

CONTROLE INTELIGENTE SUPERVISOR PARA O SEPARADOR VASPS

André Veras de Melo¹ (UNICAMP), José Ricardo P. Mendes² (UNICAMP),
Adriane Beatriz de S. Serapião³ (UNESP)

¹andre@dep.fem.unicamp.br, ²jricardo@dep.fem.unicamp.br, ³adriane@rc.unesp.br

A tecnologia de separação e bombeio submerso VASPS foi aplicada com sucesso a poços submarinos de baixa pressão e alto potencial de produção de gás. Neste sistema, a separação das fases é realizada no leito submarino, permitindo então a transmissão monofásica por tubulações diferentes. No presente trabalho, foi desenvolvida uma análise de comparação entre dois modelos conceitualmente distintos para o projeto do sistema de controle, em desenvolvimento e que utiliza a técnica de controle *Fuzzy* para a seleção final de uma rotação para a bomba BCS. O contraste é realizado no objetivo de controle, estabelecendo a discussão entre desempenho operacional e estabilidade do sinal de controle, que levou à exploração dos diversos aspectos peculiares inerentes ao sistema, seus requisitos e comportamento.

VASPS, separação submarina, BCS, Fuzzy, controle inteligente.

1. INTRODUÇÃO

A tecnologia de separação e bombeio submarino conhecida como VASPS (*Vertical Annular Separation and Pumping System*) consiste na instalação do sistema em um poço falso no leito submarino próximo ao local de produção, sendo conectado diretamente à cabeça do poço ou a um sistema de *manifold*, conforme ilustrado na Figura 1.

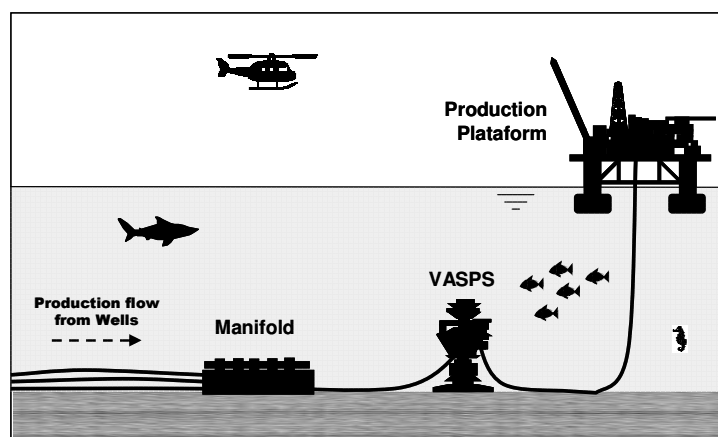


Figura 1. Representação do sistema de produção submarino.

Esta tecnologia foi aplicada com sucesso a poços submarinos com alta R_{GO} (razão gás-óleo) e baixa pressão de trabalho na cabeça do poço, aumentando a vida útil e a vazão de produção de locais que possuíam baixo potencial de produção. Esta técnica, cuja instalação e primeira operação são discutidas em do Vale *et al.* (2002), foi objeto de estudo em outros trabalhos anteriores, como em França *et al.* (1996), dado o interesse pela possibilidade de realizar o máximo da produção de forma submersa. Neste sistema, o gás livre é separado da fase líquida durante o escoamento por diferença de densidade, permitindo então a transmissão monofásica por linhas diferentes. Assim, com a separação mais próxima ao poço e sem a necessidade de bombeio multifásico, há um ganho de produção significativo, especialmente na produção de gás.

Em despeito ao interesse apresentado pela tecnologia, desde sua primeira implantação em campo no Brasil o sistema tem apresentado dificuldades em manter condições de operação de projeto, dados os distúrbios causados pelo escoamento em golfadas na entrada do sistema. Tais distúrbios aliados às não-linearidades do sistema dificultam a análise de tendência pela sua resposta, o que cria a necessidade de acompanhamento próximo de um operador. Finalmente, partidas e paradas devem ser acompanhadas de perto para garantir o seu desempenho quando frequentemente é necessária intervenção manual.

Dado tal panorama, criou-se o interesse em desenvolver estudos para o projeto de controle, de forma a melhorar o desempenho do sistema. Um modelo simplificado foi idealizado por Teixeira *et al.* (2004), refletindo a dinâmica básica de funcionamento do sistema, de forma a conceber um controlador suficientemente eficaz que permita uma operação estável em laboratório para realizar o detalhamento desse modelo bem como iniciarem-se as simulações dos aspectos de controle, como resposta, estabilidade e perturbações diversas.

Para o modelo em utilização neste trabalho, tem-se como variável controlada o nível do reservatório inferior de líquido, apresentado na Figura 2 como ‘piscina’, e como variável manipulada a frequência de rotação da bomba, o sinal de controle. A variável controlada deve seguir o valor da referência dentro de certa faixa de estabilidade, cujo limite superior representa o limiar para o abaixamento da eficiência de separação de bolhas no helicóide, o que alimentaria a bomba com uma fração de gás muito alta no fluido, e cujo limite inferior é determinado pela altura física da admissão da bomba, que não deve receber gás já separado. Em ambos os casos, o bombeamento estará comprometido, causando parada no sistema.

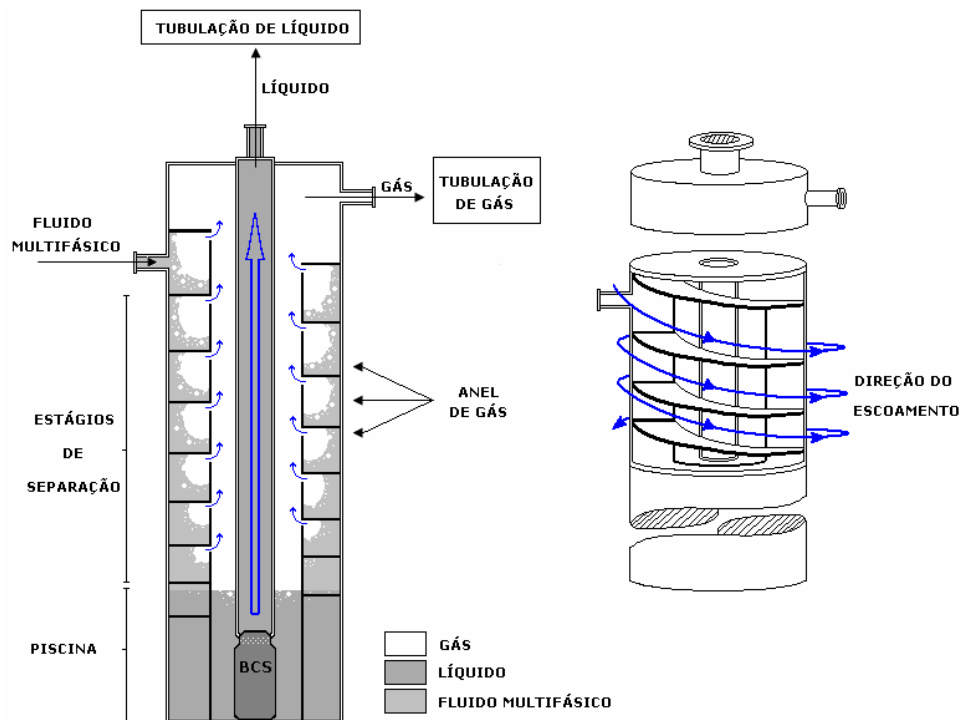


Figura 2. Diagrama esquemático do Sistema VASPS.

A partir do modelo simplificado de Teixeira *et al.* (2004), e do levantamento realizado em Teixeira *et al.* (2006) foram conduzidos dois estudos com abordagens diferentes para o sistema de controle, e o contraste entre as duas abordagens será objeto de discussão neste trabalho. A primeira abordagem, chamada aqui de Solução A, apresentada em de Melo *et al.* (2007a) e de Melo *et al.* (2007b) procura melhorar o desempenho do sistema, realizando um controle *Fuzzy*-PID para a variação do nível da ‘piscina’, minimizando o erro deste contra o sinal de referência. A segunda, a Solução B, é voltada para a estabilização do sinal de controle de forma minimizar a quantidade de rampas de aceleração da bomba que realiza o BCS (bombeio centrífugo submerso), aumentando sua vida útil e reduzindo custos operacionais, em detrimento do controle de nível, que deve oscilar dentro da faixa de estabilidade.

2. REVISÃO DA LITERATURA

Para a modelagem preliminar do sistema fluidodinâmico, é necessário remeter aos livros de Mecânica dos Fluidos para realização do balanço de massa, como White (2002), e para livros que tratam de escoamento multifásico ou escoamento em golfadas para modelagem do distúrbio, como Griffith e Wallis (1961) e Hetsroni (1982). Estes últimos permitem aprofundar o conhecimento para regimes de escoamento em golfadas, bem como para os processos e equipamentos envolvidos, de forma a compor a função temporal das golfadas que será usada como distúrbio de entrada no sistema.

Para o desenvolvimento de técnicas complementares de controle ao PID industrial existente em campo, é necessário considerar as bibliografias tradicionais na área, como Ogata (2003), de forma a se compreender o

problema de controle. Adicionalmente, na exploração de novas técnicas pode ser utilizado controle *Fuzzy*, que lida bem com sistemas não lineares, como é o caso, dado o efeito da curva da bomba BCS. Assim, podem ser utilizados Jager (1995), Passino e Yurkivich (1998) e Riid (2002), que apresentam interessantes técnicas de controle *Fuzzy*-PID utilizadas na Solução A, e introduzem os conceitos para a formulação da Solução B.

Ademais, o desenvolvimento da Solução A partiu de pesquisas a diversas abordagens diferentes de *Fuzzy*-PID, como Janzen (1998), Santos *et al.* (1996) e Babuska (1994), tomando como referência principal o trabalho de Nauta Lemke *et al.* (1985). Com resultados parciais e melhor entendimento do sistema, novas soluções foram desenvolvidas variando-se a técnica de acordo com os requisitos de projeto. Nesse contexto foi importante o contato com a experiência de campo para guiar o estudo acadêmico desenvolvido.

3. METODOLOGIA

A modelagem do sistema dinâmico, incluindo a bomba BCS, um gerador de golfadas e a dinâmica do nível, e a modelagem dos dois controladores é apresentada em três seções distintas, com suas respectivas equações governantes, diagrama de blocos e discussões. O modelo teórico do processo foi posto sob simulação computacional com cada uma das técnicas de controle abordadas de forma a avaliar o comportamento do sistema e compará-lo com a experiência em campo. Esta etapa de conhecimento do sistema permitiu selecionar e corrigir a técnica mais adequada para futuras montagens experimentais, resultando na definição de um compromisso entre custos operacionais e desempenho do sistema.

Para a etapa experimental do projeto, com o sistema de controle conceitualmente definido, o modelo simplificado utilizado para as três componentes supracitadas – a bomba BCS, o gerador de golfadas e a dinâmica do nível – será mais rigorosamente calibrado e levantado. Para a elaboração da malha de controle, o conjunto de equações diferenciais e temporais definidas é suficiente.

3.1 Modelo do Processo

A disposição do diagrama de blocos é apresentada na Figura 3, sendo a variável controlada (o Nível) regida de acordo com a Equação 1, e a curva da bomba BCS, não linear, de acordo com a Equação 2. Basicamente, este modelo utiliza o erro de Nível como parâmetro de controle para encontrar uma rotação ideal pelo controlador no inversor de frequência. Com essa rotação, utiliza-se a curva da bomba BCS para identificar a vazão de saída impressa no sistema que, conjugada com a vazão de entrada calculada pelo gerador de golfadas, permite calcular a variação de Nível dada pela Equação 1. A malha é fechada para o cálculo do erro de realimentação e reflete os princípios básicos de funcionamento do VASPS no sistema real.

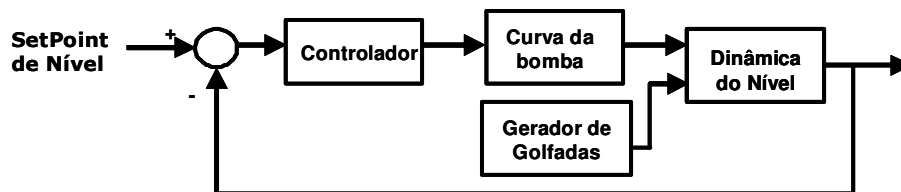


Figura 3. Diagrama de blocos com o detalhamento da planta do sistema VASPS.

$$\frac{dN}{dt} = \frac{4}{\pi(d_e^2 - d_i^2)} \left(\dot{Q}_{oe} - \dot{Q}_{os} \right) \quad (1)$$

$$\dot{Q}_{os} = -0.0577 \cdot f^3 + 8.0786 \cdot f^2 - 249.18 \cdot f - 263.36 \quad (2)$$

Nestas equações, d_e e d_i são respectivamente os diâmetros interno e externo da piscina do VASPS em metros, N é o nível também em metros, $\dot{Q}_{oe}$ e $\dot{Q}_{os}$ são as vazões de entrada (golfadas) e saída (bomba) em metros cúbicos por segundo e f é a frequência de rotação da bomba BCS em Hertz.

O papel do gerador de golfadas no sistema é de extrema importância para a concepção e validação do modelo computacional, pois este é o responsável por simular todos os distúrbios de campo que tornam complexa a operação do separador, constituindo uma ferramenta essencial para a avaliação da robustez do conceito de controlador proposto e sua sensibilidade às variações no escoamento. O comportamento da vazão de entrada para o gerador de golfadas inicial é apresentado na Figura 4.

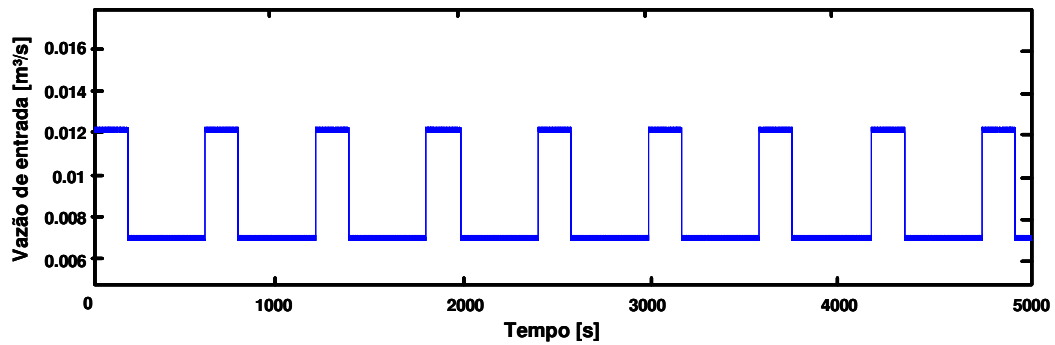


Figura 4. Taxa de entrada da fase líquida do fluido inserida pelo Gerador de Golfadas.

Ao longo do projeto, o gerador de golfadas foi sendo reforçado para simular condições mais severas, de forma a avaliar, para a Solução B, o objetivo do controlador de manter o sinal de controle o mais estável possível. Esta validação credita ao modelo desenvolvido maior confiança conceitual. Dessa forma, ao fim das simulações as golfadas tiveram seu período e amplitude feitos aleatórios, compondo o sinal de distúrbio apresentado na Figura 5.

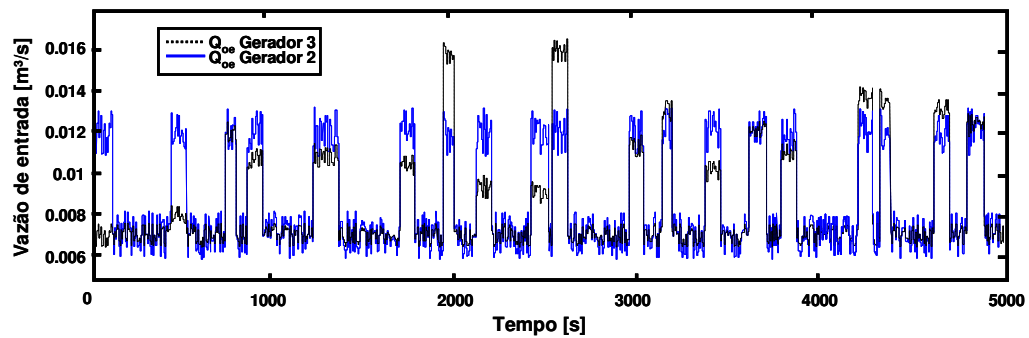


Figura 5. Comparativo entre o segundo e terceiro geradores de golfada.

3.2 Solução A

Esta solução é a aplicação do conceito do *Fuzzy* PID supervisor com o propósito de melhorar a resposta dinâmica do VASPS. Mantendo o controlador PID original na malha principal do sistema, o supervisor varia as constantes P, I e D em tempo real, reforçando o sinal de controle próximo às regiões de estabilização do erro e sua variação, melhorando o desempenho sem intervir no processo diretamente.

O conceito de controlador híbrido é mais bem visualizado conforme apresentado na Figura 6, que apresenta o controlador inteligente em nível hierárquico superior ao PID, tendo as mesmas entradas que seu objeto, e alterando as constantes de projeto do controle convencional, auto ajustando-as de acordo com o *status* operacional do sistema.

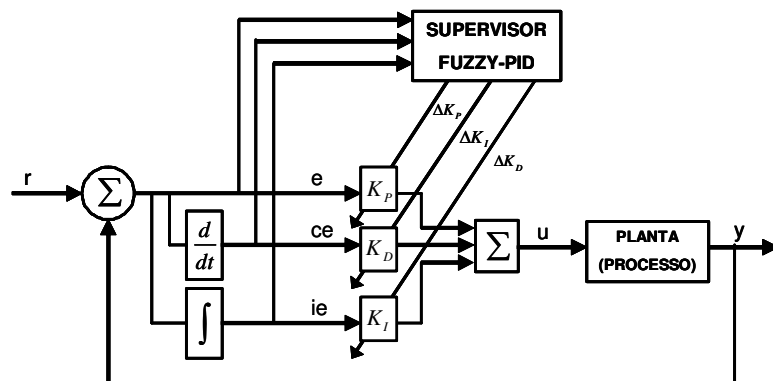


Figura 6. Diagrama de blocos com o detalhamento do sistema de controle do VASPS.

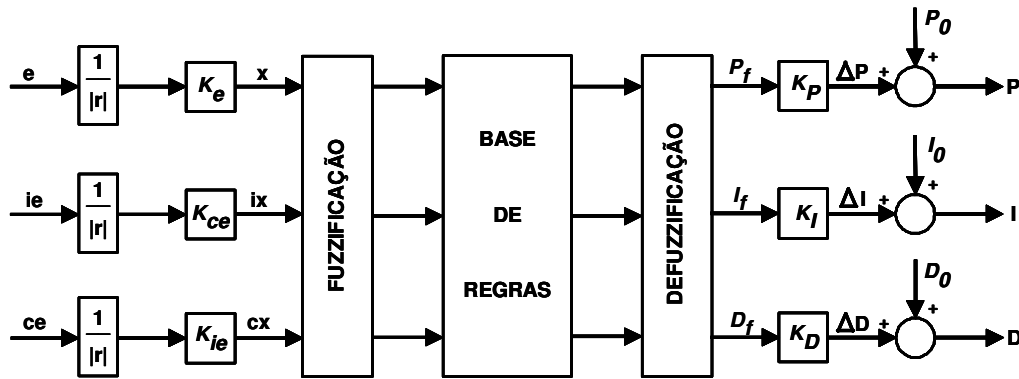


Figura 7. Detalhamento do bloco do supervisor *Fuzzy*-PID.

Para a composição da lógica *Fuzzy*, foram utilizadas variáveis normalizadas apresentadas na Figura 7. Com estas, foram compostas as regras do tipo Sugeno que têm como objetivo reforçar a ação de controle nos pontos em que o sinal de controle deve agir e reduzir ou anulá-lo nas situações de contribuição indesejada, aumentando ou reduzindo o valor da constante de controle (K_P , K_D ou K_I), e conseqüentemente o sinal de controle.

3.3 Solução B

Tomando como base o elevado custo de substituição de uma BCS em campo, para aumentar sua vida útil é necessário que seu sinal de controle se altere o mínimo possível para manter o Nível dentro de uma faixa de estabilidade. Assim, foram definidos dois valores, PS (pressão de separação) e QB (quebra da bomba) entre os quais o nível pode variar livremente. Nas simulações foram utilizados os valores de 40 e 20 metros, e então dois conceitos foram explorados:

- **Modelo Nível Médio:** variar a rotação da BCS apenas quando houver uma variação significativa na média do nível lido, ou quando o nível instantâneo estiver próximo aos limiares estabelecidos;
- **Modelo Classificador:** classificar o nível real com um valor de pertinência e criar faixas de rotação móveis com o *setpoint* dentro da região de projeto, alterando a rotação para valores críticos.

Em ambos os modelos há regiões de trabalho dentro da faixa de estabilidade para evitar que a rotação tenha grandes variações. Estas regiões foram definidas de acordo com conjuntos nebulosos para cada modelo utilizando também regras do tipo Sugeno para cálculo da variável de saída.

3.2.1 Modelo Nível Médio

Um parâmetro n define a quantidade pontos usados para cômputo da média móvel do nível, e o diagrama do modelo é apresentado na Figura 8. O nível normalizado é aplicado aos conjuntos nebulosos na Figura 9, e a rotação de saída, definida por região, assume os valores definidos na base de regras da figura.

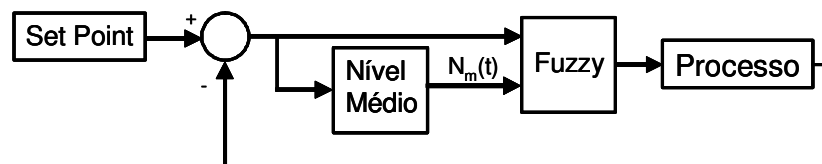


Figura 8. Diagrama de blocos do controlador do modelo Nível Médio.

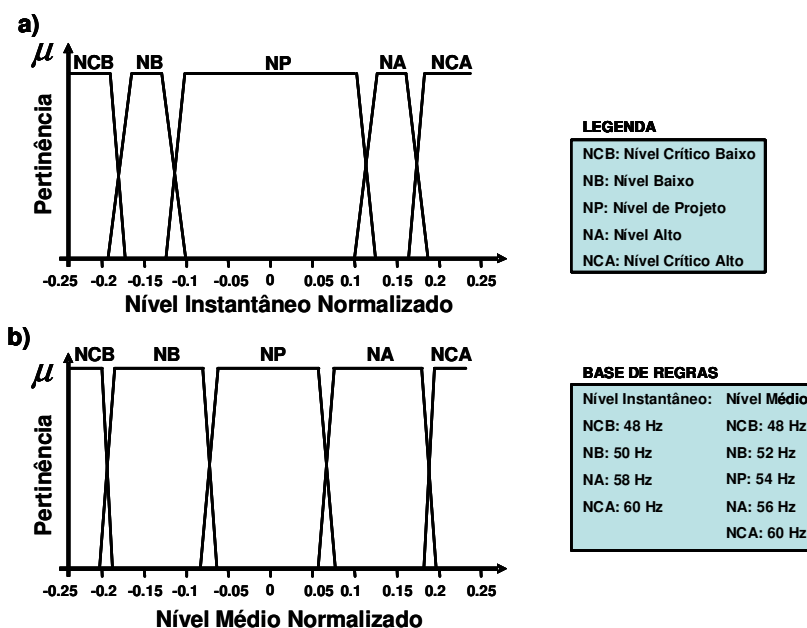


Figura 9. Conjuntos nebulosos e base de regras para o modelo Nível Médio.

3.2.2 Modelo Classificador

Neste modelo, a região de trabalho permite variação do *setpoint*, diferentemente do modelo anterior, uma vez que esta variação fará a função de classificação da pertinência ter sua inclinação alterada, como apresentado na Figura 10, imaginando PS e QB fixos, e o *setpoint* SP variando no eixo das abscissas.

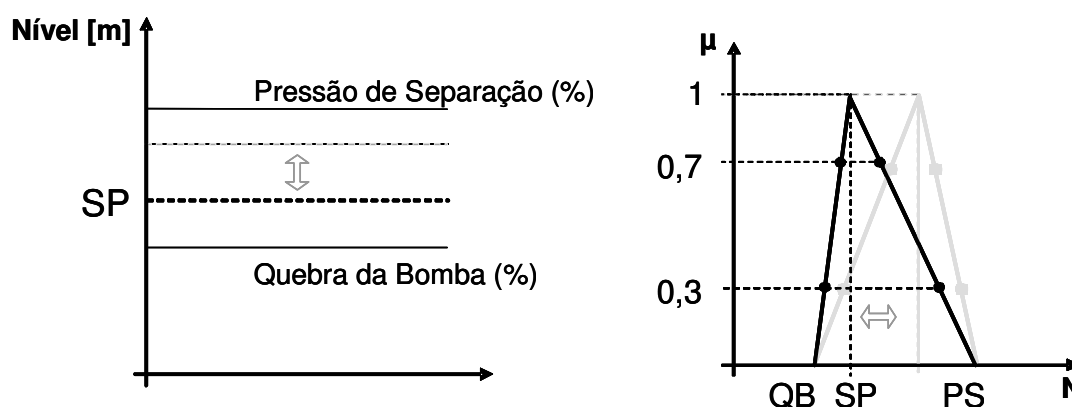


Figura 10. Função de classificação do Nível para tratamento no modelo Classificador.

O diagrama de blocos é apresentado na Figura 11, e os conjuntos nebulosos na Figura 12, onde é possível verificar que há uma larga faixa de rotação fixa na região de projeto, atuando com outras rotações apenas quando estritamente necessário. Embora isso reduza em muito a atuação da bomba, também ocorre de se imprimir um alto erro estacionário na resposta, como será visto nos resultados.

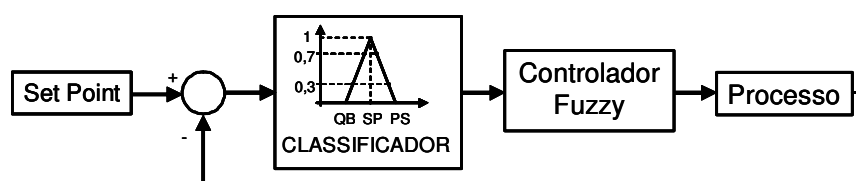


Figura 11. Diagrama de blocos do controlador do modelo Classificador.

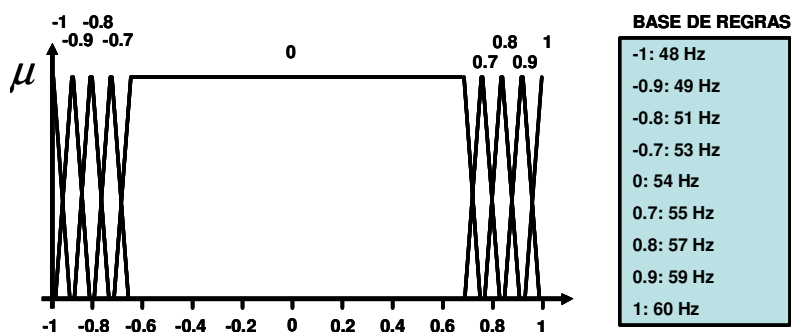


Figura 12. Conjuntos nebulosos e base de regras para o modelo Classificador.

4. RESULTADOS

4.1 Solução A

As simulações levaram em consideração a partida do sistema com o nível do reservatório em seu valor mínimo de forma a avaliar o desempenho em um caso crítico e com leitura real abaixo da referência. Esta situação permite avaliar a resposta do sistema no enchimento, que é mais crítico que o esvaziamento, uma vez que a bomba deve ser acionada apenas após estar submersa, sendo estritamente necessário um comportamento controlado. A referência de nível para o sistema foi de 30 metros e as simulações foram realizadas com o sistema supervisor e sem este para efeito de comparação e mensuração da melhoria no desempenho.

A situação crítica imposta permite a avaliação da resposta em regime transiente e seu estacionamento após este período. Este efeito está reproduzido na Figura 13, onde é apresentada a resposta do sistema com o controlador PID puro contra a resposta com o controlador FPID. Além da resposta do sistema, está sendo avaliado o sinal de controle que gerou a dada resposta.

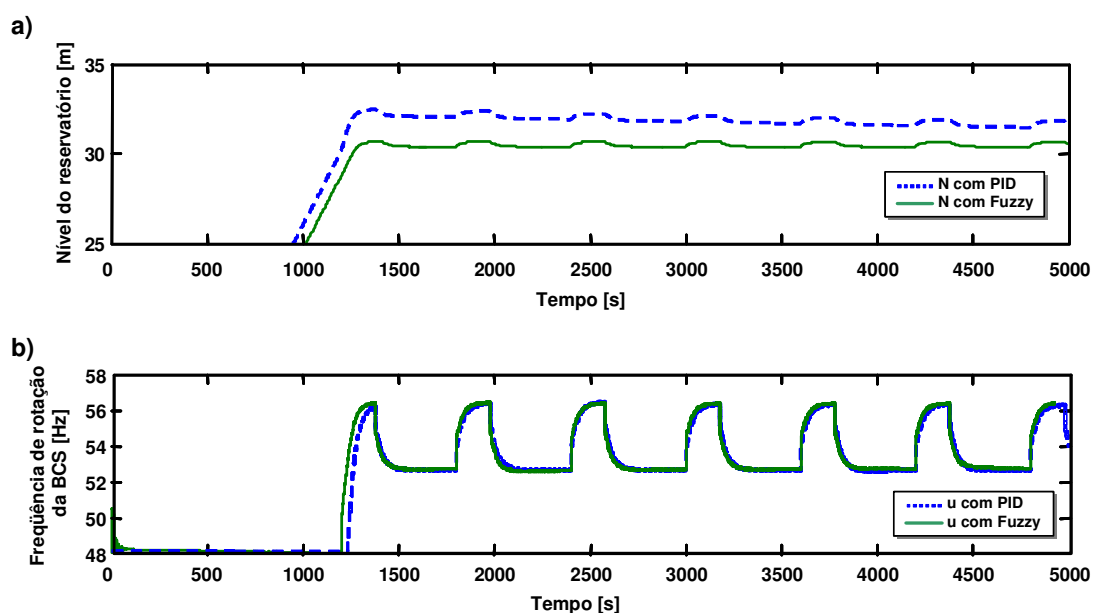


Figura 13. Comparativo da resposta e do sinal de controle entre o PID e o FPID

Nota-se na resposta a melhoria no sobressinal e tempo de estabilização, provocados pela não saturação do controlador, evitada pelo controle *Fuzzy* ao eliminar contribuições indesejadas no sinal de controle. Além disso, o adiantamento na atuação permitiu menor erro estacionário no regime transiente com uma energia de controle muito parecida, efeito causado pelo reforço da constante de controle.

O desempenho obtido, que era o objeto de estudo deste modelo, foi alcançado sem perda de qualidade no sinal de controle e sem perda de estabilidade. Além disso, os dados colhidos nas simulações permitiram revelar melhorias de desempenho que são aplicáveis a outros tipos de sistemas além do VASPS, dado que é um projeto de aplicação de controle inteligente a um processo em operação utilizando o difundido controle PID. Ainda, o

avanço nos estudos permite que novas abordagens sejam tomadas na exploração de diferentes pré-requisitos para o bom funcionamento do separador, sendo o nível de supervisão proposto neste trabalho ideal para agregarem-se novos recursos ao controlador. No caso mínimo, o sistema está aberto à integração de mais variáveis a influenciar no processo, dado que o potencial de utilização da tecnologia ainda permite uma exploração mais profunda.

4.2 Solução B

4.2.1 Modelo Nível Médio

Foram realizadas simulações para o nível inicial do reservatório em 60 metros, ou seja, completamente cheio, usando três valores de n , 500, 2000 e 5000, apresentadas na Figura 14. Este nível inicial é usado para as partidas do sistema com óleo diesel antes de abrir a entrada de fluido multifásico, e permite avaliar a resposta do sistema no regime transiente para uma condição de erro inicial muito grande.

As curvas permitem verificar o efeito de n . Quanto menor o n , mais próximo o nível médio está do instantâneo e, portanto, maiores são as variações no sinal de saída, uma vez que os picos estão refletidos no nível médio. Do contrário, quanto maior, mais lenta e gradual é a reação do controlador, o que permite picos mais distantes da referência. Em ambas as simulações, nota-se este comportamento, de forma que para o valor intermediário de n , 2000, não tem-se picos destacados na resposta, bem como um comportamento mais descendente e ascendente do sinal de controle, ao invés de uma oscilação brusca a cada amostragem.

Nota-se uma diferença conceitual muito grande com relação à Solução A. Este modelo é muito mais robusto no tangente à qualidade do sinal de controle, em detrimento do desempenho. O controlador é mais simples, até mesmo computacionalmente, e está mais ligado às necessidades de campo apresentadas. A idéia de se utilizar o nível médio para composição de um sinal de tendência foi bem recebida e mostra-se uma ferramenta válida para experimentação.

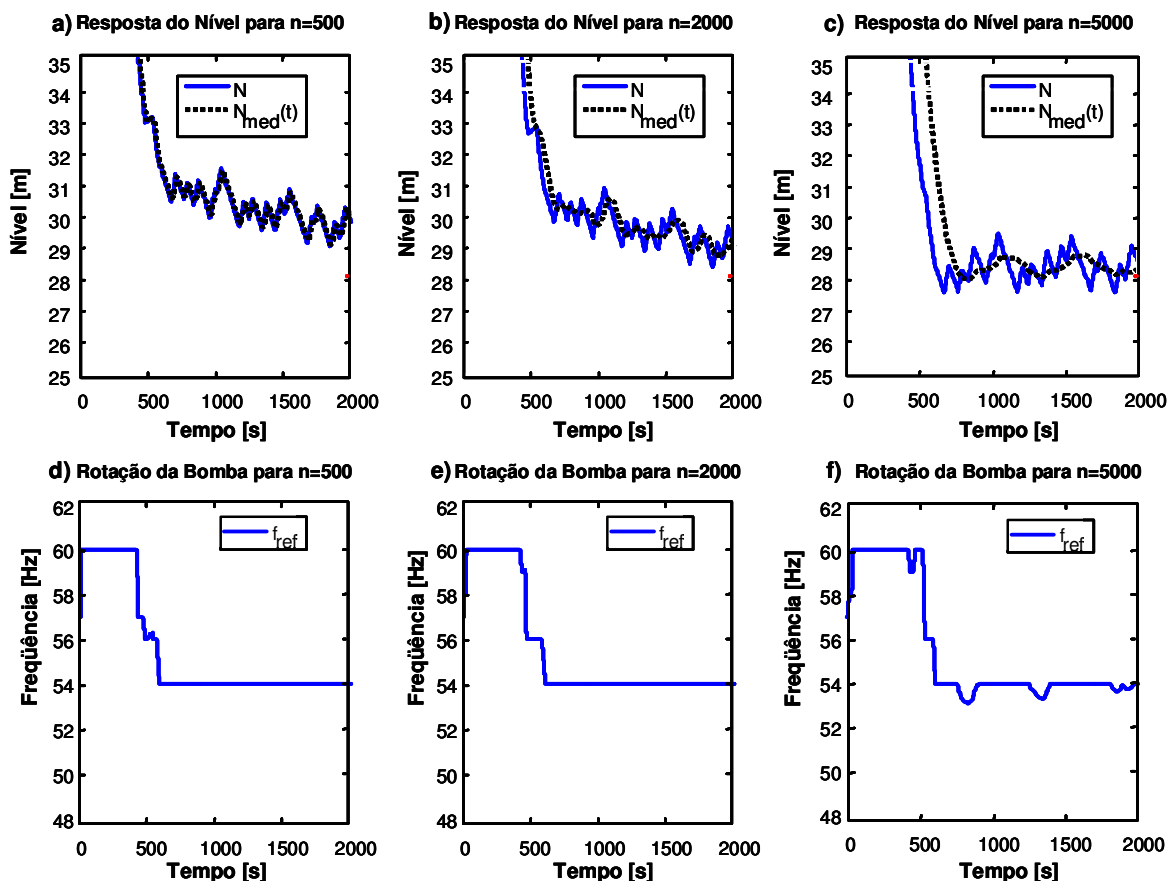


Figura 14. Resposta e Sinal de controle para três simulações do modelo Nível Médio.

4.2.2 Modelo Classificador

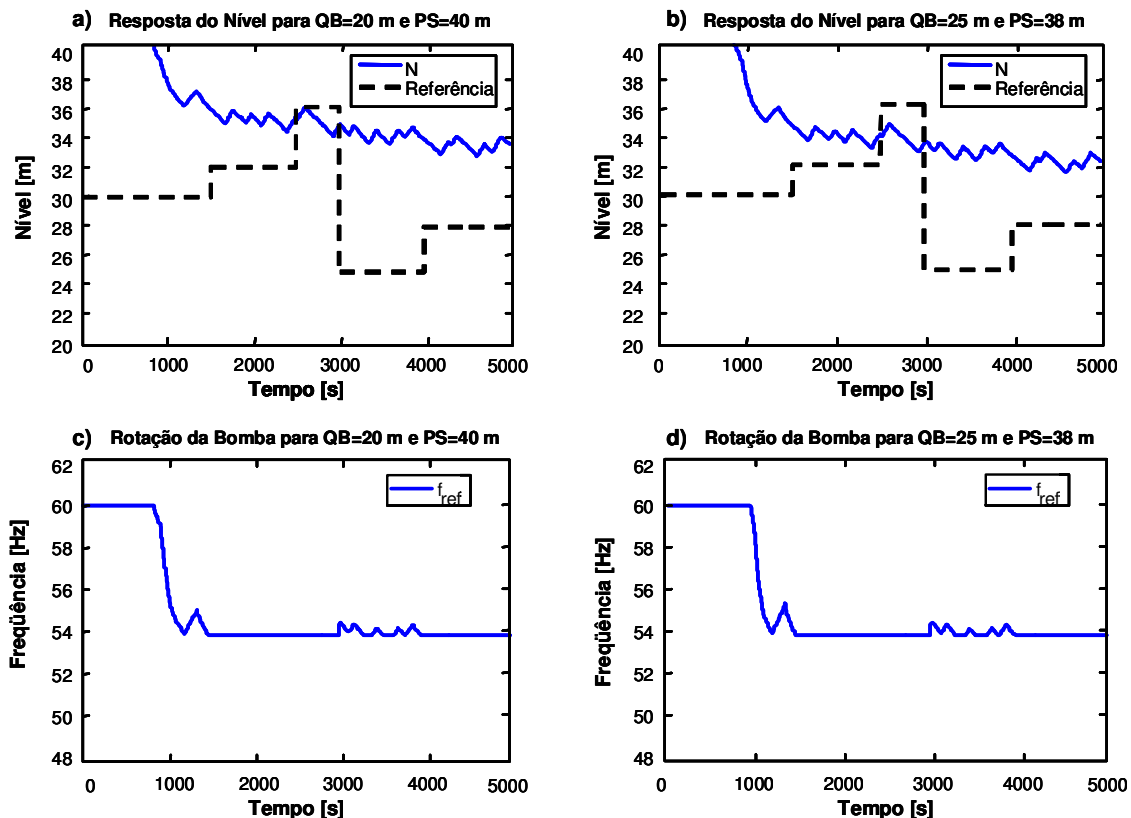


Figura 15. Resposta e Sinal de controle para duas simulações do modelo Classificador.

Este controlador foi realizado com o intuito de robustez máxima, uma vez que monitora a faixa de estabilidade e possui uma grande região de rotação constante no centro da faixa de pertinência. Dessa forma, foram tomadas medidas para checar tal característica. A primeira foi utilizar o mesmo sinal de referência variável das simulações anteriores para todas as simulações deste controlador, avaliando se é possível perturbar a estabilidade do sinal de controle. Além disso, as constantes QB e PS foram movidas para dentro do intervalo de nível de projeto para avaliar o efeito causado por um controle mais rígido no processo, sendo comparadas com os valores anteriores de 20 e 40 para os quais também foram feitas simulações. Estas constantes assumiram os valores de 24 e 38 metros sendo apresentados nos gráficos da direita, conforme a Figura 15, onde é apresentada a simulação para o nível inicial de 60 metros.

Conforme esperado, o controlador mostrou-se bastante robusto e teve uma transição mais suave que no modelo Nível Médio. No entanto, houve o efeito colateral de não acompanhamento de *setpoint*, uma vez que não há ajuste na região de projeto, o que explica as pequenas oscilações, que ocorrem porque o nível se estabiliza próximo à região de transição, não minimizando o erro.

5. CONCLUSÃO

Este trabalho ilustra a importância de se conhecer o sistema real e o objetivo de um projeto de melhoria de controle. É importante para o desenvolvedor conhecer o comportamento do sistema já na fase inicial de forma a constituir modelos simplificados que representem os preceitos básicos a serem abordados, para que o detalhamento do modelo possa ser dado apenas na fase experimental. Além disso, o objetivo de um controle industrial pode variar a ponto de redefinir o conceito de desempenho para um dado processo. O contraste entre desempenho e estabilidade é sempre uma questão levantada em automação de processos, e pode levar à reformulação de projetos.

O caso VASPS apresentou um modelo voltado ao desempenho que cumpriu sua tarefa, mas exige da bomba uma operação muito brusca. Ao se realizarem controladores voltados para a estabilização do sinal de controle, conseguiu-se com o modelo Nível Médio um controlador que mantém o sinal bem comportado, com variações suaves ao longo da região de projeto, mas que não aceita variações de *setpoint*, e com o modelo Classificador, um controlador robusto, mas que não atua sobre o sistema como desejado, sendo insensível às suas variações que indicam a tendência do sistema. Para projetos futuros, um modelo híbrido pode ser elaborado, corrigindo também as oscilações presentes nas transições entre conjuntos nebulosos, de forma que se torna interessante

realizar análises preditivas de comportamento ou reforçar as debilidades de cada modelo com as vantagens do outro.

6. REFERÊNCIAS

- BABŮSKA, R. **Fuzzy modeling for control**. Boston: Kluwer, 1998.
- DE MELO, A. V.; MENDES, J. R. P.; SERAPIÃO, A. B. S.; GUILHERME, I. R.; ESTEVAM, V. Controle supervisor inteligente para o separador submarino VASPS. In: IV CONGRESSO RIO AUTOMAÇÃO, 2007, Rio de Janeiro. **Anais do IV Congresso Rio Automação 2007**. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás, 2007. IBP568_07.
- DE MELO, A. V.; MENDES, J. R. P.; SERAPIÃO, A. B. S.; ESTEVAM, V. Fuzzy tuned PID control for the VASPS subsea separator. In: 6th Brazilian Conference on Dynamics, Control and their Applications, 2007, São José do Rio Preto. **Proceedings of the 6th Brazilian Conference on Dynamics, Control and their Applications**. São José do Rio Preto: IBILCE – UNESP.
- DO VALE, O. R.; GARCIA, J. E.; VILLA, M. VASPS installation and operation at Campos Basin. **Offshore Technology Conference**, OTC 14003. Houston, Texas. Maio de 2002.
- FRANÇA, F. A.; ROSA, E. S.; BANNWART, A. C.; MOURA, L. F.; ALHANATI, F. J. Hydrodynamic studies on a cyclonic separator. **Offshore Technology Conference**, OTC 8059. Houston, Texas. Maio de 1996.
- GRIFFITH, P., WALLIS, G. B., Two-Phase Slug Flow, **Trans. ASME. J. Heat Transfer**, 83, 307 (1961).
- HETSRONI, G. **Handbook of multiphase systems**. Nova Iorque: McGraw-Hill Co., 1982. 1024p.
- JAGER, R. **Fuzzy logic in control**. Ph.D. Thesis, Technich University Delft, ISBN 90-9008318-9, Dutsh, 1995.
- JANTZEN, J. **Tuning of Fuzzy PID controllers**. Technical Report n°. 98-H 871. Department of Automation/ Technical University of Denmark, Lyngby, Dinamarca, 1998.
- OGATA, K. **Engenharia de controle moderno**. 4ª Edição. São Paulo: Prentice Hall, 2003. 788p.
- PASSINO, K. M.; YURKOVICH, S. **Fuzzy control**. ISBN 0-201-18074-X. Publication Menlo Park, California. Addison Wesley Longman, Inc., 1998.
- RIID, A. **Transparent Fuzzy Systems: modeling and control**. Ph.D. Thesis on Informatics and system engineering, Tallinn Technical University, Estonia, 2002.
- SANTOS, M.; DORMIDO, S.; DE LA CRUZ, J. M.; DE MADRID, A. P. Between Fuzzy-PID and PID-Conventional Controllers: a Good Choice. In: Biennial Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society-NAFIPS, 1996, Berkeley. **Proceedings of the 1996 Biennial Conference of the North American Fuzzy Information Processing Society-NAFIPS**. Berkeley: IEEE, 1996. pp. 123-127.
- TEIXEIRA, A. F.; MENDES, J. R. P.; SERAPIÃO, A. B. S.; GUILHERME, I. R. Controle inteligente para o sistema de separação e bombeamento submarino – VASPS. **Rio Oil & Gás Expo and Conference 2006**, IBP1802_06. Rio de Janeiro, Brasil.
- TEIXEIRA, A. F.; MENDES, J. R. P.; ESTEVAM, V.; GUILHERME, I. R.; MOROOKA, C. K.; RIGO, J. E. Um controlador *fuzzy* para o sistema de separação e bombeamento submarino – VASPS. **Rio Oil & Gás Expo and Conference 2004**, IBP11804. Rio de Janeiro, Brasil.
- VAN NAUTA LEMKE, H. R., DE-ZHAO, W. Fuzzy PID supervisor. In: 24th IEEE Conference on Decision and Control, 1985, Fort Lauderdale, Florida, USA. **Proceedings of the 24th IEEE Conference on Decision and Control**. Fort Lauderdale, Florida, USA: IEEE, 1985.
- WHITE, F. M., **Mecânica dos Fluidos**, Editora McGraw-Hill, 4a edição, (2002).

INTELLIGENT SUPERVISOR CONTROL FOR THE VASPS SEPARATOR

The *Vertical Annular Separation and Pumping System*, VASPS, has been applied to low pressure subsea wells with high gas production potential. In this system, the separation is carried on the sea bed, thus allowing the monophasic transmission through different pipelines. In the present work, it is developed an analysis between two conceptually distinct models for the control system, which is under development and uses the Fuzzy Control technique for the ESP pump speed selection. The contrast is held on the objective of each controller, placing the operational performance against the stability of the control signal, what lead to the exploration of many specific aspects of the system, its behaviour and requisites.

VASPS, subsea separation, ESP, Fuzzy, smart control, performance, stability

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste artigo.