



Nome: _____ Matrícula: _____

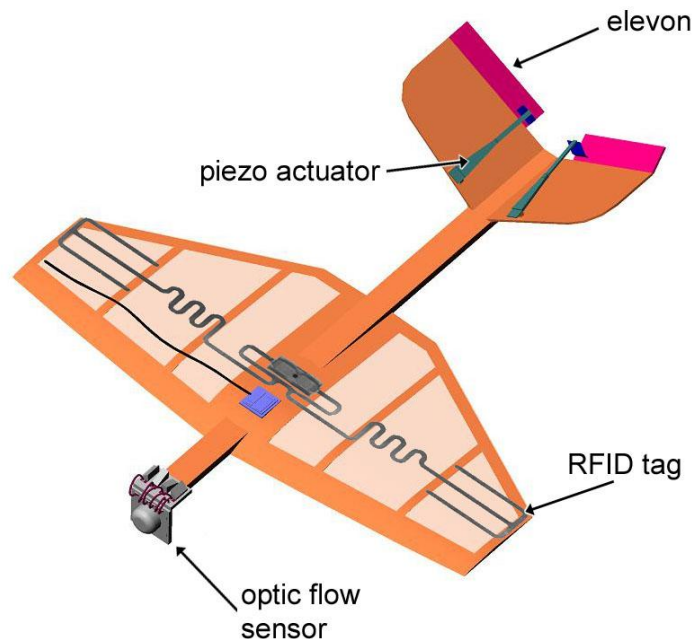
RESOLUÇÃO 3ª PROVA ICIN 2º/2013

Questão 1: (3,5) As seguintes sentenças são Verdadeiras ou Falsas? Caso considere algum item falso, é necessário justificar. (Se alguma parte da sentença é falsa, considere a sentença falsa. É necessário indicar todas as partes falsas).

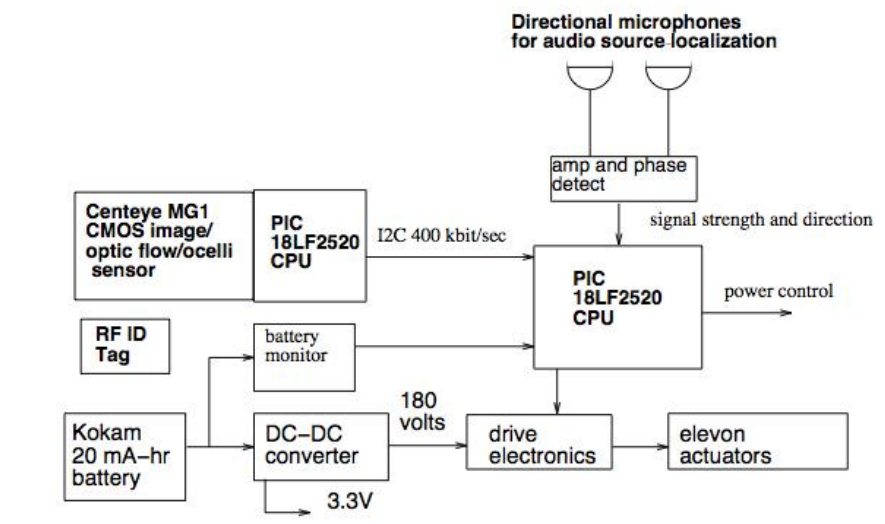
- (0,5) Paradigmas diferentes oferecem formas alternativas de se abordar um certo problema. Alguns paradigmas são mais adequados que outros em determinadas situações. Desta forma o projeto de controladores para sistemas lineares dispensa o uso da lógica fuzzy, não haveria benefícios.
- (0,5) A “praga da dimensionalidade” no contexto de sistemas inteligentes se refere ao problema em que temos sistemas MIMO – Multiple Input, Multiple Output, com um grande número de entradas e um grande número de saídas.
- (0,5) O número de épocas utilizadas para se treinar um sistema ANFIS é sempre bem menor que o número de épocas típico de um sistema MLP com treinamento Levenberg-Marquardt.
- (0,5) Qualquer mapeamento não-linear, $u=f(x,y)$, pode ser representado por uma inferência fuzzy com precisão arbitrária.
- (0,5) O ser humano utiliza regras em seu processo decisório. Um adulto se distingue, entre outros aspectos, de uma criança, por utilizar “regras de comportamento consolidadas”. Há uma nítida redução da plasticidade no adulto enquanto a criança aprende testando os “limites”.
- (0,5) Diferentes funções de pertinência (e.g., trapezoidal, gbell, gaussiana etc) podem ser utilizadas na inferência fuzzy. Se considerarmos um conjunto de regras fixas (antecedentes e consequentes), a substituição das funções de pertinência não alterará a inferência fuzzy.
- (0,5) Mamdani e Sugeno são duas implementações “estáticas” da lógica multivalorada. Sistemas dinâmicos podem ser obtidos pela introdução de TDLs – *Time Delay Lines*. Esta realização particular da dinâmica não-linear (composição de elementos de atraso com bloco não-linear) é provavelmente utilizada no cérebro humano.

- V** – A inferência fuzzy produz um mapeamento linear não-dinâmico. Um mapeamento linear pode ser facilmente produzido por uma matriz: $y = A.x$.
- F** – a praga da dimensionalidade refere-se à dimensão do espaço de busca. Em sistemas não lineares, contexto típico de sistemas inteligentes, a partição fina do espaço de busca, necessária para que todos os aspectos relevantes sejam abrangidos, leva a um esforço computacional proibitivo.
- F** – o algoritmo de treinamento híbrido utilizado em sistemas ANFIS é baseado na solução linear dos consequentes (método dos mínimos quadrados) e no gradiente descendente para os parâmetros dos antecedentes – sendo bem distinto do algoritmo Levenberg-Marquardt (que utiliza a matriz Jacobiana). Isto já seria suficiente para produzir um número de épocas distintas para problemas distintos. Além disso, o número de parâmetros de uma rede ANFIS pode ser bem diferente de uma rede MLP. Por fim, condições iniciais distintas podem levar à variação do número de épocas.
- V** - é a definição de aproximador universal .
- V** – A redução da plasticidade é típica da fase de operação de sistemas inteligentes – tanto de RNA como de sistemas baseados em regras (processos decisórios no ser humano). O aprendizado demanda plasticidade.
- F** – A mudança das funções de pertinência produz uma inferência distinta considerando-se as mesmas regras.
- F** – O cérebro humano apresenta PDP – Processamento Paralelo Distribuído com inúmeras conexões laterais e realimentações diversas entre as camadas. A estabilidade de tais sistemas é muito difícil de estabelecer, razão pela qual os engenheiros optam por modelos mais simples para a implementação de sistemas inteligentes artificiais. Uma camada TDL seguida de um bloco não linear é conhecido por modelo de Hammerstein e cria uma separação entre sistemas dinâmico linear e bloco estático não linear que, definitivamente, não ocorre no cérebro humano.

2ª Questão: (3,5) O projeto *Micro Glider* da Universidade da Califórnia em Berkeley propõem o desenvolvimento de planadores extremamente leves (1 grama ou menos), de baixo custo, para cobrir uma grande área. Uma aplicação interessante seria a detecção precoce de incêndios no cerrado ou outras regiões sujeitas a queimadas. O atuador micro-mecânico piezo nas superfícies é a inovação que torna tal estrutura bio inspirada possível. (R.J. Wood et al, IEEE Robotics and Automation Magazine, vol. 14, no. 2, June 2007).



O *Micro Glider* é lançado a grande velocidade e plana grandes distâncias em direção a um sinal de IR (Infra-Vermelho), detectado por um sensor óptico (optical flow sensor). A identificação por Rádio Frequência (RFID) permite utilizar um enxame de *Micro Gliders* para monitorar uma grande área. Uma das propostas de eletrônica embarcada é vista a seguir:



Projete um piloto automático fuzzy para os *elevons* de tal maneira que ventos laterais não tirem o *Micro Glider* da rota, considerando os seguintes aspectos:

- *fuzzyficação* dos sinais de entrada e saída, universo de discurso,
- conjunto de regras que considerem a sustentação, autonomia e relação angular da carga de vento lateral,
- implementação em tempo real: tipo de função de pertinência, tipo de defuzzificação.
- seria possível utilizar um sistema neuro-fuzzy (ANFIS) neste contexto?

Observações Preliminares:

O planador, como todo corpo livre no espaço 3D, apresenta 6 graus de liberdade GDL, posição (x,y,z) e orientação (rolagem, guinada e arfagem). Um modelo mínimo nestas coordenadas teria 12 variáveis de estado (energia potencial e cinética em cada GDL). As interações cinemáticas e dinâmicas são complexas levando a um sistema de equações diferenciais não lineares acopladas.

No caso desta questão só se pede a correção da trajetória em relação a ventos laterais. Desta forma basta considerar a “correção de rota em y produzida pelos elevons”. Os elevons podem ser movidos de forma independente, porém, só terão o efeito “correção para a esquerda” ou “correção para a direita” em maior ou menor grau. O efeito de ambos pode portanto ser agrupado em uma única variável fuzzy. Uma manobra real envolve deslocamentos em (x,y,z,α,φ,θ).

Fuzzificação:

Sensor de fluxo óptico: Δy esquerda e Δy direita

Atuadores: virar à esquerda (levantar elevon direita e baixar elevon esquerda) e virar à direita (situação complementar).

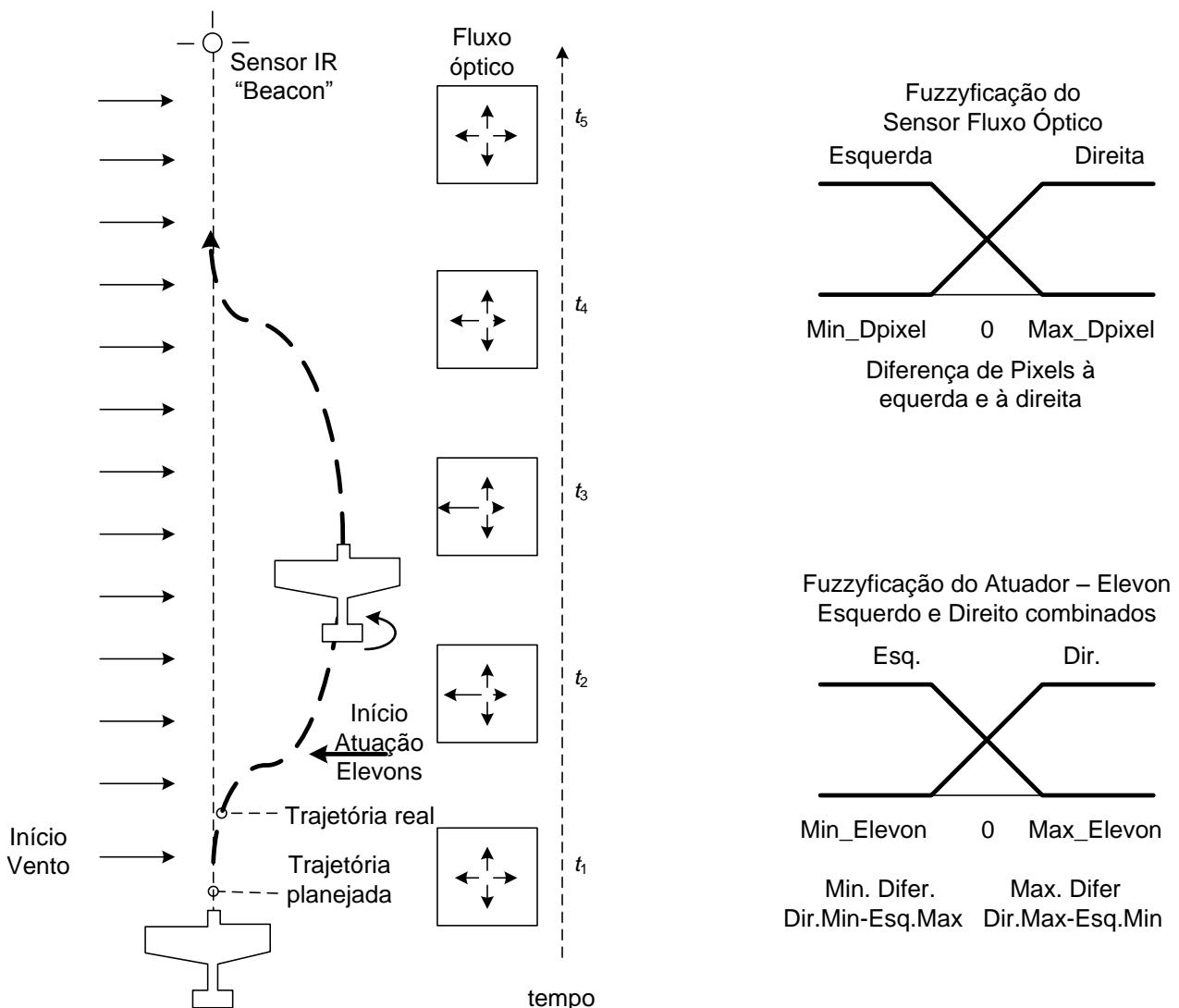
Regras:

SE Δy É esquerda ENTÃO atuador É direita.

SE Δy É direita ENTÃO atuador É esquerda

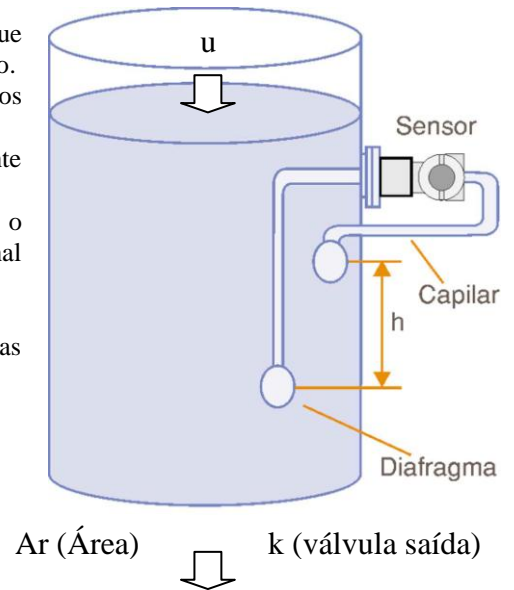
- Implementação em Tempo real – utilizar funções de pertinência trapezoidal.

- ANFIS – não é possível, pois não há sensor (GPS) para medir as coordenadas tampouco sensor de vento. Não dá para se gerar o conjunto de treinamento. O modelo do planador também não está disponível (as pequenas dimensões geram forças de sustentação diferentes em relação a aeronaves maiores).



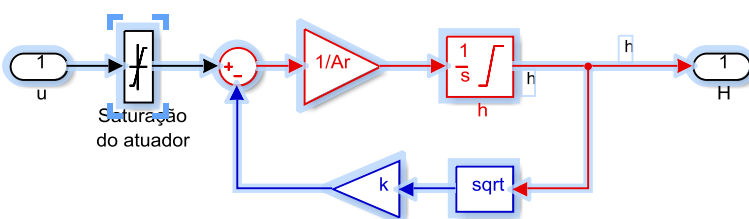
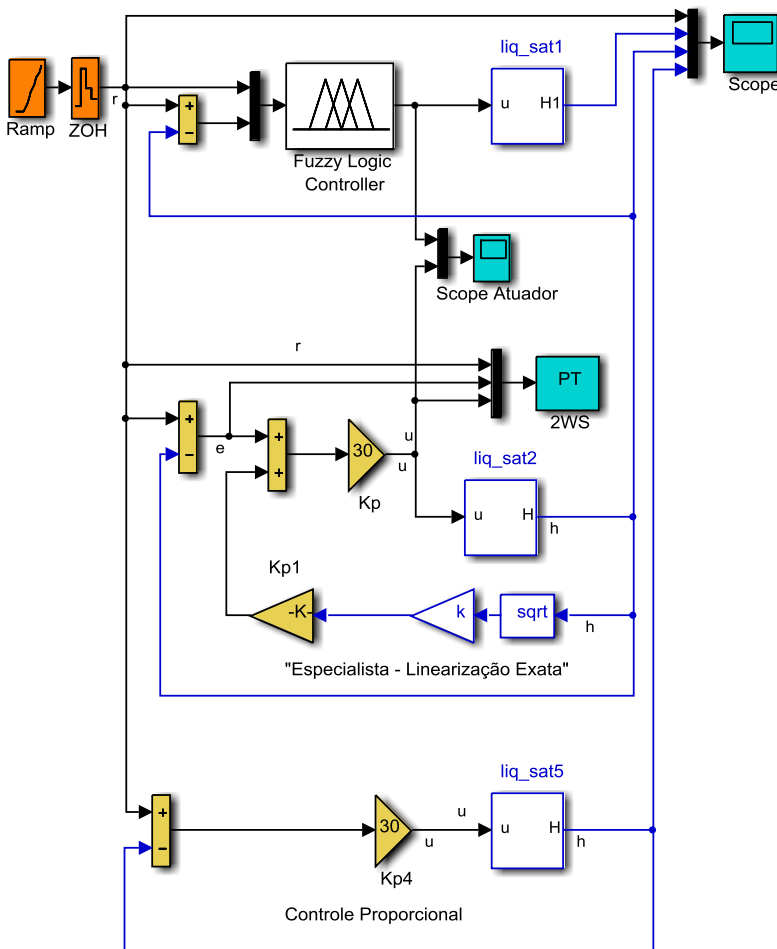
3ª Questão: (3,0) Considere um processo de nível de líquido com um tanque. O modelo do processo, com entrada u e saída h é mostrado logo abaixo. Foram realizados os seguintes experimentos:

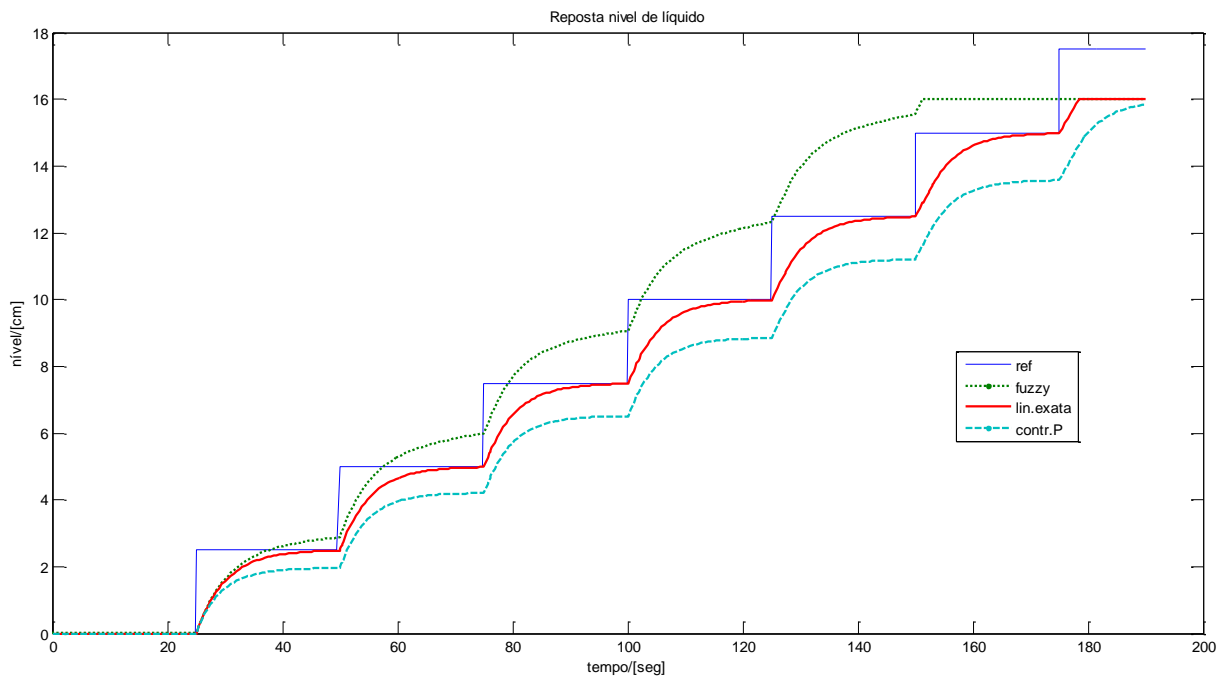
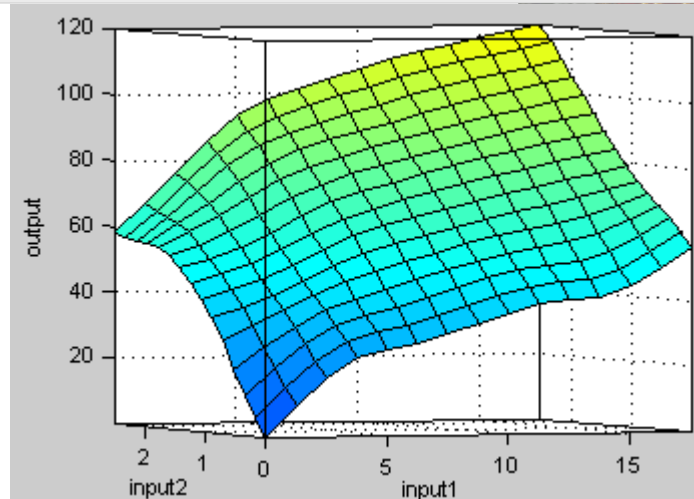
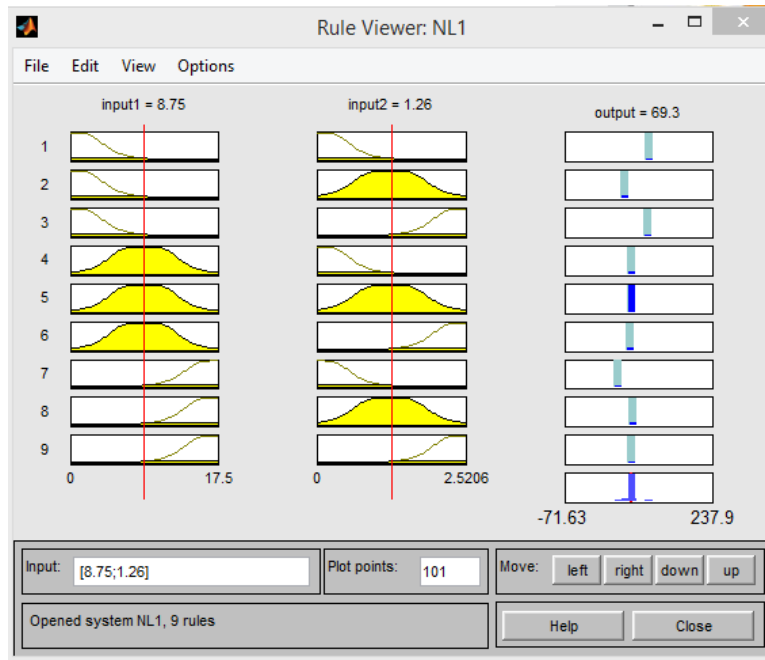
- Controle proporcional do processo (ver figura na pág. 5). O nível do tanque sempre está abaixo da referência. O erro aumenta com o ponto de operação.
- Linearização Exata – o processo segue perfeitamente a referência em todos os pontos de operação (figura pág. 5).
- O controlador ANFIS como processo nominal tem resposta praticamente idêntica à linearização exata.
- O k do processo com controlador fuzzy foi reduzido (considerando-se o entupimento da válvula pelo uso prolongado) para 0,8 do valor nominal (ver figura pág. 5)



Obviamente a mudança no processo prejudicou o desempenho do sistema. Dentre as seguintes alternativas escolha, justificando, uma (ou mais) medidas.

- a) Incluir um canal integral.
- b) Retreinar as regras com novo experimento.
- c) Incluir regras que considerem o envelhecimento do processo.
- d) Tornar os sistema adaptativo (aplicar ANFIS periodicamente).
- e) Alterar a inferência fuzzy para Mamdani.
- f) Outros (descrever).





Algumas das medidas aumentam a robustez do sistema e outras são inócuas ou inviáveis.

- a) OK - Incluir um canal integral.
O canal integral provê, tanto para sistemas lineares quanto não lineares, erro nulo em face a perturbações, diferenças nas condições iniciais e diferenças de modelo (de acordo com o tipo do sistema, para degraus, rampas ou parábolas).
- b) OK - Retreinar as regras com novo experimento.
Apesar de trabalhoso, provê a recalibração do controlador fuzzy. É necessário produzir degraus sequenciais que explorem a faixa de operação para gerar um novo conjunto de treinamento.
- c) NOK - Incluir regras que considerem o envelhecimento do processo.
Não é possível pois não há um sensor que indique o envelhecimento (entupimento). O nível de referência e o nível medido não contêm informação sobre o valor atual de k .
- d) OK - Tornar os sistema adaptativo (aplicar ANFIS periodicamente).
Apesar de trabalhoso e complexo (estabilidade), provê a recalibração automática do controlador fuzzy. É necessário produzir degraus sequenciais que explorem a faixa de operação para gerar um novo conjunto de treinamento. A adaptação ocorre quando determinado limiar de variação de k é ultrapassado.
- e) NOK - Alterar a inferência fuzzy para Mamdani.
Não teria nenhum benefício.
- f) OK - Outros (descrever).
E.g., incluir junto ao canal integral um mecanismo anti-windup, para reduzir o sobrepasso nos eventos de saturação do atuador.

O procedimento mais prático e largamente utilizado na indústria é incluir ação integral com identificação (calibração) periódica da constante $k \rightarrow$ ajuste das regras fuzzy.