

CORRELAÇÃO DE POÇOS ONSHORE A PARTIR DA INTERPRETAÇÃO DE PERFIS ELÉTRICOS

Débora Barbosa da Costa¹

Gustavo Belo da Silva Barbosa²

Túlio Quirino de Melo³

Vanessa Limeira Azevedo Gomes⁴

Engenharia de Petróleo



ISSN IMPRESSO 1980-1777

ISSN ELETRÔNICO 2316-3135

RESUMO

A perfilagem geofísica de poços consiste na medida de propriedades por métodos indiretos, a poço aberto e a poço revestido, durante e/ou após a perfuração. Durante a operação de perfilagem ocorre o registro contínuo, em escala adequada, de parâmetros físicos (resistivos, acústicos e radioativos) ao longo do poço, em relação à profundidade. A partir da interpretação das curvas dos perfis de poços e de dados obtidos durante a prospecção é possível correlacionar os poços de um campo petrolífero. A correlação de poços é aplicável no processo de desenvolvimento do campo, como por exemplo, no projeto de injeção de água para definir onde a água deverá entrar na estrutura em ou abaixo do contato óleo-água, por exemplo. Assim, este trabalho teve como proposta realizar a correlação de três poços *onshore*, denominados 7-DGTV-08-AL, 7-DGTV-26-AL, 7-DGTV-15-AL, perfurados na bacia de Alagoas. Para isso, as curvas dos perfis desses poços foram interpretadas, considerando os perfis raios gama (RG), potencial espontâneo (SP), densidade (RHOB), neutrão (NPHI) e resistividade (RES) para identificação da zona de interesse, com a presença de hidrocarbonetos. A partir dessas informações, foi feita a correlação desses três poços e a completação, com a descida dos revestimentos, da coluna de produção e identificação dos canhoneados, utilizando o *software LogView++*. Como resultados, pode-se observar sete zonas formadas por arenito, arenito feldspático, folhelho e argilominerais, com presença de arenito e óleo nas zonas 5 e 7 para o 7-DGTV 08-AL e na zona 4 foi observada a presença de arenito com óleo para os poços 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL. Por fim, a etapa da completação foi elaborada com a realização do canhoneio nas zonas produtoras.

PALAVRAS-CHAVE

Perfilagem Geofísica. Correlação de Poços. Completação.

ABSTRACT

Geophysical logging well consists of measuring properties by indirect methods, open and casing hole, during and / or after drilling. During the logging operation, continuous recording, on an appropriate scale, of physical parameters (resistive, acoustic and radioactive) occurs along the well, in relation to the depth. From the interpretation of the well logging curves and data obtained during mud logging it is possible to correlate the wells of an oil field. The correlation of wells is applied in the field development process, for example, in the water injection project to define where water should enter the structure at or below the oil-water contact, for example. Thus, this work proposed to perform the correlation of three onshore wells, called 7-DGTV-08-AL, 7-DGTV-26-AL, 7-DGTV-15-AL, drilled in the Alagoas basin. For this, the curves of the profiles of these wells were interpreted considering the gamma rays curves (RG), spontaneous potential (SP), density (RHOB), neutron (NPHI) and resistivity (RES) to identify the zone of interest, with the presence of hydrocarbons. From this information, these three wells were correlated and completed, with the running of the casings, the production column and identification of the perforation, using the LogView ++ software. As a result, one can observe seven zones formed by sandstone, feldspar sandstone, shale and clay minerals, with the presence of sandstone and oil in zones 5 and 7 for 7-DGTV 08-AL and in zone 4 the presence of sandstone was observed with oil for wells 7-DGTV-26-AL and 7-DGTV-15-AL. Finally, the stage of completion was elaborated with the realization of perforation in the producing areas.

KEYWORDS

Geophysical logging. Well correlation. Completion..

1 INTRODUÇÃO

A avaliação de reservatórios de petróleo trata-se de análises qualitativas e quantitativas do reservatório, por meio de informações sísmicas e correlações poço a poço. Assim, pode-se avaliar o volume das reservas e determinar fluidos presentes e a capacidade de produção. A avaliação das formações baseia-se principalmente na perfilagem, teste de formação nos testes de pressão e na perfilagem de produção (JORNADA, 2008).

A perfilagem de poços é de extrema importância para que se possa interpretar os dados a fim de obter resultados que indiquem ou não o prosseguimento da etapa

de exploração de um poço de petróleo. De acordo com Souza (2013), por meio da sísmica é possível identificar estruturas geológicas com capacidade para armazenar hidrocarbonetos, porém somente após a perfuração de um poço que se pode constatar ou não a existência de um reservatório de petróleo. Entretanto, a confirmação do volume de hidrocarbonetos não é suficiente para determinar a economicidade da produção, faz-se necessário a identificação das propriedades das rochas e dos fluidos e da produtividade da formação (SOUZA, 2013).

Dessa forma, a perfilagem é realizada durante ou após a perfuração e tem como objetivo gerar uma imagem, chamada de perfil. Os perfis são obtidos a partir da leitura de dados feitos pelas ferramentas que são descidas nos poços, sendo assim é possível definir as verdadeiras propriedades da formação. Após a análise do que foi registrado, é possível identificar os diversos tipos litológicos que foram perfurados e enfim confirmar a existência de hidrocarbonetos (SOUZA, 2014).

Após realizada a perfilagem e sua interpretação, é necessário fazer uma correlação entre os poços para assim visualizar e determinar a continuidade lateral das rochas, ou a equivalência espacial entre diversas unidades litológicas em subsuperfície. A correlação pode ser realizada com base na identificação de elementos fósseis; posição relativa na sequência sedimentar; textura; relações faciológicas e perfis geofísicos de poço. Na correlação realizada a partir dos perfis, as formações são descritas basicamente por meio de suas propriedades físicas, petrofísicas e da sequência estratigráfica (AMARAL, 2001).

Neste contexto, este artigo tem grande relevância no sentido de frisar a importância do estudo referente a perfilagem associada a correlação dos poços *onshore*. Para isso, os dados de perfis elétricos de três poços foram analisados e interpretados, definidos os intervalos da litologia, realizada as completações dos poços e, por fim, a correlação dos poços.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PERFIS DE POÇOS

Após cada fase da perfuração é necessário caracterizar as rochas que estão sendo perfuradas e identificar aquelas com potencial para armazenamento de hidrocarbonetos. Essa fase de caracterização das rochas e identificação de fluidos é chamada de avaliação da formação, realizada por meio de testes de formação e perfilagem de poços. A perfilagem é a etapa do processo de avaliação que fornece propriedades das rochas e dos fluidos, litologia e diâmetro do poço de acordo com a profundidade.

O processo para obtenção de dados ocorre a partir da descida de ferramentas no poço, seguida da transferência das informações por meio do cabo de perfilagem, e aquisição dos dados na unidade de superfície. A relação gráfica resultante desse processo é chamada de perfil. Os tipos de perfis que serão gerados variam de acordo com a propriedade da rocha avaliada, seja ela elétrica (resistividade elétrica, potencial

eletroquímico natural), acústica (tempo de trânsito das ondas sonoras) ou radioativa (radioatividade natural e induzida) (ROCHA; AZEVEDO, 2009).

Os perfis elétricos do tipo raios gama (RG), potencial espontâneo (SP), neutrão (NPHI), densidade (RHOB) e resistividade (ILD) serão interpretados nesse artigo.

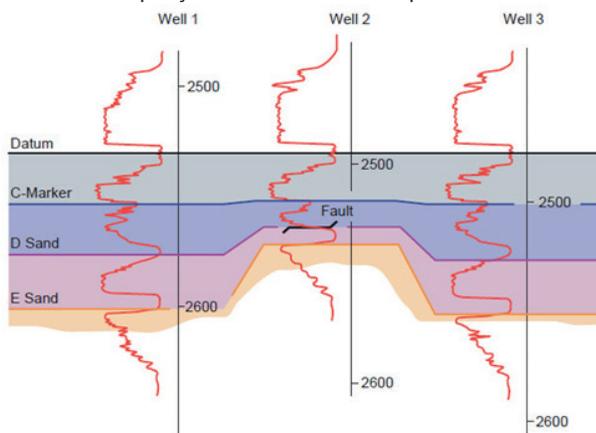
2.2 CORRELAÇÃO DE POÇOS

A correlação de poços é usada para estabelecer e visualizar a extensão lateral e as variações de parâmetros de reservatórios. Ao efetuar uma correlação, subdividindo-se a sequência de objetivos em unidades litológicas e a seguir os seus equivalentes genéricos, lateralmente por meio da área de interesse. Os parâmetros de reservatório como N/G, porosidade, permeabilidade são grande medida, controlados pela geologia do reservatório, em particular pelo ambiente deposicional. Assim, por correlação, pode-se estabelecer tendências laterais e verticais desses parâmetros por toda a estrutura. Isto habilitará a calcular volumes de hidrocarbonetos em diferentes partes de um campo, prever taxas de produção e otimizar a locação para poços de avaliação e de desenvolvimento (JAHN *et al.*, 2012).

Para começar o processo de correlação, considera-se o conjunto de registros e é selecionado o plano de datum, ou seja, um marcador que pode ser rastreado por meio de todos os pontos de dados.

O plano de datum seria um folhelho contínuo porque podemos supor que representa uma "superfície de inundação" presente em uma ampla área. Uma vez que folhelhos são depósitos de baixa energia, podemos também supor que foram depositados mais horizontalmente, cobrindo os sedimentos subjacentes, "criando", assim, um plano verdadeiro de datum. Em seguida, alinhamos todos os registros no plano de datum, que agora se torna uma linha reta horizontal. Nesse caso, ignora-se todos os movimentos estruturais aos quais a sequência foi exposta (JAHN *et al.*, 2012). A Figura 1 exemplifica a correlação de três poços a partir da escolha do plano de datum.

Figura 1 – Correlação de três poços mostrando o plano de datum



Fonte: Jahn e outros autores (2008).

Segundo descrito em Jahn e outros autores (2012), podemos agora correlacionar todos os “eventos” abaixo ou acima do plano de datum, comparando as respostas do registro. Em muitas ocasiões, correlações são ambíguas. Onde duas ou mais opções de correlação parecem possíveis, o problema pode ser resolvido pela verificação se uma interpretação é coerente com o modelo geológico e, adiante, validando com outros dados. Poderiam ser, por exemplo, dados de pressão que indicarão se arenitos em poços diferentes se comunicam ou não. Nos casos em que a correlação é difícil de ser estabelecida, um zoneamento paleontológico pormenorizado pode ser útil.

3 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consistiu na interpretação das curvas dos perfis elétricos do tipo raios gama (RG), potencial espontâneo (SP), densidade (RHOB), neutrão (NPHI) e resistividade (RES) para identificação da zona produtora, realização da correlação dos três poços onshore e, por fim, fazer a completação. Para isso, o software *LogView++* foi utilizado.

3.1 DESCRIÇÃO DOS POÇOS

Para realizar a análise e interpretação dos perfis foram utilizados dados de três poços denominados 7-DGTV-08-AL, 7-DGTV-26-AL, 7-DGTV-15-AL. A numeração 7 representa um poço em desenvolvimento, onde eles encontram-se na bacia do estado de Alagoas. Os dados dos perfis elétricos obtidos estão no formato LAS.

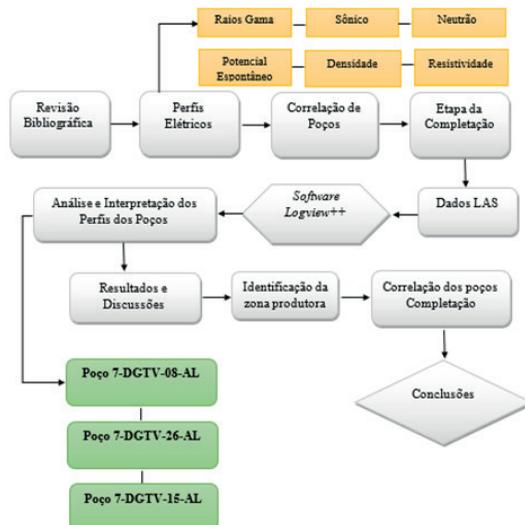
3.2 SOFTWARE LOGVIEW++

O *Logview++* é um aplicativo avançado que permite que o engenheiro, geólogo e petrofísico gerenciem rapidamente arquivos de dados de *log* de poço. Ele permite que o usuário edite o arquivo de registro, analise os dados, usando a calculadora avançada, plote o registro como um único gráfico de poço e realize a plotagem transversal, a fim de comparar cada um dos dados de registro do poço etc. O *software* utiliza uma interface gráfica moderna (FIRAGIEL, 2016).

Dentro de todos os recursos do *software*, podemos destacar alguns de grande importância para este trabalho, como o editor de *log* que mostra os dados numéricos do arquivo *Log ASCII Standard* (LAS) em uma tabela compacta. Nessa etapa, foi possível editar a coluna de dados do LAS para a obtenção das curvas dos perfis elétricos. Após interpretação dos perfis RG, DT, RHOB, NPHI e RES, o grupo fez a identificação das litologias, sendo adicionadas no *software* a partir de cada intervalo de profundidade dos poços. Na plotagem de *log* único e de seção transversal, foi possível analisar dados específicos dos poços e ajudar a entender as correlações por meio dos gráficos.

A etapa de correlação dos dados de mais de um poço faz parte ainda das funcionalidades do *software*, sendo possível o *upload* de dados de vários reservatórios para realizar a localização e a correlação (FIRAGIEL, 2016). A correlação dos dados de diferentes reservatórios permitiu analisar as regiões de hidrocarbonetos, sendo visualizada a região. E, por fim, foi feita a completação dos poços. A Figura 2 apresenta o esquema para o desenvolvimento do trabalho.

Figura 2 – Esquema com as etapas do trabalho sobre correlação de poços onshore



Fonte: Dados dos Autores (2020).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 POÇO 7-DGTV-08-AL

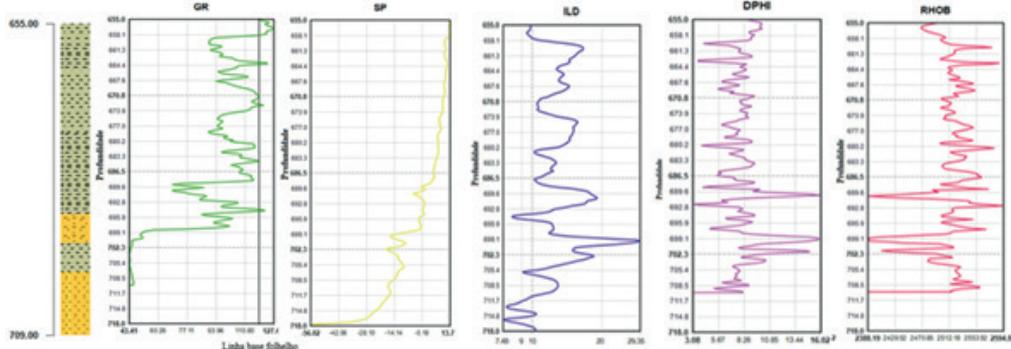
A partir da análise da curva do perfil RG foi possível determinar a litologia do poço 7-DGTV-08-AL. Nos intervalos entre 655 m a 658 m, 663 m a 665 m, 668 m a 674 m, 683 m a 688 m e 693 m a 695 m, o perfil mostra valores elevados da curva RG, caracterizando zonas com presença de folhelho. A linha contínua preta na curva do perfil RG representa a linha base folhelho (LBF). Os valores moderados da radioatividade desse estão evidenciados entre 659 m a 663 m, 665 m a 668 m e 674 a 683 m, caracterizando o grupo dos argilominerais.

Os argilominerais são minerais constituídos por silicatos hidratados de alumínio e ferro, podendo conter elementos alcalinos (sódio e potássio) e alcalinos terrosos (cálcio, magnésio). Nesses intervalos, será importante a análise em conjunto com os demais perfis. Já nos intervalos entre 688 a 693 m e 695 a 709 m observa-se a presença de arenito feldspato e arenito limpo, respectivamente, ver Figura 3 *Gamma Ray* (GR).

Também na Figura 3 SP, analisando o perfil SP, nos intervalos de 655 m a 686 m, não houve deflexão na curva, por ser uma zona impermeável, ou seja, confirmando

a litologia do tipo folhelho. De 688 m a 697 m teve leve deflexão para esquerda, sendo assim, a resistividade do filtrado é maior que a resistividade da água ($R_w < R_{mf}$). Assim como no intervalo entre 698 m a 718 m houve um aumento na deflexão da curva para esquerda, sendo assim ($R_w \ll R_{mf}$), presença de água salgada na formação.

Figura 3 – Perfis GR, SP, ILD, DPFI e RHOB do poço 7-DGTV-08-AL



Fonte: Dados dos Autores (2020).

Os perfis DPFI e RHOB, Figura 3, são interpretados em conjunto para identificar zonas de *crossover*, que são intervalos que se cruzam, informando regiões permoporosas com indícios de hidrocarbonetos leves. Desta forma, nos intervalos entre 688 m a 693 m e entre 698 m a 704 m, aproximadamente, observa-se valores baixos do perfil RHOB, indicando porosidade alta, ou seja, presença de região permoporosa (arenito). Associando esses intervalos ao perfil NPHI, Figura 3, observam-se valores altos dessa curva, indicando porosidade alta com presença de hidrocarbonetos.

No perfil de resistividade, curva ILD, nos intervalos entre 673 m e 680 m tem valor de resistividade de 3,4 ohm-m, que indica água salgada. E, nos intervalos entre 688 m a 693 m e 698 m a 704 m são observados valores de resistividade de 20 ohm-m e 29 ohm-m, respectivamente, indicando a presença de arenito com óleo (ELLIS; SINGER, 2008).

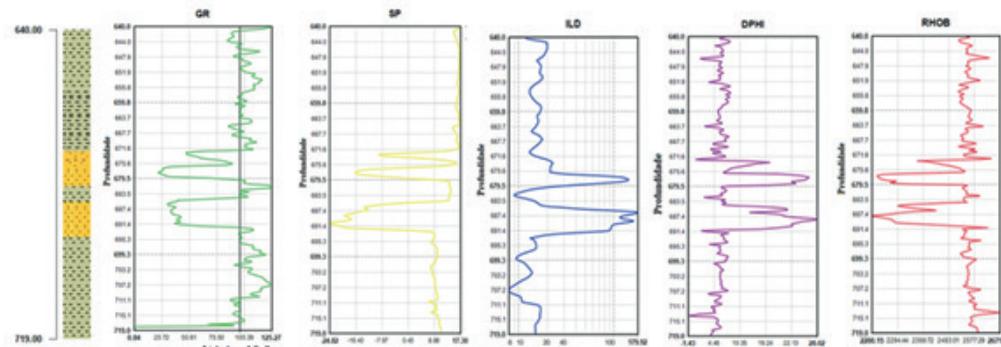
4.2 POÇO 7-DGTV-26-AL

O poço 7-DGTV-26-AL apresenta folhelho, argilominerais, arenito feldspato e arenito no intervalo analisado entre 641 a 719 m. Observa-se presença de arenito nos intervalos de 675 a 680 m e 684 a 693 m, devido aos baixos valores do perfil RG, iguais a 24 e 26 GAPI, respectivamente, conforme Figura 4 GR. Entre 640 m a 671 m, no perfil SP da Figura 4, não houve deflexão da curva, indicando presença de folhelho. E, entre os intervalos entre 672 m a 679 m e 686 m a 691 m houve deflexões da curva para a esquerda, ou seja, indicando interação entre o filtrado e a água de formação, região permoporosa.

Além disso, associando os intervalos com as formações permoporosas identificadas nos perfis RG e SP, 671 m a 675 m, 675 m a 680 m e 684 m a 693 m, aos perfis NPHI e RHOB, Figura 4, observam-se valores baixos do perfil RHOB, indicando poro-

tidade alta e no perfil NPHI tem-se valores altos da curva, indicando porosidade alta com presença de hidrocarbonetos. No perfil de resistividade, curva ILD, observam-se valores altos da resistividade, aproximadamente 179 ohm-m, indicando a presença de hidrocarbonetos leves.

Figura 4 – Perfis GR, SP, ILD, DPHI e RHOB do poço 7-DGTV-26-AL

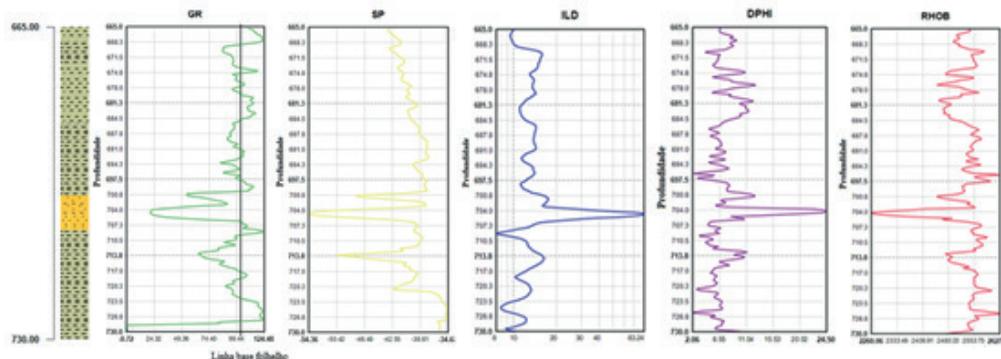


Fonte: Dados dos Autores (2020).

4.3 POÇO 7-DGTV-15-AL

No terceiro poço estudado, denominado 7-DGTV-15-AL, também foram identificadas as litologias folhelho (665 a 668 m e 673 a 685 m), argilominerais (668 a 673 m, 685 a 700 m e 707 a 730 m), arenito feldspato (700 m a 704 m) e arenito (704 a 707 m), conforme interpretação da Figura 5. No perfil SP, identificou-se nos intervalos 700 m a 702 m, 704 m a 707 m e 712 m a 720 m, uma maior deflexão da curva para a esquerda ($R_w < R_{mf}$), indicando uma região permoporosa, ver Figura 5.

Figura 5 – Perfis GR, SP, ILD, DPHI e RHOB do poço 7-DGTV-15-AL



Fonte: Dados dos Autores (2020).

Na Figura 5, observa-se baixos valores do perfil RHOB, no intervalo entre 704 m a 707 m, indicando valores altos de porosidade e presença de arenito. No perfil DPHI,

observa-se valores altos, indicando porosidade alta. E, por fim, no intervalo entre 704 m a 707 m, tem alta resistividade com valor de 83 ohm-m, indicando a presença de óleo.

A partir da interpretação dos perfis elétricos foi iniciada a correlação dos poços 7-DGVT-08-AL, 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL.

4.4 CORRELAÇÃO DOS 3 POÇOS

Nos poços analisados, a correlação foi feita utilizando os perfis elétricos RG, SP, ILD, RHOB e NPHI. A correlação dos poços 7-DGVT-08-AL, 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL foi iniciada com a escolha do plano do datum, com a litologia do folhelho, comum a todos os poços. As zonas 1, 2 e 3 são caracterizadas pela presença de folhelho. As zonas 5 e 7 são caracterizadas pela presença de arenito com indícios de hidrocarbonetos na zona 7, para o poço 7-DGVT-08-AL. Já a zona 6 mostrou correlação entre os poços 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL, com arenito e presença de óleo. A zona 4 para o poço 7-DGTV-26-AL também apresenta uma zona produtora.

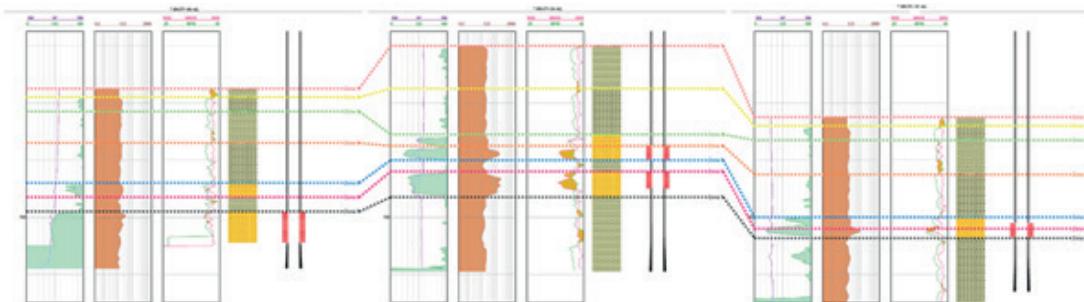
A Tabela 1 apresenta a profundidade das zonas dos três poços estudados, dada em metros e a Figura 6, os poços correlacionados.

Tabela 1 – Correlação das zonas dos poços 7-DGVT-08-AL, 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL

REGIÃO	7-DGTV-08-AL	7-DGTV-26-AL	7-DGTV-15-AL
Zona 1	655	640	665
Zona 2	658	655	668
Zona 3	663	671	673
Zona 4	674	675 a 680	685
Zona 5	688 a 693	680	700
Zona 6	693	684 a 693	704 a 707
Zona 7	698 a 709	693	707.3

Fonte: Dados dos Autores (2020).

Figura 6 – Correlação dos poços 7-DGTV-08-AL, 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL

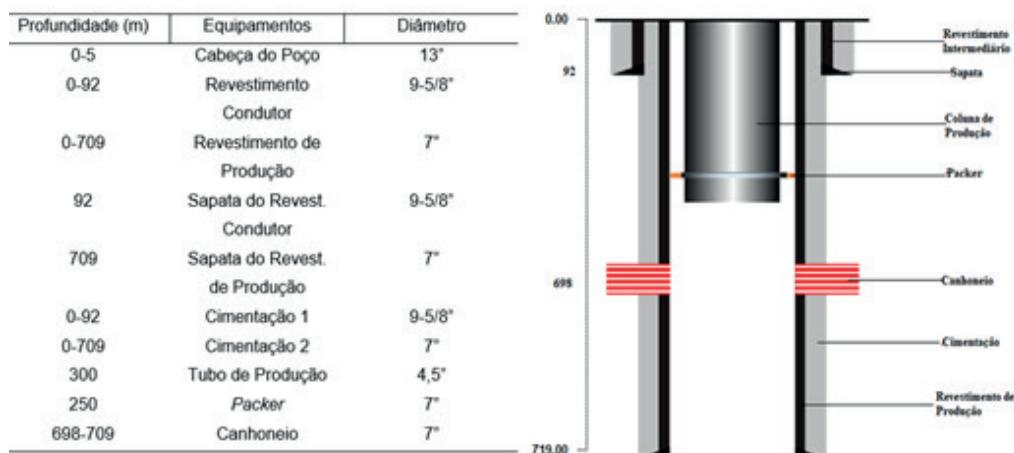


Fonte: Dados dos Autores (2020).

4.5 PROGRAMA DE COMPLETAÇÃO 3 POÇOS

A partir dos resultados dos perfis e da correlação dos poços, foi elaborado o esquema da completação. A zona 7 do poço 7-DGTV-08-AL, no intervalo entre 698 m a 709 m, com arenito e óleo, foi canhoneada. O poço 7-DGTV-26-AL apresentou dois intervalos de interesse, 675 m a 680 m e 684 m a 690 m e o poço 7-DGTV-15-AL, apresentou apenas um intervalo com indícios de óleo. A partir dessas observações pode-se confirmar a escolha do projeto de completação para esses poços. O esquema do poço 7-DGTV-08-AL e a especificação dos equipamentos estão apresentados na Figura 7. Os demais poços apresentam o mesmo esquema de completação, mudando o intervalo de profundidade, de acordo com as zonas especificadas anteriormente.

Figura 7 – Descrição dos equipamentos e esquema da completação do poço 7-DGTV-08-AL



Fonte: Dados dos Autores (2020).

5 CONCLUSÕES

De acordo com a interpretação conjunta dos perfis raios gama (RG), potencial espontâneo (SP), densidade (RHOB), neutrão (NPHI) e resistividade (RES), verificou-se que nos perfis dos poços 7-DGVT-08-AL, 7-DGTV-26-AL e 7-DGTV-15-AL foram obtidas zonas com presença de folhelho, argilominerais, arenito feldspato e arenito.

Por meio dessas interpretações foi possível realizar a correlação dos três poços analisados, na qual foram identificadas 7 zonas, sendo que nos intervalos entre 698 a 709 m do poço 7-DGVT-08-AL, 684 a 693 m do poço 7-DGTV-26-AL e 704 a 707 m poço 7-DGTV-15-AL, indícios de hidrocarbonetos.

A efetividade do projeto de completação foi justificado decorrente a interpretação dos perfis que aponta as regiões de arenito com presença de hidrocarbonetos, onde foi possível fazer os canhoneados de frente a formação de interesse.

REFERÊNCIAS

- AMARAL, M. S. **Correlação de poços com múltiplos perfis através da rede neural multicamadas**. 2001. 34 f. Dissertação (Mestrado) – Pós-Graduação em Geofísica, Centro de Geociências, Universidade Federal do Pará, Belém, 2001.
- ELLIS, D. V.; SINGER, J. M. **Well Logging for Earth Scientists**. Second Edition. 2008.
- FIRAGIEL, 2016. Disponível em: <https://firagiel.com/web/technical-software/logview/>. Acesso em: 4 abr. 2020.
- JAHN, F. *et al.* (2008). **Hydrocarbon Exploration and Production**. 2ND Edition. Editora Elsevier, 2008.
- JAHN, F.; COOK, M.; GRAHAM, M.; FERREIRA, D. **Introdução à Exploração e Produção de Hidrocarbonetos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2012.
- JORNADA, A.C. L. D. **Interpretação de perfis elétricos na caracterização dos reservatórios de Camisea, Peru**. 2008. Dissertação (Mestrado em Geociências) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2008. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/13709>. Acesso em: 6 mar. 2020.
- ROCHA, L. A. S.; AZEVEDO, C. T. **Projetos de poços de petróleo: geopressões e assentamentos de coluna de revestimento**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 2009.
- SOUZA, L. P. **Teoria e interpretação da perfilagem de indução triaxial**. 2013. Monografia. Universidade Federal Fluminense, 2013. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/bitstream/1/963/1/Leandro%20Puglia%20Souza.pdf>. Acesso em: 6 mar. 2020.
- SOUZA, C. O. **Análise de correlação litológica a partir de dados de perfis de poços convencionais do Campo de Namorado usando software comercial**. Monografia - Universidade Federal Fluminense, 2014. Disponível em: <https://app.uff.br/riuff/handle/1/509>. Acesso em: 6 mar. 2020.

Data do recebimento: 22 de julho de 2020

Data da avaliação: 12 de setembro de 2020

Data de aceite: 12 de setembro de 2020

1 Egresso do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: deboracostab@hotmail.com

2 Egresso do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: guga17al@hotmail.com

3 Egresso do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: tuliomelo123@hotmail.com

4 Professora do Curso de Engenharia de Petróleo do Centro Universitário Tiradentes – UNIT/AL.

E-mail: vanessa.limeira@gmail.com