

6. Referências Bibliográficas

- [1] AZEVEDO, L. F. A.; TEXEIRA, A. M. **A critical review of the modeling of the wax deposition mechanisms.** Petroleum Science and Technology, Vol.21, No.3 and 4, p. 393-408, 2003.
- [2] BIDMUS, O. H.; MEHROTRA, A. K. **Heat-transfer analogy for wax deposition from paraffinic mixtures.** American Chemical Society 2004, 43. 791-803.
- [3] BROOKS, B. T.; KURTZ, Jr. S. S.; BOORD, C. E.; SCHMERLING, L. **The chemistry of petroleum hydrocarbons.** Reinhold Publishing Corporation, 1954.
- [4] BROWN, T.; NIESEN V.; ERICKSON, D. **Measurement and prediction of the kinetics of paraffin deposition.** SPE 26548, presented at the Annual Technical Conference and Exhibition, Houston, TX, October 3-6 1993, Society of Petroleum Engineers.
- [5] BURGER, E.; PERKINS, T.; STRIEGLER, J. **Studies of wax deposition in the trans Alaska pipeline.** Journal of Petroleum Technology, (1981), p. 1075-1086.
- [6] CHEN, X. T.; BUTLER, T.; VOLK, M.; BRILL, J. P. **Techniques for measuring wax thickness during single and multiphase flow.** SPE 38773, presented at the Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, TX, October 5-8, 1997.
- [7] CREEK, J.; LUND, H.; BRILL, J.; VOLK, M. **Wax deposition in single phase flow.** Fluid Phase Equilibria, 158-160 (1999), p. 801-811.
- [8] HAMOUDA, A.; DAVIDSEN, S. **An approach for simulation of paraffin deposition in pipelines as a function of flow characteristics with a reference to Teesside oil pipeline.** SPE 28966, presented at the International Symposium on Oilfield Chemistry. San Antonio, TX, February 14-17 1995, Society of Petroleum Engineers.
- [9] HARTLEY, R.; BIN JADID, M. **Use of laboratory and field testing to identify potential production problems in the Troll field.** SPE (February 1989) 34; Trans., AIME, 287.

- [10] HSU, J.; SANTAMARIA, M.; BRUBAKER, J. **Wax deposition of waxy live crudes under turbulent flow conditions**. SPE 28480, presented at the Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, LA, September 25-28, 1994, Society of Petroleum Engineers.
- [11] HUNT, E. G. Jr. **Laboratory study of paraffin deposition**. Journal of Petroleum Technology (Nov. 1962) 1259-69.
- [12] JI, H.; TOHIDI B.; DANESH, A.; TODD A. C. **Wax phase equilibria: developing a thermodynamic model using a systematic approach**. Fluid Phase Equilibria 216 (2004) 201-217.
- [13] JOHNSON, R. W. **The handbook of fluid dynamics**. CRC Press, 1998.
- [14] LEIROZ, A. T. **Study of wax deposition in petroleum pipelines**. Ph.D. Thesis, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, Brazil, 2004.
- [15] LEONTARITIS, K.J. **Cloud point and wax deposition measurement techniques**. SPE 80267, Presented at SPE International Symposium on Oilfield Chemistry. Houston, Texas. February 5-7, 2003.
- [16] LYON, M. K.; LEAL, L. G. **An experimental study of the motion of concentrated suspensions in two-dimensional channel flow**. Part 2. Bidisperse systems. Journal of Fluid Mechanics (1998), Vol. 363, p. 57-77.
- [17] MAJEED, A.; BRINGEDAL, B.; OVERA, S. **Model calculates wax deposition from north sea crude oils**. Oil and Gas Journal, p. 63-69, 1990.
- [18] MATAS, J.; MORRIS, J. F.; GUAZZELLI, E. **Inertial migration of rigid spherical particles in Poiseuille flow**. Journal of Fluid Mechanics (2004), Vol. 515, p. 171-195.
- [19] Mc CAFLIN, G. G. **Control of paraffin deposition in production operations**. SPE 12204, Presented at 58th Annual Conference of SPE, San Francisco, CA. October 5-8, 1983.
- [20] MISRA, S.; BARUAH, S.; SINGH K. **Paraffin problems in crude oil production and transportation: a review**. SPE Production and Facilities (Feb. 1995) 50.
- [21] MULLIN, J. W. **Crystallization**. Butterworth Heinemann, 4th ed., 2001.

- [22] PASO, K. G.; FLOGGER, H. S. **Influence of n-paraffin composition on the aging of wax-oil gel deposits**. AIChE Journal. December 2003, Vol. 49, No. 12.
- [23] ROHSENOW, W. M.; HARTNETT, J. P.; CHO, Y. I. **Handbook of heat transfer**. Mc Graw Hill, 3th ed., 1998.
- [24] ROMERO M. I. V. **Assessment of molecular diffusion as a mechanism for wax deposition in petroleum pipelines**. MSc. Dissertation. Departamento de Engenharia Mecânica, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2005. 82p.
- [25] RONNINGSEN, H. P.; BLORNDAL, B. **Wax precipitation from north sea crude oils – 1. crystallization and dissolution temperatures, and Newtonian and non-Newtonian flow properties**. Energy & Fuels, 5:895-908, 1991.
- [26] SEGRE, G.; SILBERBERG, A. **Behaviour of macroscopic rigid spheres in Poiseuille flow**. Journal of Fluid Mechanics, 14 (1962), p. 136-157.
- [27] SOLAIMANY NASSAR, A. R.; DABIR, B.; ISLAM, M. R. **Measurement and modeling of wax deposition in crude oil pipelines**. SPE 69425, presented at the SPE Latin American and Caribbean Petroleum Engineering Conference, Buenos Aires, Argentina, 25-28 March 2001.
- [28] SOUZA MENDEZ, P. R.; BRAGA S. L. **Obstruction of pipelines during the flow of crude oils**. Journal of Fluids Engineering, 118:722-728, 1996.
- [29] TODI, S. **Experimental and modeling studies of wax deposition in crude oil carrying pipelines**. Ph.D. Thesis, The University of Utah. Utah, 2005.
- [30] WARDHAUGH, L. T.; BOGER D. V. **The measurement and description of the yield behavior of waxy crude oil**. Journal of Rheology, 35, 1121 (1991).
- [31] WEINGARTEN, J. S.; EUCHNER, J. A. **Methods for predicting wax precipitation and deposition**. SPE 15654, presented at the Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, LA, October 5-8, 1986, Society of Petroleum Engineers.
- [32] WU, C.; WANG, K.; SHULER, P.J.; TANG, Y. **Measurement of wax deposition in paraffin solutions**. AIChE Journal. September 2002, Vol. 48, No. 9.A.

A. Apêndice

A.1. Caracterização das Parafinas

A.1.1. Determinação da Temperatura Inicial de Aparecimento de Cristais (TIAC) e Variação da viscosidade com a Temperatura.

A temperatura inicial de aparecimento de cristais (TIAC) foi determinada por viscosimetria. Esta técnica é baseada na mudança das propriedades reológicas do óleo causada pela precipitação de cristais de parafina. Para a obtenção da curva de viscosidade, cada amostra foi colocada em um reômetro Physica UDS 200 Paar Physica Universal Dynamic Spectrometer. As amostras eram aquecidas até 50°C e resfriada até 25°C por meio de uma placa Peltier a uma taxa de 1°C/min. A temperatura inicial de aparecimento de cristais é detectada por um súbito aumento da viscosidade.

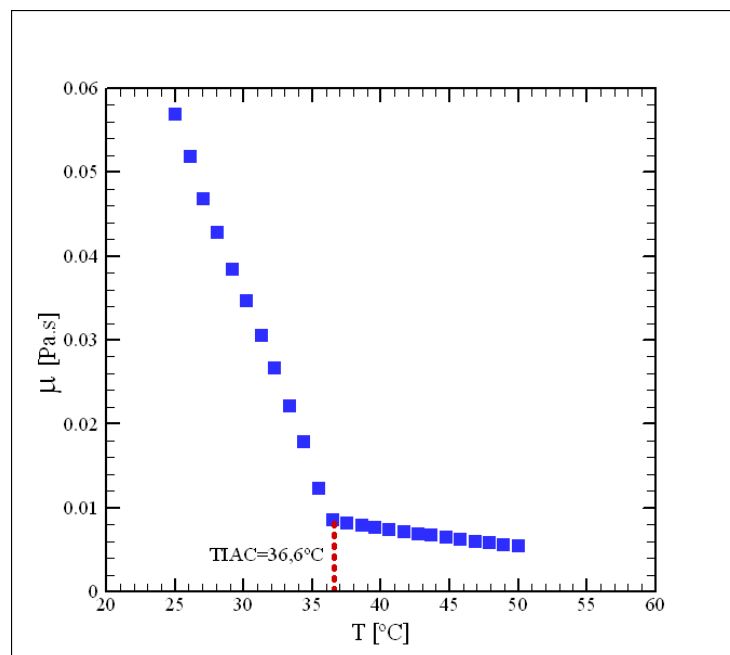


Figura A.1 - Variação da viscosidade com a temperatura da solução utilizada. TIAC igual a 36,6°C

A Figura A.1 mostra a variação da viscosidade com a temperatura obtida da solução óleo-parafina utilizada no presente trabalho. Pode ser observado que a TIAC é claramente definida pela mudança repentina da viscosidade da solução. A TIAC por este método foi medida em 36,6°C.

A.1.2. Determinação da Massa Específica da Mistura Óleo-Parafina como Função da Temperatura

A massa específica da solução óleo-parafina foi determinada mediante a utilização de um picnômetro modelo 60198 com um volume de 25 ml. As medições foram realizadas para a faixa de 20°C até 50°C. A Figura A.2 mostra a curva da massa específica em função da temperatura.

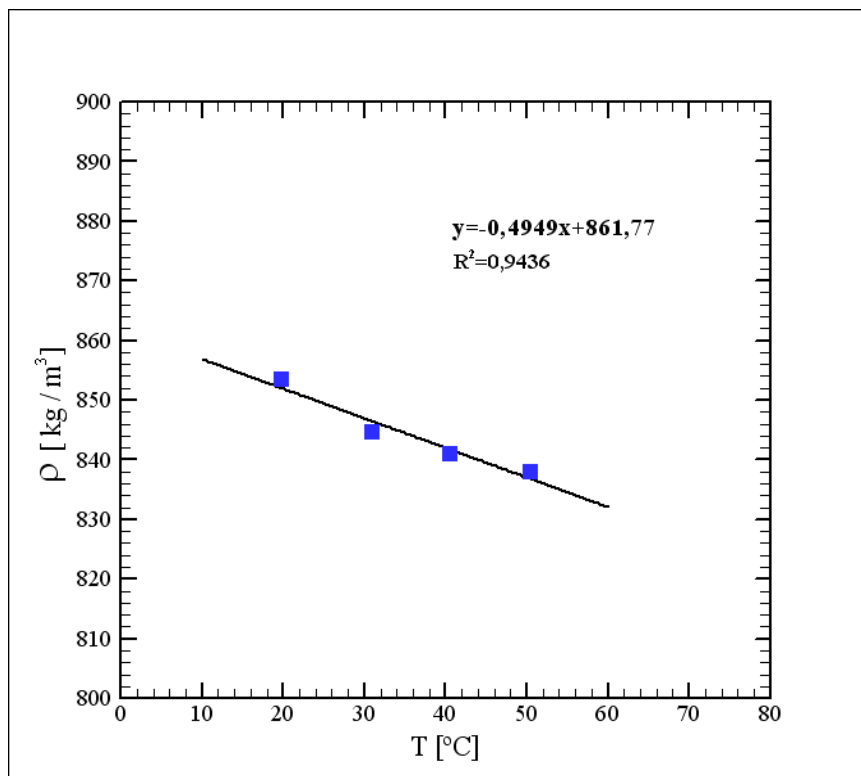


Figura A.2 - Massa específica em função da temperatura da mistura utilizada.

A.2.**Curva de Calibração da Bomba de Cavidade Progressiva**

A bomba de cavidade progressiva utilizada nos experimento foi calibrada utilizando-se óleo spindle como fluido de trabalho. A calibração foi realizada utilizando-se um recipiente de volume conhecido e um cronômetro. A curva correspondente é apresentada na Figura A.3. Esta curva representa uma reta da forma $Q = 9,4762 \cdot f + 0,5568$ que foi obtida pelo método de mínimos quadrados. Nesta equação a vazão volumétrica Q é dada em l/h e a frequência em Hz.

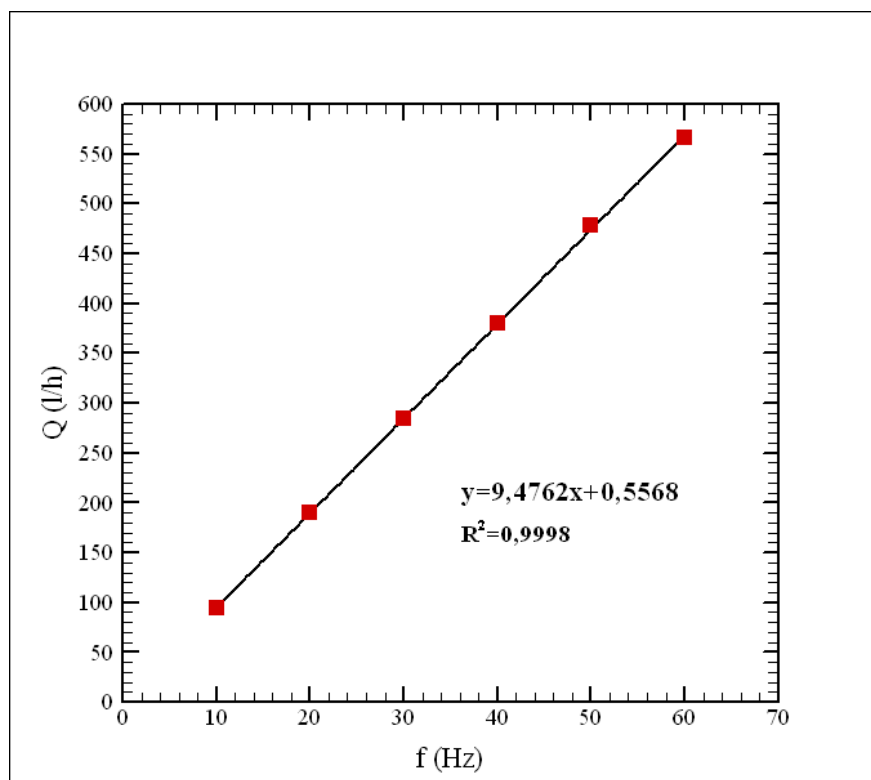


Figura A.3 - Curva de calibração da bomba de cavidade progressiva.