

# **Instrumentação, Metrologia e TIC no Aproveitamento de Recursos Naturais**

## **– Novos Desafios –**

**Medir com qualidade, interpretar com confiança,  
arquivar com parcimónia, evidenciar com clareza**

### **TOLERÂNCIA À FALHA NA INSTRUMENTAÇÃO EM REDE**

**José Sá da Costa\***

Em engenharia, qualquer sistema de controlo ou de monitorização de sistemas (ou processo, ou planta, ou obra) requer o emprego de elementos de interface com o mundo físico. No caso de monitorização de sistemas de engenharia, essa interface é realizada por um conjunto de sensores que medem a evolução temporal das grandezas que permitem caracterizar o estado do sistema, de acordo com o objectivo definido para essa monitorização. No caso de sistemas de controlo, em que se pretende alterar o estado do sistema a controlar através de estímulos externos, a interface é realizada através de actuadores. Neste caso, a actuação é realizada com base na informação sensorial que caracteriza o sistema a controlar, de acordo com o objectivo de controlo, a qual é processada no controlador que por sua vez gera a acção de controlo que é transmitida para os actuadores.

Assim, um sistema de engenharia requer uma diversidade de sensores para poder observar e identificar o seu estado, controladores para poder tomar decisões de controlo, e actuadores que alterem o estado do processo de acordo com o objectivo de controlo definido.

Para efeitos desta breve nota, considera-se “instrumentação” ao conjunto de sensores e/ou actuadores e controladores que permitem a monitorização e/ou controlo do sistema. Também se assume haver objectivos definidos para a monitorização e/ou controlo do sistema.

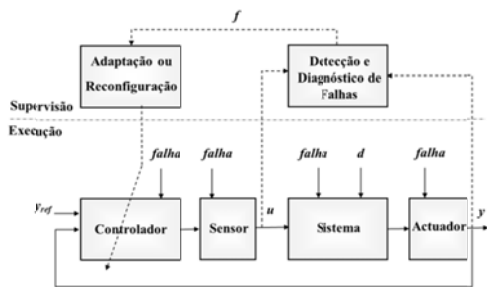
A evolução tecnológica que a instrumentação sofreu nas últimas décadas, associada ao decréscimo do custo desta e à necessidade crescente em caracterizar e controlar os processos, de forma a aumentar a qualidade, o desempenho e a segurança destes, conduziu à proliferação da instrumentação nos sistemas de engenharia. Muitas vezes, a distribuição espacial do sistema conduz à concomitante distribuição espacial da instrumentação associada a este, impondo a existência de uma rede de transmissão de dados (rede de comunicações com ou sem fios).

As exigências crescentes na melhoria da qualidade, desempenho e segurança dos sistemas de engenharia conduziu à necessidade de garantir a sua operacionalidade e autonomia, mesmo em situações adversas, isto é, em caso de falhas. Entenda-se aqui por falha, qualquer tipo de degradação da operacionalidade do sistema que conduz à diminuição da eficiência ou qualidade da sua função e mesmo da sua segurança.

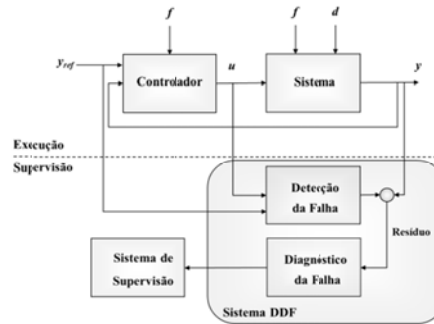
Surge assim em engenharia, o conceito de tolerância à falha e o conceito de controlo tolerante à falha. Estes conceitos foram largamente desenvolvidos e aplicados nas últimas décadas aos sistemas de engenharia, ditos críticos, isto é, cuja segurança não pode ser posta em causa já que a falta desta pode conduzir a desastres com grande impacto na vida humana e económica.

A tolerância à falha pressupõe duas fases na sua execução: a fase de detecção e diagnóstico da falha e a fase de adaptação ou reconfiguração do sistema para minimizar os efeitos da falha.

Na fase de detecção e diagnóstico gera-se um resíduo, que resulta da comparação das grandezas medidas com o comportamento normal esperado do sistema. Um desvio do resíduo para além do admissível indica que foi detectada uma ou várias falhas no sistema. Com base no valor do resíduo e do conhecimento esperado para o sistema, em condições normais de operação e em condições de falha, é possível isolar a(s) falha(s), isto é, saber qual ou quais as falhas presentes e qual ou quais os componentes do sistema responsáveis por estas. Da análise dos resíduos parciais correspondentes às falhas isoladas resulta a identificação da falha, ou seja, a caracterização do tipo de falha (abrupta, incipiente, intermitente) e da sua grandeza.



**Configuração Tolerante a Falhas**



**Sistema de Detecção e Diagnóstico de Falhas**

Dependente do tipo e grandeza da falha, o controlador tolerante a falhas deverá adaptar-se, ou reconfigurar-se, de forma a garantir que o sistema continua em operação autónoma, embora se possa esperar alguma degradação no seu desempenho e/ou eficiência até intervenção para a sua reparação.

Este conceito de tolerância à falha, nos últimos anos, generalizou-se a casos de sistemas não críticos, devido às grandes vantagens de segurança e autonomia que apresentam. O motor desta generalização deve-se às grandes vantagens económicas que este novo conceito traz.

Grande parte do esforço de desenvolvimento dos sistemas tolerantes a falhas tem-se centrado no sistema propriamente dito, deixando de fora a instrumentação associado a este. Contudo, a própria instrumentação dos sistemas de engenharia, devido à sua natureza e condições a que estão submetidos, estão sujeitos a falhas, que podem ir de uma simples falta de calibração até à sua inoperacionalidade, deixando, em qualquer destas situações, de cumprir cabalmente a sua função de medir/actuar correctamente as variáveis do sistema e/ou transmitir essa informação para uso posterior. É por isso necessário que se aprofunde e se implemente mais o conceito de tolerância a falha na instrumentação de sistemas de engenharia, quer na monitorização, quer no controlo.

A instrumentação não deixa ela própria de ser um sistema de engenharia, que contribui para a caracterização e correcção do comportamento de sistemas de engenharia mais latos. Contudo, os sensores, actuadores, controladores e redes de transmissão de dados não deixam de ter as suas particularidades, tanto em termos do tipo de falhas, mas também, do tipo de adaptação ou reconfiguração que permitem. Por exemplo, a descalibração de um sensor/actuador pode ser vista como uma falha que pode ser corrigida por uma simples adaptação paramétrica do sensor/actuador; ou, se houver uma avaria total do sensor/actuador, que o torna inoperacional, deixando de cumprir a sua função, no caso de não haver redundância física deste, pode-se reconfigurar esse sensor/actuador de forma a gerar a mesma informação ou actuação com base na informação/actuação de outros sensores/actuadores do sistema. Aparece assim o conceito de sensor ou actuador virtual.

Para além dos sensores e actuadores, os restantes componentes da instrumentação associada a sistemas de engenharia (controladores e as redes de transmissão de dados) estão também sujeitas a falhas, que deverão ser consideradas neste conceito de "Tolerância à Falha na Instrumentação em Rede". A própria concepção e projecto do sistema de instrumentação em rede deve ser realizado tendo em conta o conceito de tolerância a falha. Deve-se analisar o tipo de falhas possíveis, formas de as detectar, isolar e identificar e delinear formas de as contornar/minimizar, por simples adaptação, ou por reconfiguração, quer física ou virtual.

Este conceito de tolerância à falha não está restrito à realidade física do instrumento, contribui para a qualidade da medida, a confiança na interpretação, a parcimónia do arquivo e a clareza do resultado.

\* Professor catedrático do Instituto Superior Técnico – Universidade Técnica de Lisboa