

CONTROLE SUPERVISÓRIO FUZZY APLICADO AO PROCESSO DE SEPARAÇÃO E TRATAMENTO DE ÓLEO E ÁGUA EM UMA PLATAFORMA DE PETRÓLEO

VINÍCIUS WEINER M. M. C. PAIVA*, PATRICK BARBOSA MORATORI†, MARIO CESAR MELLO MASSA DE CAMPOS‡, LUCIANO BERTINI†, ALESSANDRO COPETTI†

*PETROBRAS / FACULDADE SALESIANA MARIA AUXILIADORA

Av. Elias Agostinho, 665, Praia de Imbetiba - CEP 27.913-35 /

Rua Monte Elísio, s/n, Visc. de Araujo

Macaé, Rio de Janeiro, Brasil

†Universidade Federal Fluminense (UFF) – Campus de Rio das Ostras – CEP 28895-532

Rio das Ostras, RJ, Brasil

‡PETROBRAS - Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguez de Mello

Cidade universitária - Quadra 7 - Ilha do Fundão - CEP 21949-900

Rio de Janeiro, RJ, Brasil

vinicius.weiner@gmail.com, pmoratori@id.uff.br, mariocampos@petrobras.com.br,
lbertini@id.uff.br, alessandro.copetti@gmail.com

Abstract— The crude oil refinery process must follow regulatory requirements regarding both oil and water quality during the petroleum extraction, evaluating both BSW (Basic Sediments and Water in Oil) and TOG (Total Oil and Grease in water) levels. The aim of this paper is to present a fuzzy supervisory control system to manage such levels within operational boundaries, mapping decisions made by experts in a simulated processing plant environment. The results indicate that the proposed model allows improvements in the treatment of oil and water, as well as enabling automated actions in response to possible operational changes.

Keywords— Crude Oil Refinery Process, Fuzzy Supervisory Control, BSW, TOG.

Resumo— No processo primário de separação e tratamento de petróleo existe a necessidade de manter a qualidade de extração tanto do óleo quanto da água dentro das exigências normativas, os quais são medidos através dos níveis de BSW (teor de sedimentos e água no óleo) e TOG (teor de óleo e graxa na água), respectivamente. O objetivo deste trabalho é apresentar um sistema de controle supervisório *fuzzy* para gerir tais níveis dentro de limites operacionais delimitados, mapeando decisões tomadas por especialistas em uma planta de processamento simulada. Os resultados indicam que o modelo proposto permite melhorias no tratamento do óleo e da água, além de possibilitar atuações automatizadas frente a possíveis mudanças operacionais.

Palavras-chave— Processamento de Petróleo, Controle Supervisório *Fuzzy*, BSW, TOG.

1 Introdução

Uma plataforma de petróleo recebe o óleo bruto de poços de produção e o separa em três fases: água, óleo e gás. Inicialmente, a corrente de óleo é pré-aquecida para passar por um vaso separador trifásico, dissociando óleo, água e gás. Em seguida, vasos tratadores eletrostáticos são empregados para aprimorar a separação entre óleo e água. Desta forma, o óleo tratado é então recirculado em pré-aquecedores para ser enviado aos tanques de carga; bem como a água extraída segue para os hidrociclones para um posterior descarte ou reinjeção para uma nova filtragem.

Nesse processo, uma exigência para o controle do processo é atender às normas e aos limites operacionais determinados pelos órgãos de conformidade legal, como a Marinha, o Conama e a ANP. Esses órgãos determinam que o óleo e a água estejam dentro de limites de concentração aceitáveis, sob pena de acarretar multa ou até ação criminal. Os níveis de BSW, *Basic Sediments and Water* – teor de sedimentos e água no óleo; e de TOG, *Total Oil and Grease* – teor de óleo e graxa na água;

representam medidas para tais análises.

Plantas com separadores trifásicos e hidrociclones são investigadas em (Santos and Sotomayor, 2012; Silveira, 2006), onde controles preditivos multivariáveis são aplicados para otimizar tanto o tratamento de água a ser descartada no mar quanto ajustes de pressão de válvulas. Em ambos, o controlador atua nas variáveis nível de água, nível de óleo, pressão e relação entre quedas de pressão da corrente de topo e de fundo do hidrociclone, comparando diferentes estratégias, concluindo que um sistema de controle preditivo tem uma melhor performance do que um controle clássico, como controlador PI. Adicionalmente, um controlador *fuzzy* é proposto em (Liao et al., 2008), onde o processo de uma separação bifásica, entre gás e líquido, é investigado. Nesse trabalho, é realizado o controle das variáveis pressão e nível, tendo como base um valor ótimo da razão entre a vazão de gás e líquido.

O processamento de petróleo é um processo não linear devido a possibilidade de mudanças de carga nos poços de extração e alterações no regime de escoamento na linha de produção (Cota, 2012).

Neste trabalho, existe uma terceira abordagem para controle do processo que leva em consideração as variáveis BSW e TOG, porém existe um alto custo computacional e a ação do controlador não impediu totalmente os limites serem extrapolados. Desta forma, observa-se que sistemas de controle PID, os quais são comumente utilizados em plataformas, possuem limitações para lidar com a complexidade desse processo, exigindo que operadores de produção atuem manualmente para tentar manter os limites operacionais esperados.

No trabalho de (Ribeiro et al., 2016), são realizadas análises de estratégias de controle preditivo afim de controlar e otimizar a qualidade do *gás lift* a se injetar no poço e os requisitos no processamento primário de petróleo TOG e BSW. Essas estratégias são implementadas em uma unidade de produção de *offshore* simulada computacionalmente. As principais vantagens que foram constatadas na implementação do controle preditivo neste trabalho foram a capacidade de manter a qualidade do gás frente a perturbações na planta e a entrada de óleo no separador para permitir o cálculo dos valores do TOG e BSW produzidos.

Este artigo apresenta um Controle Supervisório *Fuzzy* que incorpora medidas tomadas por especialistas no processamento primário de petróleo na sua fase líquida. O objetivo é traçar estratégias para atingir melhorias na qualidade do óleo extraído e na água a ser descartada, os quais são medidos através dos níveis de BSW e TOG, respectivamente. Além disso, tal sistema visa permitir ações de controle que sejam automáticas frente a possíveis mudanças operacionais ocorridas na planta de processamento, reduzindo ao máximo a intervenção do operador.

2 Modelagem e Simulação do Processo

A Plataforma de Produção de Petróleo em estudo encontra-se instalada em uma FPSO – *Floating Production Storage and Offloading*) e é constituída de duas plantas de processamento. A primeira planta é da própria plataforma. O óleo bruto é elevado à plataforma através de quatro *manifolds* de produção, se juntando a um *header* comum e, após, subdivide-se em dois trens de produção. A outra planta recebe o óleo que outra plataforma eleva, retira o gás e bombeia para a plataforma em estudo e, por fim, também subdivide-se em outros dois trens de produção.

Atualmente, o TOG tem que atender a resolução CONAMA 393/07 que estabelece o padrão para a qualidade da água, habilitando ou não o descarte da água produzida. O limite de concentração média aritmética simples mensal de óleo e graxas é de até 29 ppm, com valor máximo diário de 42 ppm. O não cumprimento desta norma pode acarretar multa e até ação criminal.

Já o parâmetro BSW, segundo definição da

Agência Nacional do Petróleo (ANP), refere-se à porcentagem de água e sedimentos em relação ao volume total do fluido medido. A ANP, através da Resolução Conjunta ANP/Inmetro 1/2013, exige uma concentração abaixo de 1% e, caso a produção de óleo seja realizada acima deste valor, o agente regulado deverá encaminhar uma justificativa para aprovação do órgão (passível de multa).

Por questões de simplicidade, o presente trabalho considera apenas um trem de produção da Planta de Processamento do óleo bruto elevado pela própria plataforma e um analisador de TOG por ponto de descarte, sendo um no SG e outro no TO, conforme mostra a Figura 1, a qual apresenta um esquemático do trem de produção da plataforma em estudo.

Foram estabelecidos códigos identificadores para equipamentos, instrumentos de medição, instrumentos de controle e válvulas. Os equipamentos SG-01, TO-01 e SG-03 são o separador trifásico, o tratador eletrostático e o separador atmosférico (*Surge Tank*), respectivamente. Os hidrociclones 01 e 03 estão ligados ao separador trifásico e ao tratador eletrostático, respectivamente. O elemento *Degasser* é um vaso de separação gravitacional. O identificador VLV representa uma válvula de controle de nível e LIC um controlador e indicador de nível.

O óleo bruto chega ao trem de produção e passa pelo primeiro vaso separador, o SG-01. Neste equipamento, o óleo é separado da água por meio de uma barreira interna. O fluido de menor densidade, no caso o óleo, ultrapassa a barreira e fica armazenado em outra câmara, sendo um processo totalmente gravitacional. O gás também é inicialmente separado e sai por cima do vaso. A água que sai deste vaso segue para o hidrociclone 01 para retirar algum óleo que ainda esteja associado.

O óleo que sai do SG-01 entra no TO-01 para uma nova etapa de separação. Nesta etapa é aplicado um campo elétrico para separar ainda mais a água. Caso haja uma concentração alta de água, o valor da corrente aumenta e, após atingir um limite, o equipamento é desligado. Em seguida, a água é enviada para o Hidrociclone.

Por fim, o óleo é encaminhado para o SG-03, onde o gás que ainda está associado é separado. O óleo, livre de gás e água, é encaminhado para o tanque de armazenamento para posterior *offloading*, sendo realizada a análise do teor de água no óleo (BSW), para que esteja dentro do limite estabelecido pela ANP.

A água, após sair dos hidrociclones, é enviada ao DEGASSER para decantar algum óleo que ainda esteja presente. Caso o teor de óleo e graxa na água (TOG) esteja dentro do limite estabelecido por normas da empresa e do CONAMA, a água é descartada. Caso a água esteja violando o limite, então retorna ao processo para reprocessa-

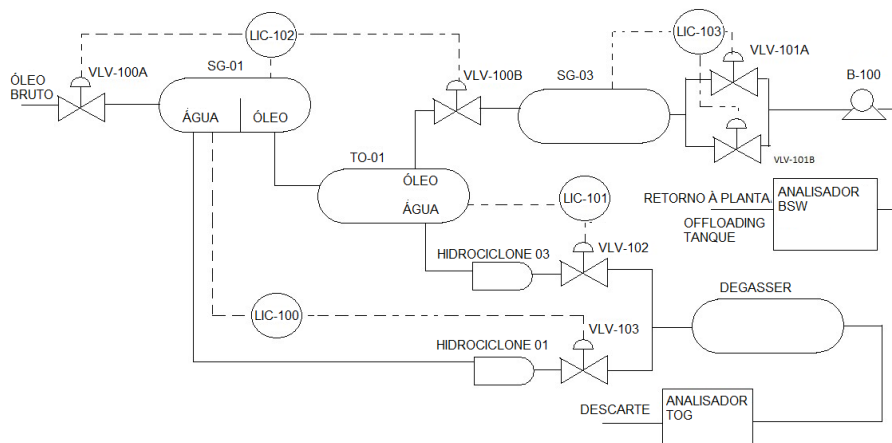


Figura 1: Esquemático do Trem de Produção

mento.

Entre os vasos existem malhas de controle com transmissores, sensores e válvulas de controle. O controle de interface é necessário para garantir tempo suficiente para a separação. O 0% de interface indica apenas óleo e 100% só água. No SG-01, uma interface de 90% garante um tempo mínimo de residência com uma produção em um ponto ótimo. Para a interface do TO-01, o nível deverá estar no máximo com 70% de água, pois acima disso resulta em alta amperagem. O controle do nível de interface é realizado por válvula após o hidrociclone. O controle de nível de óleo total é realizado apenas no TO-03 e tem um valor ótimo de 50%.

2.1 Simulação do Processo

A Planta foi modelada e simulada no UNISIM, software de simulação de processos amplamente utilizado na indústria de óleo e gás. Para a construção da simulação é necessário inserir todos os equipamentos, definir as correntes de entrada e o modelo termodinâmico para permitir inicialmente a simulação do processo no modo estático e, após, realizar a transição para o modo dinâmico, inserindo os controladores e ajustando os parâmetros. A primeira etapa para construção do simulador é definir as correntes de entrada para o processo que são o óleo, a água e o gás. Cada corrente é definida em termos de composição química e condições físicas, tais como, temperatura e pressão. Os valores foram validados pelos Engenheiros de Processamento que dão suporte a Plataforma em estudo. Como o foco do trabalho é análise da porção líquida da mistura, a corrente de gás foi definida apenas com o Metano que é o componente com maior concentração no gás e, para efeitos de simulação, aproxima-se bem do valor real.

Após, foram inseridos os equipamentos para a simulação. O separador trifásico (SG) foi dimensionado de acordo com os parâmetros de projeto, com 12 metros de comprimento e 4 metros de diâmetro (vaso horizontal). Internamente existe a

barreira que separa em duas câmaras a água do óleo. A altura da barreira é de 1,80 metros e a distância do início do vaso até a barreira é de 10 metros.

Não existe Tratador Eletrostático (TO) modelado no UNISIM. Para simular esse equipamento, utilizou-se um Separador Trifásico, o qual possui saída de gás igual a zero. Além disso, foi necessário alterar alguns parâmetros internos ao Separador, como comprimento e largura do vaso e localização dos pontos de saída de água e óleo, para possibilitar resolver a simulação e indicar o valor das variáveis, como o TOG de saída deste equipamento e vazão molar, o mais próximo de um Tratador Eletrostático real.

Foi instalado apenas um hidrociclone no modo estático para verificar se iria reduzir o valor de TOG. Constatou-se que o valor da saída de água do SG reduziu de 130 ppm para 28 ppm de TOG, o que está de acordo com a legislação. Para efeitos da simulação, foi considerado hidrociclone com 100% de eficiência.

Para simular uma região de emulsão, tanto para o Separador Trifásico quanto para o Tratador Eletrostático, foi alterado a porcentagem de óleo na água, simulando uma região de emulsão abaixo da água, e uma porcentagem de água no óleo, simulando uma região de emulsão sobre o óleo. O simulador utiliza equações de *Stokes* para simular essas emulsões. Para simular emulsão no SG, foi estabelecida experimentalmente uma quantidade de 51,6% de óleo na água e 97% de água no óleo. Para simular emulsão no TO, 58,6% de água no óleo e 7% de óleo na água.

Após definido todos os parâmetros para o modo estático, foram definidos os parâmetros para realizar a transição para o modo dinâmico. Os controles implementados foram para a variável nível no SG, com o LIC-100, e nível no TO, com o LIC-101. Portanto, existem apenas duas malhas de controle de nível no modelo: uma malha para controle do nível no separador trifásico com o LIC-100 e a VLV-103 e uma malha para controle de nível do tratador eletrostático com a LIC-101 e a

VLV-102. O controle de nível visa principalmente controlar o nível de água e óleo, permanecendo próximo às respectivas saídas, e amortecer as oscilações do processo, utilizando como referência a interface entre água e óleo.

Outra configuração que deve ser realizada é determinar as especificações de pressão-vazão de todos os equipamentos. Para o caso das válvulas, foi definida uma queda de pressão padrão de 50 kPa com a válvula toda aberta. Demais ajustes foram realizados nos equipamentos para aproximar aos valores de uma planta de processamento real.

A Tabela 1 demonstra os valores finais das variáveis de interesse no modo estático e dinâmico. Os valores de TOG e BSW estão dentro da tolerância exigida por norma, para ambos os modos.

2.2 Controlador Supervisório Fuzzy

Um Controle Supervisório *Fuzzy* é um tipo de sistema especialista que monitora as variáveis de interesse para o processo (no caso, BSW e TOG) e, com o conhecimento obtido com os especialistas para construção do conjunto de regras, compara com os valores de referência e atua em um nível superior, assumindo momentaneamente controle da planta até retornar as condições normais de processo.

A Figura 2 apresenta a estratégia adotada com os três controladores: um controlador PID que atua na abertura de uma válvula de controle em função do nível no SG, um controlador PID que atua na abertura de outra válvula de controle em função do nível no TO e um Controlador Supervisório *Fuzzy* que atua nas duas válvulas de controle, do SG e do TO, em função dos valores de BSW, de TOG no SG e TOG no TO (variáveis de entrada). Os controladores PID atuam normalmente na planta, considerando um valor de referência até ocorrer uma violação de TOG ou BSW, chaveando a ação de controle para o controlador supervisório *fuzzy*.

O controlador fuzzy foi definido como do tipo *Mamdani*, com defuzzificação pelo método centróide. As três variáveis de entrada são TOG SG e TOG TO, com os valores linguísticos normal (N), alto (A) e muito alto (MTA) e BSW, com os valores ótimo (O), normal e muito alto e duas variáveis de saída, Atuação Válvula SG e Atua-

ção Válvula TO, com os valores linguísticos, Abre Muito (ABMT), Abre (AB), Normal (N), Fecha (F) e Fecha Muito (FMT).

As funções de pertinências consideram as variações do TOG e do BSW e as ações dos operadores para manter os valores dentro dos limites estabelecidos, modificando a porcentagem de abertura das válvulas, durante o processo produtivo. Os valores das funções de pertinência das variáveis entrada foram definidos após testes realizados no simulador no modo dinâmico, modificando a abertura das válvulas do TO e do SG. A sintonia do controlador *fuzzy* foi realizada por tentativa e erro para obter um ajuste satisfatório.

As ações baseadas nos procedimentos e heurísticas levantados em conjunto com a equipe de operação da Plataforma foram divididas em dois grandes grupos, segundo as variáveis de interesse, BSW e TOG. Como exemplo de heurística, se o BSW estiver acima de 1% (valor considerado alto) e o nível também estiver alto, então a ação é de fechar muito a válvula de controle de nível do TO (VLV-102). A ação 'fechar muito' significa, com base nas ações da equipe de operação, dar um comando para fechar a válvula em 10%. As regras de controle são apresentadas na Tabela 2, com a saída no formato: Atuação válvula SG/Atuação válvula TO.

Na fase de implementação, para a integração do Controle Supervisório *Fuzzy* desenvolvido no Matlab com o simulador de processo executado pelo UNISIM, foi necessário utilizar um terceiro software, o Matrikon, permitindo a comunicação através do padrão OPC.

3 Experimentos

O experimento comparou dois cenários: o primeiro contempla o funcionamento da Planta com os controladores já existentes (controles de nível) e o segundo com o Controle Supervisório *Fuzzy* proposto.

Para os experimentos, foi modificada a abertura da válvula VLV-100A, da corrente de óleo, simulando uma alteração na vazão de óleo. O valor da vazão apresentado pelo software está em kg-mol/h pois, como está em termos de mols, todas as correntes de entrada (água, óleo e gás) podem ser escritas com a mesma unidade de vazão. Po-

Tabela 1: Variáveis de interesse na simulação

Variável	Estático	Dinâmico	Unidade
TOG SG	29,68	14,88	ppm
TOG TO	28,89	17,88	ppm
BSW	0,91	0,61	%
Nível SG	45,00	45,00	%
Nível TO	50,00	95,00	%
Abertura Válvula SG	38,27	70,00	%
Abertura Válvula TO	50,10	33,00	%

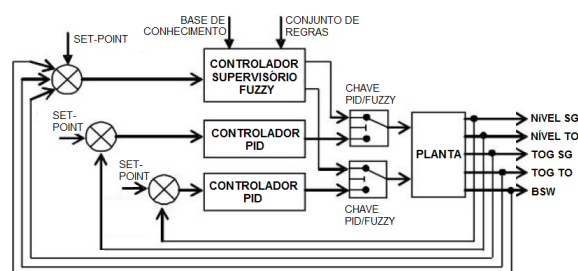


Figura 2: Controle Supervisório e PIDs

Tabela 2: Regras de Controle

	O						BSW N						MTA					
	N			A			N			A			N			A		
	TOG	SG		TOG	SG		TOG	TO		TOG	TO		TOG	TO		TOG	TO	
N	N	N		N	F		N	F		N	F		N	F		N	F	
A	F	N		F	F		F	F		F	F		F	N		F	F	
MTA	FMT	N		FMT	F		FMT	F		FMT	F		FMT	F		FMT	F	

r m, para alguns cálculos dos resultados obtidos, faz-se necessária a conversão para m^3 . Analisando a parte líquida, para realizar o cálculo de volume produzido, em m^3 , tanto para água quanto óleo produzidos, devem ser consideradas as vazões molares, as massas molares, as densidades, o tempo de simulação e um fator para converter de vazão em volume, dado por 1h/3600 segundos.

Foi considerado um tempo inicial de 90s antes de alterar a abertura da VLV-100A, mantendo uma vazão molar de aproximadamente 420 kg-mol/h, pois se constatou que esse era o tempo médio para convergência e estabilização da ação do controle, tanto para o primeiro, quanto para o segundo cenário. Após, era realizada abertura na válvula VLV-100A em 20% (de 50% para 70%), aumentando a vazão de óleo para 555 kgmol/h, simulando por mais 90 segundos. Na simulação, cada 1 segundo transcorrido equivale há 10 segundos. Portanto, o passo de tempo de integração para a simulação dinâmica   de 10 segundos. O tempo total de cada simulação é de três minutos. Tanto a atuação da válvula de óleo quanto as influências das aberturas das válvulas da saída de água do SG (VLV-103) e do TO (VLV-102) são observadas nas simulações de TOG e de BSW.

Para maior clareza na visualização dos gráficos, o TOG tem um limite máximo de 500 ppm e o BSW de 20%. No eixo do tempo, é demonstrado o tempo do simulador e não o tempo real.

Como a água descartada possui uma única saída para o mar,   necessário realizar um cálculo para definir a influência do TOG da água que é tratada no SG com o TOG da água que é tratada no TO. Assim, para definir o valor de um TOG TOTAL   necessário realizar uma média ponderada considerando os valores de TOG em cada equipamento e os respectivos volumes de água produzidos. O resultado da junção das duas correntes de água nos dois cenários, TOG do SG e TOG do TO, é apresentado nas Figuras 3 e 4.

Na Figura 3,   possível verificar que durante quase todo o tempo de simulação, o TOG ficou fora do limite operacional, impedindo o descarte. Isso ocorreu, pois como a VLV-103 ficou aberta em torno de 92%, o nível de interface óleo-água ficou mais baixo para manter o nível em torno de 45%, valor definido para referência do valor de nível, e ainda enviar uma menor quantidade de óleo para o outro vaso, o TO. Operacionalmente quando isso ocorre, o descarte para o mar é parado para evitar

envio de óleo para o mar. Porém, como demonstrado na Figura 4, o TOG ficou na maior parte do tempo abaixo de 42 ppm (enquadrado), permitindo o descarte da  gua. Destaca-se na Figura 4 a influência do TOG do TO no TOG TOTAL, que apesar de aumentar o valor do TOG, consegue também se estabilizar abaixo de 29 ppm.

Nas Figuras 5 e 6 são apresentados os resultados de BSW nas simulações. Sobre a qualidade do óleo, medido em BSW,   possível constatar, no primeiro cenário (Figura 5), que o óleo está em praticamente 50% do tempo da simulação abaixo de 1%. O maior problema é que, como o maior descontrol o foi no TOG TO e por ser o equipa-

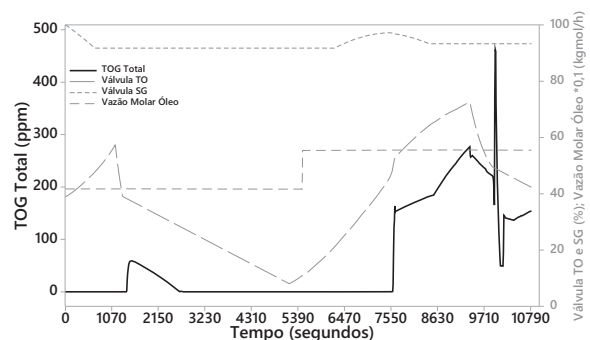


Figura 3: TOG TOTAL sem controlador fuzzy

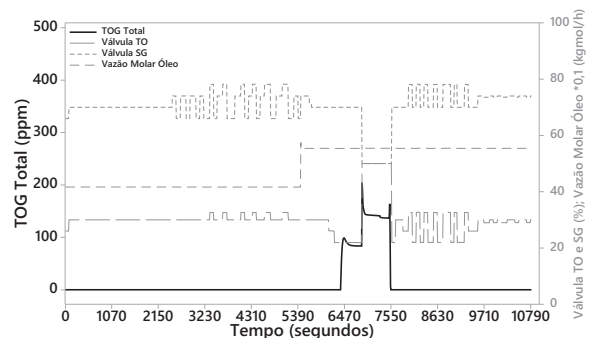


Figura 4: TOG TOTAL com controlador fuzzy

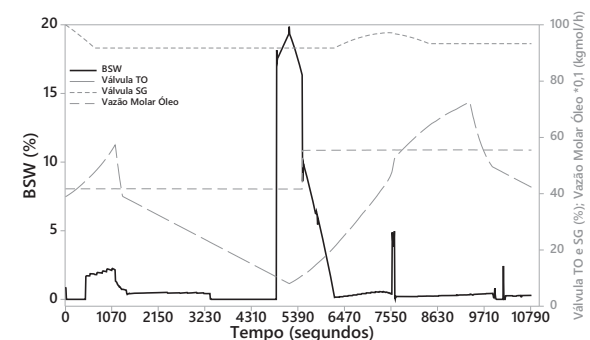


Figura 5: BSW sem controlador fuzzy

mento com maior capacidade num trem de produção, seria necessária uma redução da produção para melhorar o valor do TOG, impactando diretamente a produção de óleo.

No segundo cenário (Figura 6), sempre que a variável tendeu a extrapolar o limite, o controle atuava para manter o valor abaixo do 1%. Porém, quando ocorre descontrole tanto da variável TOG quanto do BSW, o algoritmo prioriza o controle da variável TOG (conforme regras da Tabela 2). Portanto, quando comparamos os dois gráficos, nos momentos em que só havia descontrole de BSW, o controle atua reduzindo o valor e quando as duas variáveis estão acima do limite, primeiro é corrigido o TOG para depois ser corrigido o BSW.

Analisando os resultados do segundo cenário, é possível observar que existe uma modulação mais agressiva nas válvulas em função dos valores de TOG e BSW. Esses eventos são justificados, pois o controle *fuzzy* só considera as variáveis TOG e BSW, não considerando variáveis como o nível e a vazão no controle.

Comparando os resultados obtidos, os volumes de óleo produzido e de água produzida foram aproximadamente os mesmos em ambas simulações. Sobre a parcela da produção e tratamento de água, a porcentagem do tempo do cenário 1 que o TOG ficou enquadrado, considerando o TOG TOTAL acima de 42 ppm, é de 92,14%. Ou seja, 936,66 m³ estariam acima de 42 ppm e, caso descartado no mar, seria imputado multa à empresa. Já no cenário 2, o volume desenquadrado seria de apenas 130,63 m³. Esse volume menor gera uma menor necessidade de reduzir a produção para melhorar o TOG.

Quanto ao valor do BSW, no cenário 1, durante 19,59% do tempo de simulação estava desenquadrado, enquanto no cenário 2, foram 31,79% do tempo. Ou seja, em termos de volume, o volume de óleo produzido acima de 1% é de 15,48 m³ para o cenário 1 e de 25,11 m³ para o cenário 2. Esse maior valor do BSW no cenário 2 justifica-se, pois, o algoritmo do Controle Supervisório *Fuzzy* prioriza a produção de água e o TOG.

No caso da corrente de óleo, apesar do cenário 2 apresentar uma porcentagem menor de óleo enquadrado abaixo de 0,5% em relação ao compa-

rado ao cenário 1, quando é levado em consideração as concentrações abaixo de 1% e o TOG por uma maior parte da simulação enquadrado, os resultados do segundo cenário são mais expressivos.

4 Conclusões

O presente trabalho propôs um Controle Supervisório *Fuzzy* para o processamento primário de petróleo na fase líquida, com o objetivo de manter as variáveis TOG e BSW dentro dos limites estabelecidos por norma. A maior contribuição desta solução é reduzir o tempo de atuação do operador para identificar um descontrole nas variáveis de interesse, retornando o processo ao ponto ótimo de operação, evitando a interferência manual do operador, atuando na abertura e fechamento das válvulas.

Ainda, o trabalho avança na perspectiva de melhorar a qualidade da produção, abrindo frentes para uma produção ainda mais preocupada com o meio ambiente e com a qualidade do óleo gerado. Outro ganho deste trabalho foi reunir o conhecimento que está com os especialistas, permitindo agora ajustes e uma base para treinamento de novos operadores.

Futuramente, técnicas diferentes e ajustes nos parâmetros do controlador podem ser feitos para otimizar a estratégia de controle. Adicionalmente, a implementação de golfadas e transientes tornará a simulação mais próxima do comportamento de uma planta de processamento de petróleo.

Referências

- Cota, R. E. (2012). *Controle preditivo em sistemas de produção offshore*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Liao, R., Chan, C., Hromek, J., Huang, G. and He, L. (2008). Fuzzy logic control for a petroleum separation process, *Engineering Applications of Artificial Intelligence* **21**(6): 835–845.
- Ribeiro, C., Miyoshi, S., Secchi, A. and Bhaya, A. (2016). Model predictive control with quality requirements on petroleum production platforms, *Journal of Petroleum Science and Engineering* **137**: 10–21.
- Santos, R. R. and Sotomayor, O. A. (2012). MPC com controle das saídas por faixas de um processo de produção de petróleo “offshore”, *XIX Congresso Brasileiro de Automação*.
- Silveira, M. (2006). *Controle de um processo de tratamento primário de petróleo*, Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

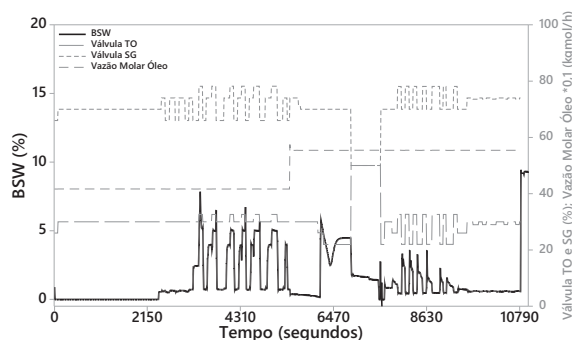


Figura 6: BSW com controlador fuzzy