permite obter informações significativas a respeito das formações atravessadas por esse poço, como Litologia (tipos de rocha), espessura dos intervalos do reservatório, porosidade, permeabilidade, saturação de fluidos presentes, entre outras (THOMAS, 2001). A análise de perfis geofísicos em poços de petróleo permite a avaliação qualitativa e quantitativa das Formações associadas aos sistemas petrolíferos, o mapeamento estrutural, a correlação entre poços, a caracterização do reservatório, a identificação sedimentológica, mineralógica e a petrofísica da rocha, além da identificação de fraturas e dos fluidos presentes (KEAREY, 2010).

Os perfis constituem-se na mais importante ferramenta exploratória de geólogos, engenheiros de petróleo e

reservatório, pelo fato de proporcionarem padrões para correlação entre poços vizinhos, confecção de mapas geológicos e definição da geometria dos corpos e ambientes de sedimentação (NERY, 2013). Na análise quantitativa, é possível realizar os cálculos numéricos com relação a saturações fluidas, volumes de hidrocarbonetos móveis, volumes de hidrocarbonetos residuais, espessuras das camadas, permeabilidades, porosidades, resistividades, velocidades sônicas, densidades das rochas, constantes elásticas das rochas, percentual de misturas litológicas, conteúdo radioativo, volume de argila das camadas, reservas de reservatório, cálculo da pressão de poros, medida do diâmetro e do volume dos poços, mergulho das camadas, determinação da inclinação e direção de Poços (NERY, 2013).

Dessa forma, a petrofísica, que é o estudo das propriedades físicas das rochas, corrobora com o processo de análise quantitativa pois seu processo de estudo evidencia as principais propriedades de armazenamento e transporte nas rochas reservatórias, como a porosidade e a permeabilidade.

## **2 . OBJETIVO GERAL**

Caracterizar soleiras em perfis geofísicos de poços petrolíferos a partir de análise quantitativa.

### **2.1 Objetivos específico**

- Pesquisar as bibliografias disponíveis sobre o tema;
- Coletar dados de perfis geofísicos de poços petrolíferos;
- Selecionar os perfis que serão utilizados

## **3 . METODOLOGIA**

O presente projeto é desenvolvido de acordo com as seguintes etapas: Na primeira etapa realizou-se as pesquisas bibliográficas em trabalhos científicos, artigos, teses, livros, especializadas disponíveis no Portal Periódicos da CAPES (Scifinder Scholar, Web of Science e Scopus). Os artigos e teses foram obtidos pelo próprio Portal Periódicos e do Google Acadêmico. Nesta etapa do projeto as pesquisas bibliográficas foram sobre o tema proposto, visando identificar metodologias para análise quantitativa e identificação de soleiras em perfis geofísicos.

Em seguida, na segunda etapa, foram feitas as coletas de dados dos perfis geofísicos, a fim de selecionar os mais adequados para análise quantitativa, utilizando oito poços de petróleo. A seleção dos poços levou em consideração os indícios de hidrocarbonetos, classificando-os conforme a presença de óleo ou gás, com base nas informações fornecidas pela ANP.

Após a obtenção dos poços, na terceira etapa está sendo realizada a coleta de dados quantitativos do perfil de Raio Gama em cada poço, para que nas etapas seguintes sejam interpretados e identificados as soleiras nos reservatórios com a ajuda de softwares.

Para a interpretação dos perfis geofísicos do poço, serão realizadas as seguintes Etapas:

Na quarta etapa será utilizada a versão acadêmica dos softwares Opendtect (dGB, 2020) e o Petrel para analisar os dados e delinear a zona de interesse: as soleiras.

Na quinta etapa, a avaliação da localização e espessura das soleiras, considerando que sua presença pode afetar a maturação dos hidrocarbonetos.

E por fim na sexta etapa, a partir da pesquisa conduzida, será possível determinar as posições e extensões onde as soleiras estão presentes, além de realizar a interpretação quantitativa para identificar suas profundidades correspondentes.

## **4 . RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Durante a revisão bibliográfica, foram obtidas informações sobre diversas técnicas de perfilagem geofísica, incluindo o raio gama, eletrorresistividade, caliper e sônico, entre outras.

Pontuar os critérios para cada técnica foi crucial nesta etapa inicial, pois essas definições são fundamentais para a seleção das técnicas de investigação adequadas para análise quantitativa. Além disso, na revisão bibliográfica, foram identificados os principais conceitos e metodologias utilizadas para a análise quantitativa em perfis geofísicos. Assim como os conceitos de rochas cristalinas e também sobre as soleira.

Na segunda etapa, foram selecionados e escolhidos quatro poços da Bacia do Amazonas e outros quatro da Bacia do Solimões conforme os indícios de hidrocarbonetos em seus reservatórios e da presença de rochas cristalinas.

Os poços escolhidos foram 1 UR 0001 AM, 1 BR 0001 PA e 3 ICA 0002 AM da Bacia do Amazonas, e os outros poços 1 MV-2 AM, 1 MV 1 AM, 4 RUC 0002 AM da Bacia do Solimões. Após a escolha dos poços, na terceira e atual etapa, foi escolhido o perfil de raio gama para a identificação do índice de radioatividade e argilosidade em todos os poços.

O perfil de raio gama é uma técnica de perfilagem geofísica utilizada para análises qualitativas e quantitativas, fornecendo informações sobre a quantidade de material radioativo nas rochas subterrâneas. Esses dados ajudam na identificação de diferentes tipos de formações geológicas e na localização de recursos naturais, como petróleo e gás.

De acordo com o Girão, para registrar uma curva de Raios Gama, são suficientes detectores como a Câmara de Ionização, o Geiger-Müller, o Cintilômetro ou o contador proporcional. Esses dispositivos são influenciados pela presença de raios gama ambientais após a sua eliminação, bem como pela presença do corpo metálico da sonda e das radiações alfa e beta. A ferramenta é instalada em uma sonda e depois é descida pelo poço, fazendo a detecção dos raios gama de baixo para cima.

São dois os tipos de ferramentas de raios gama, o convencional e o espectral. O convencional dá a soma dos elementos radioativos nas formações rochosas, enquanto que no espectral é detectável e possível distinguir quais elementos radioativos terá e também é possível obter a soma de todos estes. “Sabendo-se que o perfil de Raios Gama convencional reflete somente a proporção de folhelho ou argila de uma camada, pode-se utilizá-lo com um indicador do teor de folhelho ou da argilosidade (VsgGR) das rochas” (Girão,2013).

Para uma análise quantitativa, inicialmente é necessária uma análise qualitativa das formações rochosas. Para tal foi usado um quadro com as características das curvas do Raio Gama, onde as quais carregam informações sobre onde há radioatividade e argilosidade nas formações. A figura 1 abaixo mostra tais características das curvas .

**Figura 1** - Definições de ambientes sedimentares com o uso do perfil de raio gama (Adaptado de Glover, 2007)

Forma	Suave	Ambientes	Serrilhada	Ambientes
Cilíndrica Representa deposição uniforme		Dunas Eólicas, Areias de Maré, Canais Fluviais		Deltas Distributários, Canais Turbidíticos, Leques Proximais de Mar Profundo
Sino Granodecrescência ascendente		Areias de Maré, Areias Fluviais, Fluxos de Tranças, Canais Fluviais, Barras de Pontal		Areias Lacustres, Deltas Distributários, Canais Turbidíticos, Leques Proximais de Mar Profundo
Funil Granodecrescência descendente		Restingas, Praias, Brechas Oblíquas num dique		Barreira de Foz Distributários, Delta de Orla Marítima, Leques Distais de Mar Profundo

Fonte: GIRÃO, 2013

Depois de feita a análise qualitativa e entendida a qualidade da curva do raio gama, inicia-se a análise quantitativa. Para tal processo, primeiro será feita o traço da LBF (linha base do folhelho) o qual representa a média dos valores máximos de radioatividade dos folhelhos. De acordo com Girão “(2013)”, esse valor médio da LBF é adotado como GRmáximo (GRmax), enquanto o valor do arenito mais “limpo” será o GRmínimo (GRmin). Para o valor do GR, será utilizado o pico da curva do Raio gama no trecho escolhido. Tais passos devem ser adotados no trecho de estudo.

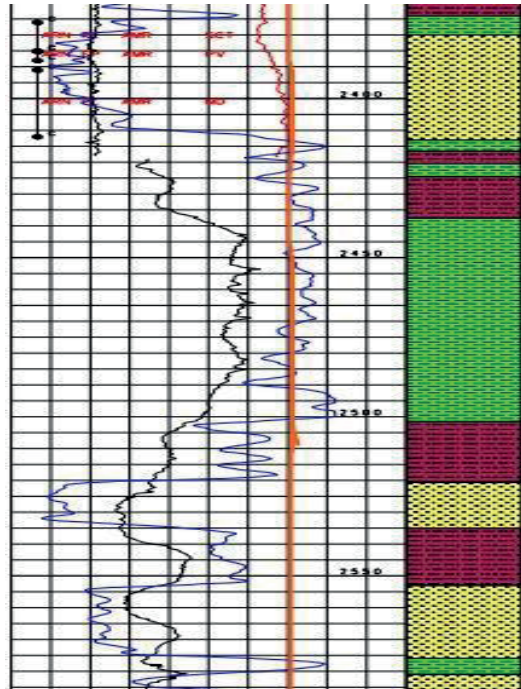
Logo após seguir os passos acima, os valores coletados deverão ser utilizados na equação para encontrar o índice de radioatividade (IGR) para depois encontrar propriamente dito a argilosidade da formação. Abaixo estão representadas as equações que serão utilizadas respectivamente pelo passo a passo.

$$VshGR = IGR / (3-2.IGR)$$

$$IGR = (GR - GRmin)/(GRmax - GRmin)$$

Primeiro vamos analisar de forma qualitativa e quantitativa o poço da Bacia do Amazonas, 1 UR 0001 AM, nas profundidades de 2374m a 2650m, dentro dessa profundidade foram analisados três trechos que são intercalações de folhelhos e arenitos. Assim como foi traçado a LBF (traço laranja na figura 4).

**Figura 2** - Reservatório do poço da Bacia do Amazonas



**Fonte:** ANP

Na profundidade 2374m a 2413, a interpretação do perfil GR indica que há um folhelho em cima de um arenito, pois a curva do raio gama demonstra valores de alta radioatividade no topo, onde se tem o folhelho, e decai no arenito se mantendo estável, isto se trata de baixa radioatividade, ou seja, um arenito limpo. Qualitativamente, a LBF possui 105 API, que será o GRmax, enquanto que o GRmin é de 15 API e o GR é de 60 API. Substituindo esses valores na equação do IGR (figura 2) teremos um índice de radioatividade de 0,5, ou seja, avaliando o percentual fica 500%. Agora que já temos o índice linear de radioatividade, vamos substituir esse valor na equação de Steiber (figura 3), que teremos um total de 0,25 de argilosidade.

Esse mesmo passo a passo foi feito nos demais trechos encontrados, o segundo trecho intercalando arenito em cima e folhelho embaixo nas profundidades entre 2380m a 2417m. A curva do raio gama indica um arenito limpo e um folhelho bem radioativo. O

calculado do IGR, produz um índice linear de radioatividade igual 116% enquanto que o valor da argilosidade é de 0,68.

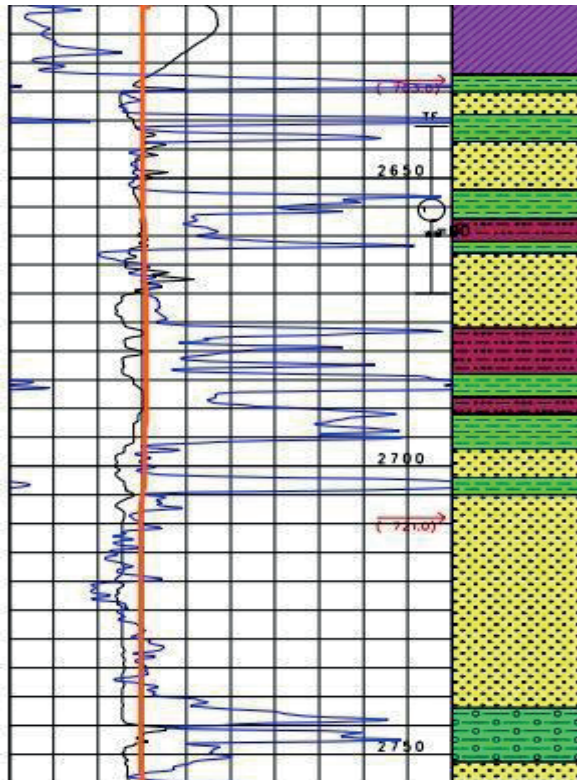
No terceiro e último trecho distinguível na profundidade de 2374m a 2650m no poço 1 UR0001 AM, da Bacia do Amazonas, temos um arenito e folhelho entre 2553m a 2586m. A curva do raio gama, novamente, mostra um arenito limpo enquanto que o pico da curva se dá no folhelho. Depois de substituir os valores encontrados na equação do IGR, obteve-se um índice linear de radioatividade igual 116%, e o valor da argilosidade é de 0,68. Igual ao trecho anterior.

O mesmo roteiro de análise, aplicado ao poço anterior, foi repetido no poço 1BR 0001 PA, também da Bacia do Amazonas. O foco de estudo foi na profundidade de 3015m a 3375m, onde há 5 trechos de arenito e folhelhos intercalados. Com a linha base do folhelho traçada em 45 API e o GRmin de 30 API, os valores são substituídos nas equações de IGR e na equação de índice de argilosidade. No primeiro trecho o IGR é de 200% , enquanto que o índice de argilosidade fica entre 2%. Já no segundo trecho, o índice de radioatividade é de 100% e o VshGR é de 1%. O terceiro trecho, com arenito e folhelho, tem o IGR igual a 700% e o VshGR com 0.636%. No quarto trecho, a curva de raio gama sofre um pico no folhelho, sendo assim o valor do IGR de 400% e o VshGR de 0.80%. No quinto e último trecho, têm-se um arenito intercalando com um folhelho, o valor do IGR é de 150%, enquanto o índice de argilosidade é nulo nesse trecho.

No terceiro poço, 3 ICA 0002 AM, teremos a linha base do folhelho em 60 API e o GR min com 30 API, na profundidade de 1600m a 1715m. Foram analisadas três sequências com arenitos e folhelhos intercalados entre si. Na primeira sequência, têm-se um folhelho e um arenito com picos do raio gama no folhelho com 150 API, O resultado do IGR é de 400% de radioatividade e a argilosidade de 0.80 %. No segundo trecho, já com um arenito e um folhelho, respectivamente, o IGR é de 100% enquanto o VshGR é de 1%. No terceiro e último trecho, têm-se folhelho em cima e um arenito embaixo com a curva do raio gama marcando 135 API, o índice de radioatividade ficou em 350% e o índice de argilosidade em 0.875%.

No segundo poço, 1 MV-2 AM, da Bacia do Solimões, foi escolhida a profundidade entre 2633m a 2767m. Dentro dessa área foram encontrados 4 trechos com a mesma intercalação do poço anterior, folhelhos e arenitos. Aqui também foi traçada uma LBF com valor médio dos valores máximos dos folhelhos de 45 API (GRmax) exemplificado na figura 5 logo abaixo.

**Figura 3 - Reservatório do poço da Bacia do Solimões**



**Fonte: ANP**

No trecho 1, têm-se folhelho em cima e arenito em baixo, as curvas do Raio Gama demonstram um pico altíssimo no folhelho, enquanto no arenito ele decai. Esse pico é de 150 API e será o GR na equação, o valor mínimo (GRmin) é de 25 API. Substituindo esses valores já equação do IGR, teremos um índice linear de radioatividade de 520% e o valor da argilosidade será de 0,70.

No trecho 2, também teremos a curva do raio gama indicando alta radioatividade nos folhelhos. O GR nesse trecho é de 150 API. Substituindo esses valores na equação do IGR, o índice linear também será de 520%, portanto o valor da argilosidade será de 0,70.

No trecho 3, os valores do índice de radioatividade mudam, pois o GR nesse trecho é 135 API. Mostrando que a radioatividade está toda no folhelho. Substituindo na equação do IGR tem-se um índice de radioatividade igual a 460%. Substituindo o valor que foi encontrado na equação de Stieber, a argilosidade será de 0,74%.

No último e 4º trecho temos um folhelho em cima e um arenito em baixo nas profundidades 2690m a 2763m. A curva do raio gama mostra alta radioatividade no folhelho enquanto no arenito a curva decai. O GR nesse trecho é igual a 135 API. Substituindo os valores nas equações, obteve-se o mesmo índice de radioatividade e o mesmo valor de argilosidade que foi encontrado no trecho anterior.

O poço 1 MV 1 AM, também da Bacia do Solimões, foi projeto de estudo com a mesma metodologia. A profundidade analisada foi de 2100m a 2373m, com 3 trechos com seqüências de arenito e folhelho. A linha base do folhelho foi traçada e o valor mínimo do raio gama encontrado, com 45 API e 15 API respectivamente. O primeiro trecho, têm-se arenito e folhelho, com a curva do raio gama marcando 150 API, indicando alto índice de radioatividade. Após substituir os valores na equação do IGR, obteve-se um valor de 450 % de radioatividade e 0.75% de argilosidade. No segundo trecho, obteve-se um índice de radioatividade de 400% e o de argilosidade com 0.8%. No terceiro e último trecho, com folhelho e arenito intercalados, o pico da curva do raio gama marca em 105 API. Substituindo os valores, têm-se o IGR de 300% e o índice de argilosidade de 1%.

No poço 4 RUC 0002 AM, têm-se 3 trechos avaliados. O valor da LBF é de 45 API e o valor mínimo da curva do raio gama é de 30 API, valores esses encontrados na profundidade de 2325m a 2650m. Na primeira seqüência de arenito e folhelhos, a curva do raio gama marca em 135 API, com os cálculos feitos, o IGR fica com 700% e o índice de radioatividade com 0.636%. No segundo trecho, após analisado e feitos os cálculos, o índice de radioatividade é de 200% e com 2% de argilosidade. No terceiro e último trecho, têm-se folhelho e arenito, com a curva do raio gama entrando em pico no folhelho com 120 API. Após a substituição de todos os valores nas equações, obteve-se um total de 600% de radioatividade e 0.66% de argilosidade.

## 5 . CONCLUSÕES

Até esta etapa, foram feitas as análises qualitativas e quantitativas em 6 (seis) poços. Logo, relacionando os dados e valores encontrados nos quais pode-se observar um alto índice de radioatividade em alguns trechos e um baixo teor de argilosidade. Quando se tem um IGR alto o valor da argilosidade será alto e vice-versa. Para a conclusão do projeto e identificação de soleiras nos poços ainda serão analisados mais quatro poços nas bacias sedimentares do Amazonas e Solimões.

## 6 . REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aminzadeh, F.; Dasgupta, S. (2015). Geofísica para engenheiros de petróleo. Rio de Janeiro: Elsevier.

Amui, S. (2010). Petróleo e gás natural para executivos: exploração de áreas, perfuração e completção de poços e produção de hidrocarbonetos. Rio de Janeiro: Interciência.

Kearey, P.; Brooks, M.; & Hill, I. (2009). Geofísica de Exploração. São Paulo: Oficina de textos.

Melani, L. H. Caracterização Petrofísica de Reservatório Carbonático. Dissertação de Mestrado. Universidade Estadual De Campinas, 2015.



Nery, G.G. 2013. Perfilagem Geofísica em poço Aberto – Fundamentos básicos com ênfase em petróleo. Rio de Janeiro, SBGf. 222p.

Rocha, C. E. D., & De Azevedo, A. E. 2009. Análise petrofísica e identificação de hidrocarbonetos em reservatórios de carbonatos. In Conferência de Engenharia de Petróleo da América Latina e do Caribe da SPE. Sociedade de Engenheiros de Petróleo.

Scardini, D. C., Damasceno, E. A., & Maximiano, F. A. 2013. Integração de dados de perfilagem, testemunho e produção para caracterização de reservatórios de carbonatos. In: Conferência de Engenharia de Petróleo da América Latina e do Caribe da SPE. Sociedade de Engenheiros de Petróleo.

Telford, W.M.; Geldart, L. P.; & Sheriff, R. E. (1990). Applied Geophysics. 2ed. New York: Cambridge University Press. THOMAS, J. E. Fundamentos de Engenharia de petróleo. 1ª edição. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

## **7. AGRADECIMENTOS**

Ao PROGRAMA INSTITUCIONAL DE BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA (PIBIC)/PROPEP/UFAM, especialmente a UFAM pela concessão da bolsa de Iniciação Científica e a Professora Doutora Joemes de Lima Simas que coordena o Laboratório de Petrofísica do curso de Engenharia de Petróleo onde a pesquisa foi realizada sob sua orientação.