

Modelagem matemática da densidade de poços alagoanos utilizando redes neurais artificiais

Tatiana G. D. Da Silva (1); Everton Lourenço (2); Alberto Wisniewski (2); Marcio A. Sampaio Pinto's (4); Dheiver Santos (1);

¹Departamento de Engenharia de Petróleo. Centro Universitário Tiradentes – UNIT

²Departamento de Engenharia de Petróleo. Universidade Tiradentes – UNIT

³Departamento de Engenharia de Petróleo. Universidade Federal de Sergipe-UFS

⁴Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo. Universidade de São Paulo – USP

E-mail: tatiana.doria@outlook.com

Resumo: A densidade é uma característica físico-química que é comumente aplicada para analisar a qualidade do petróleo e é fundamental para o dimensionamento e aplicação de equipamentos, que torna os processos mais eficazes. A mesma é empregada durante a produção e o refinamento do petróleo para verificar as propriedades do óleo a ser explorado. Portanto, neste trabalho foi analisado amostras de óleos da Bacia Sergipe-Alagoas, dos campos de Pilar e Tabuleiro do Martins, através da caracterização da densidade e do treinamento e predição através de Rede Neural Artificial. A pesquisa demonstrou que os dados obtidos da densidade dos óleos da Bacia Sergipe-Alagoas se mostraram no enquadramento de óleo leve e que a partir da análise efetuada na RNA os dados da saída desejada são muito próximos à da saída da rede. Logo, a caracterização da densidade se torna fundamental em diversos processos industriais em que haja transferência de fluidos de um local para outro, além de ser indispensável o estudo para encontrar técnicas úteis para um escoamento eficaz do óleo bruto.

Palavras-chave: Propriedade Físico-química, Óleo Alagoano, Rede Neural Artificial.

INTRODUÇÃO

O petróleo é composto predominantemente por hidrocarbonetos, entretanto o mesmo também apresenta em sua estrutura outros componentes, a exemplo do enxofre, nitrogênio etc. O petróleo se desenvolve em reservatórios subterrâneos que apresentam diferentes profundidades e variam de cor, odor e propriedades de fluxo que refletem a diversidade da sua origem. Uma dessas propriedades é a densidade do óleo cru, que é obtida através de análises físico-químicas, e que ajuda na compreensão dos processos referidos ao óleo. Ademais, essa propriedade indica a função e desempenho do produto em serviço (SPEIGHT, 2001).

A densidade é uma das propriedades físicas mais significativas para classificar e caracterizar o óleo cru, o qual é usado juntamente com o grau API que serve para estabelecer padrões para produção, refinamento e distribuição de produtos petrolíferos, pois o mesmo indica possíveis

mudanças que possam ocorrer na composição do óleo. O grau API é calculado através da densidade relativa, onde a mesma pode ser obtida através da razão entre a densidade absoluta do petróleo em relação a água a uma temperatura de 60°F (FILGUEIRAS et al., 2014). O óleo cru pode ser classificado em óleo menos denso (óleo leve) – que é preferível ao óleo mais denso, pois contém constituintes de baixo ponto de ebulição e moléculas cerosas – e óleo mais denso (óleo pesado), que compõe-se de compostos com maiores pontos de ebulição (PETROLEUM.co.UK, 2015).

Portanto, esse trabalho visa demonstrar o método de análises físico-químicas para obtenção da densidade de óleos Alagoanos da Bacia Sergipe-Alagoas entre 25 e 50°C. Além disso, esse trabalho irá modelar os dados de densidades em relação a temperatura através de rede neurais e relatar a importância das análises aplicadas na indústria petrolífera.

METODOLOGIA

Neste trabalho foi realizada uma metodologia que agrega duas etapas para a caracterização de amostras de óleos Alagoanos da Bacia Sergipe-Alagoas, dos campos de Pilar e Tabuleiro dos Martins. A primeira etapa foi empregada para alcançar dados da densidade de cada óleo. Enquanto a segunda utiliza os dados da anterior, para modelação dos mesmo através de uma rede neural. As etapas seguem descritas abaixo:

Etapa 1: Medição da Densidade

As medidas de densidade foram realizadas em um densímetro Anton Paar DMA 4500M. O equipamento é utilizado para medições de densidade de diversos materiais como Líquidos Iônicos, Frações de Petróleo, Petróleo cru entre outros compostos.

Tabela 1: Especificações Técnicas do Densímetro Anton Paar DMA 4500M

ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DMA 4500M	
FAIXA DE MEDIÇÃO	Densidade: 0 g/cm ³ a 3 g/cm ³ Temperatura: 0°C a 100 °C (32°F a 212 °F)
EXATIDÃO	Densidade: 0,00005 g/cm ³ Temperatura: 0,03 °C/0,05 °F

As medidas de densidade dos óleos são determinadas em uma faixa de temperatura que varia de 25 a 50°C com incrementos a cada 5°C, para obter o comportamento linear da densidade com a temperatura. Inicialmente para validação do equipamento é realizado um teste de checagem com água ultrapura Milli-Q. Essa checagem consiste na inserção da amostra de água, aproximadamente 2 ml, no densímetro. Através de dados de referência do equipamento, o mesmo verifica se a

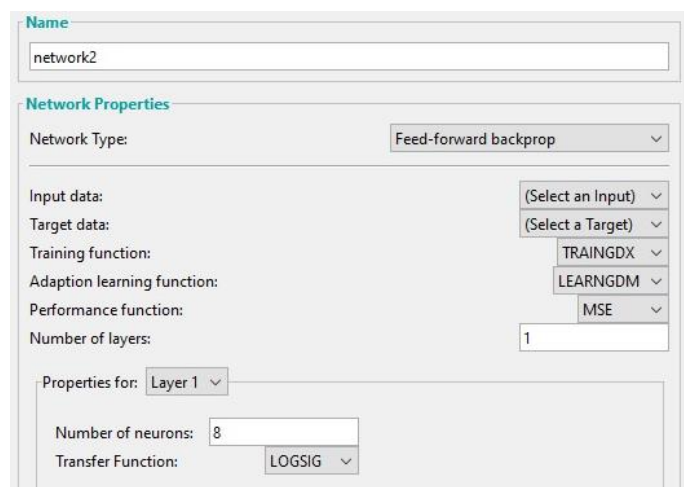
densidade está dentro da faixa de medição e emite um aviso validando ou não o equipamento. Posteriormente é inserida acetona, aproximadamente 2 ml, seguido de uma corrente de ar desidratado em sílica por 5 minutos com o objetivo de secar o tubo. Após esse procedimento de validação o óleo é inserido no tubo em U e é verificado cautelosamente se há formação de bolhas de ar que devem ser evitadas pois influenciam as medidas. Após a constatação de não existência de bolhas são realizadas as medidas em uma faixa de 25 a 50 °C e obter uma medida a cada 5°C. O grau API é calculado pelo próprio densímetro.

Etapa 2: Treinamento e Predição através de Rede Neural Artificial

A utilização das redes neurais artificiais (RNAs), tem sido incentivada pelo reconhecimento da função do cérebro humano em computar de maneira totalmente diferente do computador digital convencional. Isto é, uma RNA é uma máquina projetada para modelar o caminho em que o cérebro realiza uma determinada tarefa ou função de interesse. A rede geralmente implementa componentes eletrônicos ou simula através de softwares, no intuito de alcançar um bom desempenho. Ademais, as RNAs empregam uma interconexão maciça de células de computação simples conhecidos como “neurônios” ou “unidades de processamento” (HAYKIN, 1999).

Portanto, este trabalho implementou os dados obtidos pela análise de densidade para criação de uma rede neural. A rede neural foi criada a partir *software Matlab* e teve como dados de entrada a temperatura e dados de saída a densidade de cada óleo. Além disso, a modelagem teve 8 neurônios, 1 camada para os dados de entrada e um valor de 1000 interações, como é mostrado na Figura abaixo:

Figura 1. Dados de modelagem da rede neural.



The screenshot displays the MATLAB Neural Network Designer interface. The 'Name' field is set to 'network2'. Under 'Network Properties', the 'Network Type' is 'Feed-forward backprop'. The 'Input data' is '(Select an Input)', 'Target data' is '(Select a Target)', 'Training function' is 'TRAINGDGX', 'Adaption learning function' is 'LEARNGDM', and 'Performance function' is 'MSE'. The 'Number of layers' is set to 1. Under 'Properties for: Layer 1', the 'Number of neurons' is 8 and the 'Transfer Function' is 'LOGSIG'.

Figura 2. Dados de modelagem da rede neural.

showWindow	true	lr	0.01
showCommandLine	false	lr_inc	1.05
show	25	lr_dec	0.7
epochs	1000	max_perf_inc	1.04
time	Inf	mc	0.9
goal	0		
min_grad	1e-05		
max_fail	1000		

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Através da análise da densidade das amostras de óleo, pelo equipamento Anton Paar DMA 4500M, teve como resultados dados da densidade em uma faixa de temperatura de 25 a 50°C que estão expressos na Tabela 1.

Tabela 1. Dados da densidade das amostras de óleos Alagoanos

Temperatura (°C)	PILAR		Tabuleiro	
	Densidade (g/cm ³)	Desvio Padrão	Densidade (g/cm ³)	Desvio Padrão
25	0,8265	0,0023	0,8358	0,00012
30	0,8245	0,0002	0,8312	0,00020
35	0,8206	0,0026	0,8271	0,00026
40	0,8166	0,0018	0,8233	0,00025
45	0,8134	0,0006	0,8195	0,00016
50	0,8094	0,0003	0,8158	9,19E-05
Média	0,8185		0,8254	

A tabela 1 expressa os dados das densidades em g/cm³, onde pode-se verificar que a densidade da amostra de óleo de Tabuleiro dos Martins e Pilar é menos densa que água. Dessa forma, por meio dos valores obtidos da densidade dos óleos, foi possível calcular o grau API (*American Petroleum Institute*) de cada amostra de óleo, através do próprio equipamento, representados pela tabela abaixo:

Tabela 2. Grau API das amostras de óleo

	PILAR	Tabuleiro
Grau API	38,35	36,17

O grau API é uma escala arbitrária que mede a densidade dos líquidos derivados do petróleo e quanto maior a densidade do óleo, menor será o grau API. Consequentemente o mesmo terá um menor valor de mercado associado, pois produzirá derivados de menor lucratividade agregada. Assim, através da determinação do grau API mostrado na Tabela 2, é possível caracterizar os óleos de acordo com as padronizações utilizadas na indústria petrolífera, pois quanto maior o grau API do óleo cru mais leve será óleo. Tanto a amostra de óleo do campo do Tabuleiro quanto a amostra de Pilar se enquadram em um óleo convencional leve, e os mesmos apresentam um grande valor econômico no mercado. Pois, ambos apresentam compostos mais leves e baixo ponto de ebulição, o que demonstra uma maior facilidade de escoamento durante sua produção e seu refinamento produz uma grande quantidade de gasolina (FEBRARO e DELGADO, 2017).

A definição da densidade está diretamente associada com as alternativas de recuperação de um poço, no intuito de aumentar a vazão de óleo em um determinado tempo. Em razão das características de mobilidade do óleo durante sua produção, óleos com baixa densidade e alta viscosidade apresentam um baixo ponto de fluidez que dificulta o processo de produção (GHANNAM et.al, 2012).

Uma das características do petróleo é que com o aumento da temperatura há uma diminuição da densidade, como é representado nas Figuras 3 e 4, onde a densidade da amostra de Pilar inicia com valor de $0,8265 \text{ g/cm}^3$ para temperatura de 25°C e ao longo dos incrementos da temperatura, diminui até o valor de $0,8094 \text{ g/cm}^3$ para temperatura de 50°C . Já a amostra de Tabuleiro, inicia numa densidade de $0,8358 \text{ g/cm}^3$ para temperatura de 25°C e diminui para $0,8158 \text{ g/cm}^3$ na temperatura de 50°C .

Figura 3. Variação da densidade da amostra de Pilar com o aumento da temperatura.

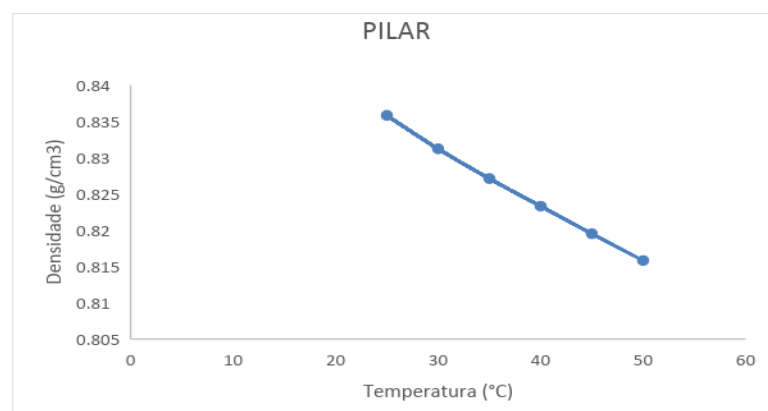
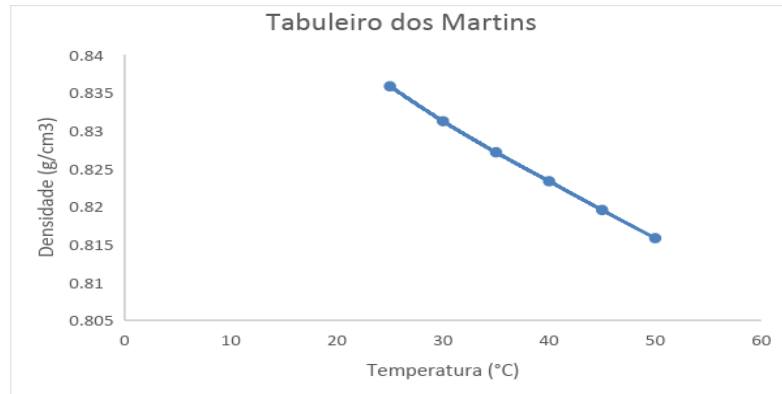


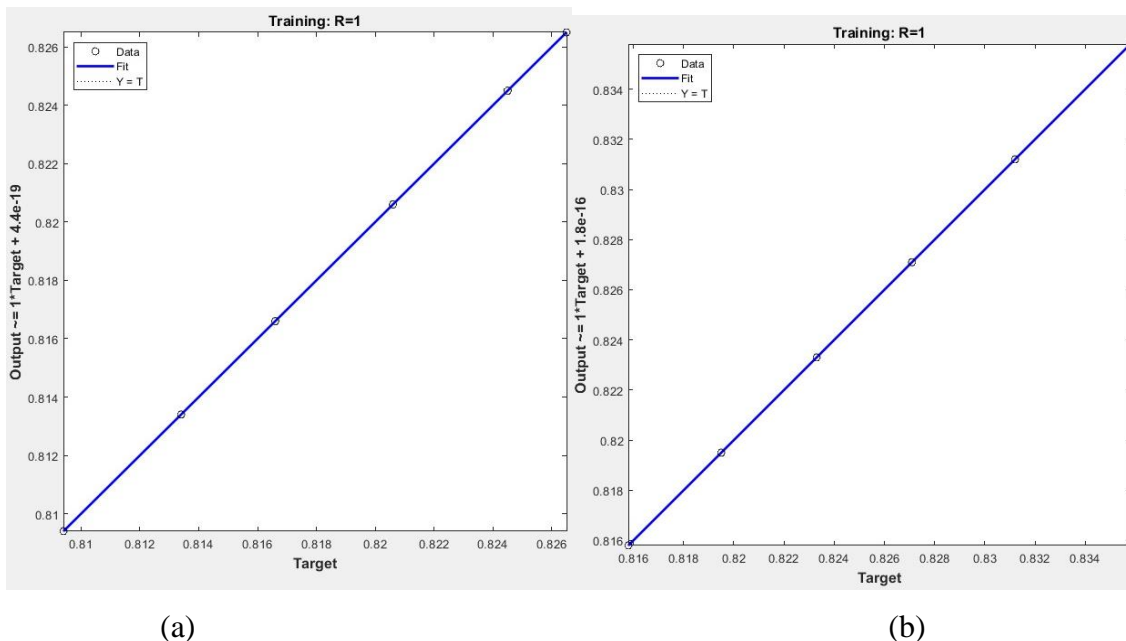
Figura 4. Variação da densidade da amostra de Tabuleiro com o aumento da temperatura.



Através dos dados obtidos anteriormente da densidade e temperatura dos óleos, como é exibido na Tabela 1 foi possível modelar uma rede neural, como é mostrado nas Figuras 5 (a) e (b). As RNAs foram construídas através do *software Matlab* com o intuito de demonstrar uma relação entre os dados obtidos pela análise experimental e os gerados pela modelagem computacional. As redes neurais apresentam uma estrutura com habilidade de adaptabilidade mediante a um algoritmo de aprendizado, tolerância a falhas, analogia neurobiológicas e uniformidade de análise de projeto (MATSUNAGA, 2012).

Na Figura 5 (a) e (b), o eixo x representa os dados de saída, ou seja, os dados de densidade obtidos a partir da análise química e o eixo y representa os dados gerados a partir da modelagem com, RNA. Assim, de acordo a com a figura abaixo, os dados da saída desejada (linha contínua) é muito próxima à da saída da rede (círculos), indicando um bom desempenho da rede neural.

Figura 5. Rede neural da densidade dos óleos de (a) Pilar e (b) Tabuleiro dos Martins.



CONCLUSÃO

As propriedades físico-químicas dos óleos são bastante úteis em diversos processos industriais em que haja transferência de fluidos de um local para outro. A exemplo da migração do óleo bruto dentro do reservatório, que requer baixa viscosidade e baixa densidade para haver um escoamento eficaz. Existe, também, a necessidade de verificar a densidade do óleo e obter valor do grau API para aferir a classificação do óleo. Essa necessidade decorre das características de produção, pois se o mesmo se enquadrar em óleo pesado ou extra pesado, é indispensável o estudo para encontrar técnicas úteis para um escoamento eficaz do óleo bruto. Porém, de acordo com as análises realizadas nas amostras de óleos Alagoanos, da Bacia Sergipe Alagoas, ambos se enquadram em óleo convencional leve, o que gera uma facilidade de produção. Ademais, são bastante lucrativos no mercado econômico pela produção de derivados de alto valor comercial, a exemplo da gasolina, diesel e QAV. Entretanto, apesar de ambos os óleos serem leves, a amostra do óleo de Pilar apresenta um maior valor agregado, já que é mais leve que o óleo de Tabuleiro e durante sua refinação irá produzir maior quantidade de derivados mais lucrativos.

REFERÊNCIAS

FEBRARO Júlia e DELGADO Fernanda. **Produção, Consumo e Saldo Comercial do Petróleo.** FGV Energia, 2017.

FILGUEIRAS, P.R. et al., 2014. **Determination of API gravity, kinematic viscosity and water content in petroleum by ATR-FTIR spectroscopy and multivariate calibration.** *Fuel*, 116, pp.123–130.

GHANNAM, Mamdouh T. HASAN, Shadi W. ABU-JFAVIL, Basim e ESMAIL, Nabil. **“Rheological Properties of Heavy & Light Crude Oil Mixtures for Improving Flowability.”** *Journal of Petroleum Science and Engineering* 81 (2012): 122–128. Web.

HAYKIN, Simon. **Neural networks and learning machines.** 3rd ed. p. cm. Rev. ed of: Neural networks. 2nd ed., 1999. networks. 2nd ed., 1999.

PETROLEUM.CO.UK. **API GRAVITY.** Site informativo aplicado para Engenharia de Petróleo, 2015. Disponível em: < <http://www.petroleum.co.uk/api> >

SPEIGHT, James G. *Handbook of Petroleum Analysis.* N.p., 2001. Print.

MATSUNAGA Victoria Y.. **Curso de Redes Neurais utilizando o Matlab.** Apostila a auxilio ao curso de Redes Neurais, Belém-Pará, 2012. Disponível em:<
<http://www.muriloleal.com.br/repositorio/centec/eai/ia/REDES%20NEURAIIS%20-%20APOSTILA.pdf>>