

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de **P&D** em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

ANÁLISE E DETECÇÃO DE FALHAS EM PROCESSO DE HIDROTRATAMENTO NO
REFINO DE PETRÓLEO COM O USO DA FERRAMENTA SUPPORT VECTOR MACHINE

AUTORES:

Thaylane da Rocha Bezerra, Frede de Oliveira Carvalho, Cleyla Janey Peixoto Calheiros, Sílvia
Helena Almeida de Oliveira Cassal, Samuel Vitor Saraiva

INSTITUIÇÃO:

Universidade Federal de Alagoas

ANÁLISE E DETECÇÃO DE FALHAS EM PROCESSO DE HIDROTRATAMENTO NO REFINO DE PETRÓLEO COM O USO DA FERRAMENTA SUPPORT VECTOR MACHINE

Abstract

Oil with higher indices of contaminants such as sulfur and nitrogen are increasingly present in the refining units, which increases interest in hydrotreatment (HDT) studies. It should also be noted that HDT is very important in environmental terms, as it promotes the removal of sulfur from fuels, contributing decisively to the reduction of sulfur oxides (SO_x) emissions. Hydrotreatment is a process already installed in the refining of oil. The same has been applied before the Second World War and its evolution with progress over the years. However, despite already being a mature process, it still demands innovations. Among possible innovations, we can mention the process control as well as the development of virtual sensors and the development of models for the detection of process failures. In this way, the present work investigates the application of artificial intelligence techniques based on the machine learning experience – The Support Vector Machines (SVMs) - in Matlab® environment, as a tool for the development of virtual sensors and detection of failures in the hydrotreating process in petroleum refining. For the analysis, use technical data of a petroleum refining hydrotreatment process model using commercial PRO/II® software. The parameters used were diesel and contaminant flows, pressure and temperature. In a second step, errors were inserted in the dataset in order to evaluate the detection of failures through the technique SVMs, being the temperature the parameter chosen for greater susceptibility to measurement errors in the industry.

Introdução

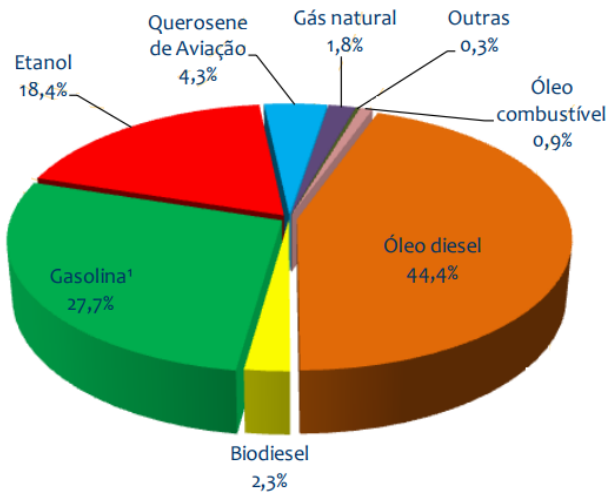
De acordo com Dantas Neto e Gurgel (2008), a etapa de refino de petróleo objetiva a separação e processamento de suas frações, transformando-as em diversos produtos de grande utilidade. Ainda de acordo com os autores mencionados, essa etapa inclui diversos processos, sendo esses classificados em quatro grupos principais: processos de separação, de conversão, de tratamento e processos auxiliares.

Segundo Calheiros (2014), o processamento de petróleo inicia-se na etapa de separação, onde esse é desmembrado em suas frações básicas e estas frações, por sua vez, passam pelo processo de conversão que irão viabilizá-las economicamente. Entretanto, ainda de acordo com a autora, algumas dessas frações precisam passar por processos de tratamento, com a finalidade de melhorar a qualidade do produto final através da redução de impurezas, sem causar profundas modificações nas frações.

Dentro dos possíveis processos de tratamento, encontra-se o hidrotratamento (HDT) que visa à remoção de impurezas como o enxofre e nitrogênio. Esse processo tem particular importância em termos ambientais, pois promove a remoção do enxofre dos combustíveis, contribuindo de forma decisiva para a redução das emissões dos óxidos de enxofre - SO_x .

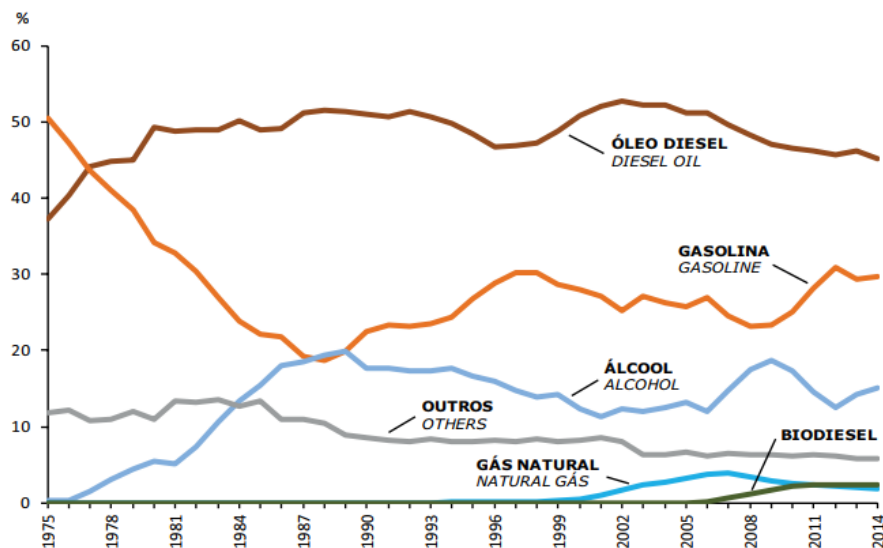
O óleo diesel está dentre os diversos produtos derivados de petróleo, sendo esse combustível o mais utilizado no transporte brasileiro, principalmente na movimentação de cargas. O Gráfico 1 exibe o consumo de energia nos transportes, segundo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para o ano base de 2015, sendo possível observar que o óleo diesel é responsável por 44,4% do consumo total em relação aos outros combustíveis no setor de transporte. E, o Gráfico 2 apresenta a estrutura do consumo energético no setor transportes de 1975 a 2014, exibindo a predominância do consumo de óleo diesel no setor transporte ao longo dos anos.

Gráfico 1 - Consumo de energia nos transportes



Fonte: EPE (2016)

Gráfico 2 - Estrutura do Consumo Energético no Setor Transportes



Fonte: EPE (2015)

No Brasil, o governo alterou os limites de emissão de enxofre referentes ao óleo diesel, combustível consumido nas regiões metropolitanas. Estes limites foram reduzidos de 2.000 ppm para 500 ppm de enxofre em 2002 e em 2009 esse limite passou de 500 ppm para 50 ppm de enxofre (ANP, 2010 apud COELHO, 2012) e a partir de 1º de Janeiro de 2013 os óleos diesel foram substituídos integralmente pelos óleos diesel S-10 (limite de 10 ppm de enxofre), conforme especificado pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). E, de acordo com Krausen (2011) o óleo diesel, dentre os diversos derivados produzidos nas refinarias brasileiras, é o produto que vem exigindo os maiores investimentos, tanto para aumento da produção quanto para adequação da sua qualidade às novas especificações.

Sabendo que as Máquinas de Vetores Suporte (SVM, do inglês *Support Vector Machines*) são sistemas de aprendizagem, desenvolvido por Vapnik (VAPNIK et al., 1999), baseados na Teoria de Aprendizagem Estatística e treinados com um algoritmo de Otimização Matemática, podendo essa técnica ser utilizada para extração de característica, reconhecimento de padrões e regressão, além de possuir uma sólida fundamentação teórica e poder alcançar alto desempenho para problemas práticos e complexos, o que o destaca principalmente a problemas ligados à área de processos (IPLIKCI, 2006;

SHARMA e SINGH, 2014), este trabalho investiga a utilização da aplicação de técnicas de inteligência artificial baseadas na teoria de aprendizagem de máquina – SVM – em ambiente Matlab®, como ferramenta para o desenvolvimento de sensores virtuais, visando o controle do processo de HDT; assim como o desenvolvimento de modelos para classificação de dados, objetivando detecção de falhas no processo.

Metodologia

Para a investigação da aplicação de técnicas de inteligência artificial baseadas na teoria de aprendizagem de máquina (SVM) para o desenvolvimento de sensor virtual e de um modelo de detecção de falhas, utilizou-se dados obtidos através de mudanças nas condições operacionais realizados no modelo estacionário de uma planta de HDT através do *software* PRO/II®. Esses dados foram de três tipos: dados em que a simulação obteve a especificação para o diesel S-10, dados para a especificação do diesel S-50 e dados de falha referentes à obtenção de diesel acima de 50 ppm de enxofre. No total foram gerados 101 dados contabilizando, sendo 61 referentes ao diesel S-10, 30 ao S-50 e 10 dados de falhas.

As mudanças ocorridas nas condições operacionais estão relacionadas às vazões de alimentação, incluindo diesel e os contaminantes, a temperatura do forno e a pressão do sistema, tomando o cuidado de observar a temperatura de saída do primeiro leito do primeiro reator, pois esta temperatura é a maior do sistema e não pode ultrapassar o limite, referenciado por Ancheyta (2011), de 425°C.

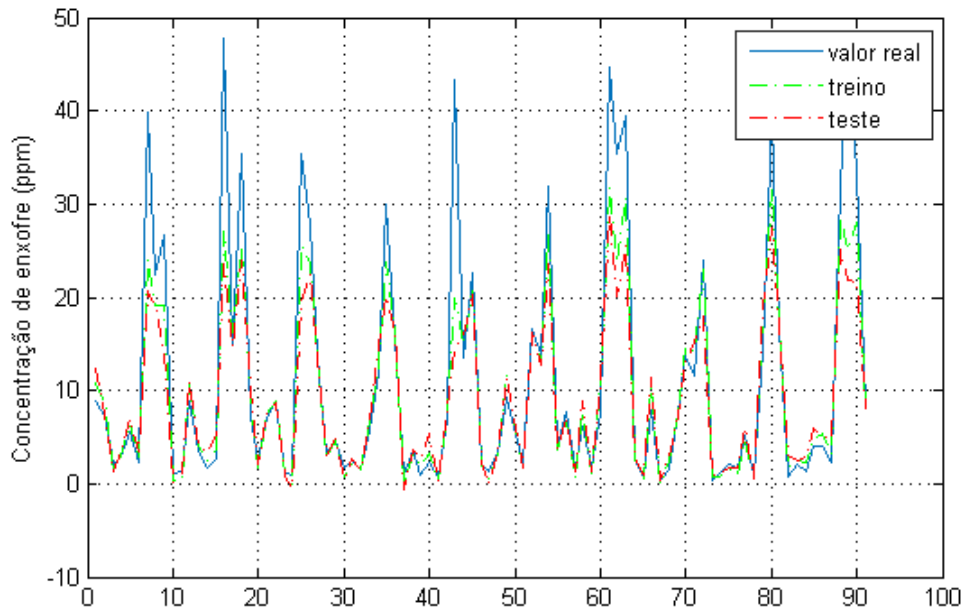
Resultados e Discussão

- Sensor virtual

O sistema SVM como ajuste de função para construção de analisador virtual tem como objetivo inferenciar a concentração de enxofre através de variáveis secundárias: vazões de contaminantes (enxofre e nitrogênio), vazão de diesel, temperatura do forno e pressão parcial de H₂, uma vez que não é muito dispendioso obtermos uma resposta imediata (online) para esta variável. Para essa etapa utilizou-se os dados referentes ao diesel S-10 e S-50.

O Gráfico 3 exhibe o comportamento dos dados na fase de treino e teste assim como os dados reais. Nota-se, através do gráfico citado, que as etapas de treinamento e teste se mostraram satisfatórias, sendo o coeficiente de regressão igual a 0,953.

Gráfico 3 - SVM como analisador virtual



Fonte: Autores (2017)

Desta forma, o sistema SVM apresentou bom desempenho, podendo ser utilizada como ferramenta para construção de analisador virtual.

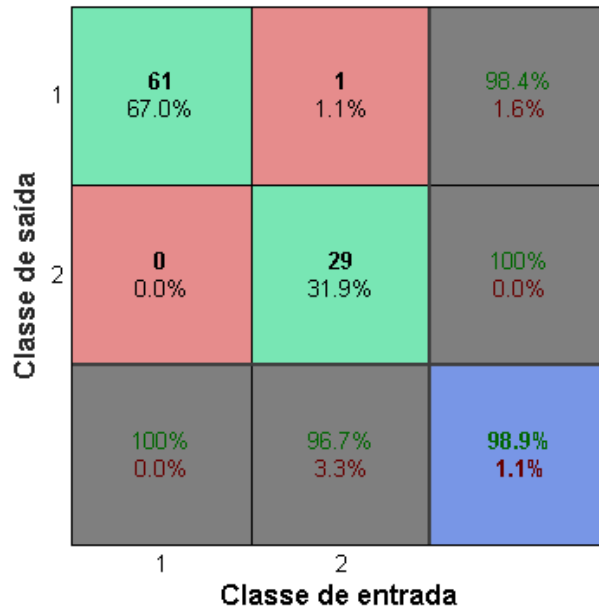
- Classificação de dados e detecção de falhas

A finalidade ao utilizar SVM para classificação de dados é observar se o sistema é capaz de identificar através da leitura dos dados previamente classificados os pontos referentes (valores de variáveis de acompanhamento de processo) que indiquem se está produzindo o diesel S-10 ou S-50, assim como identificar falhas no processo, ou seja, produção de diesel acima de 50 ppm de enxofre (referentes aos dados de falha).

Nesta etapa foram inseridos erros nos dados para verificar se a rede seria sensível às classificações: Diesel S-10 e S- 50; e, dados de processo (Diesel S-10 e S-50) e erros.

O Gráfico 4 apresenta a matriz de confusão para classificação dos dados em S-10 e S-50. Na classificação apresentada na matriz de confusão temos como 1 os dados referentes ao diesel S-10 e 2 os dados referentes ao diesel S-50. É possível observar, através do referente gráfico, que todos os dados para o diesel S-10 (61 dados) foram classificados de forma correta e que apenas um dado relativo ao diesel S-50 foi classificado erroneamente como S-10.

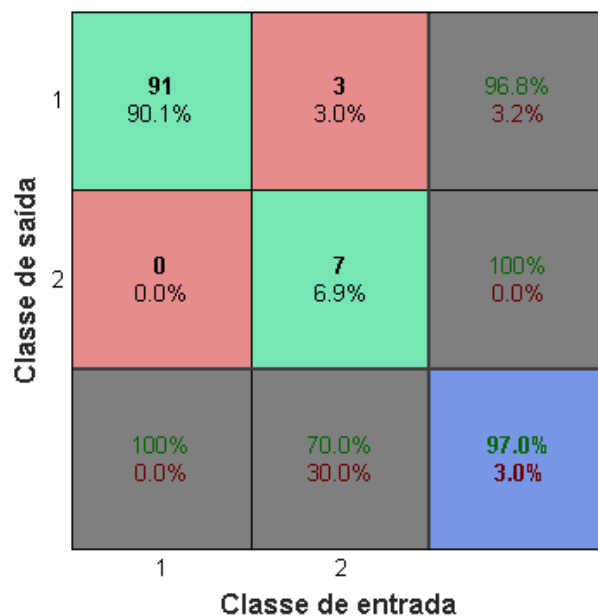
Gráfico 4 - Matriz de confusão para classificação dos dados em S-10 e S-50



Fonte: Autores (2017)

O Gráfico 5 exibe a matriz de confusão para a etapa de classificação de dados referente as seguintes classes: processo (concernente a junção de dados S-10 e S-50) e dados de falhas. Na matriz de confusão apresentada, 1 refere-se aos dados de processo e 2 aos dados de falha. Verifica-se que o SVM classificou corretamente os dados de processo e categorizou erroneamente apenas três dados de falhas.

Gráfico 5 - Matriz de confusão para classificação em dados de processo e dados de falha



Fonte: Autores (2017)

Desta forma, o sistema SVM mostrou-se adequado para classificação dos dados nas classes apresentadas, podendo ser utilizado através de variáveis de acompanhamento de processo para verificar a especificação do diesel produzido: S-10, S-50 ou com concentração de enxofre acima de 50 ppm.

Conclusões

Foi possível avaliar a aplicabilidade do sistema SVM na utilização de construção de sensores virtuais e desenvolvimento de modelo para classificação de dados no processo de hidrotratamento de diesel a partir de dados simulados no software PRO/II®. Sendo, desta forma, esse trabalho relevante quanto ao controle do processo de produção de diesel.

Agradecimentos

Os autores gostariam de expressar seus agradecimentos ao Laboratório de Sistemas Inteligentes Aplicados (LABSIA-UFAL).

Referências Bibliográficas

ANCHEYTA, J. Modeling and Simulation of Catalytic Reactors for Petroleum Refining. ISBN 978-0-470-18530-8. WILEY. 1aed. Pag.: 221. 2011.

CALHEIROS, C. J. P. Estudo do Processo de Hidrotratamento de Diesel através de Simuladores Comerciais e Redes Neurais Artificiais. 2014. 119f. Dissertação de Mestrado (Engenharia Química). Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Maceió – AL.

COELHO, Filipe A. Estudo para Utilização de Simuladores na Operação de Unidades de HDT de Diesel. 2012. 46f. Relatório de Estágio (Graduação) – Universidade Federal de Alagoas – UFAL, Programa de Graduação em Engenharia Química, Maceió – AL

DANTAS NETO, A. A.; GURGEL, A. Refino de Petróleo e Petroquímica. Centro de Tecnologia - Departamento de Engenharia Química – UFRN, 2008.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2015 – Ano Base 2014: Relatório Final. Rio de Janeiro, 2015.

Empresa de Pesquisa Energética (EPE). Balanço Energético Nacional 2016 – Ano Base 2015: Relatório Síntese. Rio de Janeiro, 2016.

IPLIKCI, S. Support vector machines-based generalized predictive control. International journal of robust and nonlinear control. Int. J. Robust Nonlinear Control 2006; 16:843–862

KRAUSE, B. B. Simulação da Desativação de Catalisadores NiMo/Al₂O₃ em uma Unidade Industrial de Hidrotratamento. 185f. Dissertação (Mestrado) – UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Química 2011.

SHARMA, N., SINGH K. Neural network and support vector machine predictive control of tert-amyl methyl ether reactive distillation column. Systems Science & Control Engineering: An Open Access Journal, 2014.

VAPNIK, V. N. The Nature of Statistical Learning Theory. Springer Verlag, Nova Iorque, 2. Ed., 1999.