

DESEMPENHO DE SISTEMAS DE AUTOMAÇÃO – MÉTRICAS E PRÁTICAS

Marcos de Oliveira Fonseca, M.Sc.¹

Resumo

O crescente desenvolvimento tecnológico observado pelo mercado de automação industrial é a “mola mestra” para garantir que as empresas possam obter melhores resultados nos seus negócios. Entretanto, soluções tecnológicas devem ser capazes de desempenhar todas as funcionalidades especificadas dentro dos critérios exigidos para cada sub-sistema. Estes critérios são definidos em função da dinâmica do processo controlado, passando pelas exigências de compartilhamento de dados entre os sistemas e chegando até às necessidades de manipulação de informações dos usuários. Em um sistema de automação, o desempenho adequado de cada parte é fundamental para a eficiência de uma determinada solução. Este trabalho discute os aspectos relevantes sobre as métricas e práticas para avaliação de desempenho das principais partes de um sistema de automação. Exemplos práticos são apresentados para exemplificar a aplicação em sistemas reais.

Palavras-chave: desempenho, métricas, automação.

VIII Seminário de Automação de Processos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 06-08 de outubro de 2004 – Belo Horizonte – MG, Brasil.

¹ Engenheiro Eletricista, M.Sc, Diretor da Divisão de Tecnologia da Automação da ATAN Sistemas, Belo Horizonte – MG, Brasil.

1 Introdução

A grande maioria dos investimentos das indústrias com o objetivo de melhoria dos resultados de um determinado negócio passa obrigatoriamente por sistemas de automação e informação. Desde a concepção de um investimento, assume-se que todos estes sistemas de irão desempenhar eficientemente todas as funcionalidades planejadas e projetadas para os mesmos, considerando-se obviamente o uso de tecnologias consolidadas. Entretanto, esta não é uma realidade em muitos casos. Existem muitos projetos onde os sistemas de automação não apresentam o desempenho adequado devido a fatores como:

- Projetos e especificações inadequados;
- Recursos de *hardware* e *software* insuficientes;
- Problemas de implementação;
- Arquiteturas de sistema ineficientes;
- Uso indevido de ferramentas e tecnologias;
- Uso inadequado dos sistemas.

Os problemas associados ao desempenho de um determinado sistema podem causar grandes transtornos para uma empresa, comprometendo os resultados esperados. Estes problemas vão desde o comprometimento da medição de uma variável de processo, passando pela confiabilidade e segurança do sistema e chegando até à exibição de informações inconsistentes ou mesmo em momentos inadequados para os usuários. Muitos são os casos observados na indústria onde é comum se ouvir justificativas do tipo: “o sistema está lento”, “a comunicação está falhando”, etc. Será que tecnologias e soluções consolidadas em aplicações semelhantes podem apresentar tais problemas em sistemas diferentes? A resposta é sim e, normalmente, são os problemas relacionados ao desempenho os responsáveis por tais comportamentos inesperados.

Apesar do mau desempenho de determinados sistemas de automação e informação estar por trás de muitos problemas observados nas empresas, por que o mesmo não é devidamente solucionados antes que sejam comprovados prejuízos (paralisação de sistemas, perda de material, etc.) ou problemas maiores (quebra de máquinas, etc.) aconteçam? A resposta é simples: muitas vezes o desempenho não é devidamente identificado como a causa principal, até mesmo porque não são conhecidas as métricas e não eram disponíveis ferramentas para avaliação do mesmo.

Até pouco tempo atrás, os sistemas de automação eram bastante limitados em termos de funcionalidades e aplicação. Neste período também existiam os problemas de desempenho, entretanto, os seus efeitos não eram muito evidenciados porque a utilização dos sistemas era limitada até mesmo por estes serem proprietários ou pouco abertos (acessíveis) aos usuários. Ou seja, as redes de comunicação e os protocolos de um controlador eram restritos a apenas a um sistema de aquisição de dados (SCADA, por exemplo), que era a única interface para acesso aos dados, uma vez que era onerosa a aquisição de diversos drivers e interfaces de comunicação para cada usuário acessar os dados.

Atualmente, com a abertura das redes e protocolos de comunicação, a grande maioria dos controladores de mercado pode ser interligada via rede Ethernet utilizando o protocolo TCP/IP e o padrão OPC. Desta forma, diversos sistemas de

usuários distintos podem ser conectados diretamente no controlador para acesso a diferentes dados simultaneamente. A contrapartida desta tendência é que o controlador terá que processar muito mais mensagens até o limite da sua capacidade de comunicação. Quando o controlador atinge o seu limite, normalmente algumas mensagens demoram a ser respondidas ou mesmo descartadas, acarretando os problemas de comunicação. Ou seja, a natureza do problema é a mesma dos sistemas anteriores, mas é mais fácil de se evidenciar como os novos sistemas.

Pelo exposto acima, será que os novos sistemas de automação são piores que os sistemas anteriores? A resposta é não, os novos sistemas são muito mais rápidos e eficientes. Para ficar fácil de se entender esta colocação, vejamos o que acontece com o mundo dos microcomputadores em geral. Cada vez mais, os novos processadores aumentam a sua capacidade de processamento (dobra-se a cada 18 meses pela lei de Moore), é utilizada mais memória e barramentos mais velozes. Entretanto, cada vez mais os usuários utilizam mais *softwares* e sistemas mais complexos para resolver os mais diversos problemas do dia-a-dia. Como resultado, facilmente se atinge o limite dos microcomputadores, passando-se a impressão que o sistema é tão lento quanto os anteriores.

Esta demanda constante por mais funcionalidades, por respostas mais rápidas e por soluções mais complexas também acontece nos sistemas de automação na mesma intensidade e velocidade. Para comparar, antigamente uma CPU de um CLP topo de linha possuía uma memória de programa de algumas dezenas de Kilobytes e era capaz de processar apenas lógica booleana para, no máximo, algumas centenas de E/S. As modernas CPUs possuem alguns Megabytes de memória e podem processar lógicas booleanas de ponto flutuante, operações matriciais, lógica nebulosa, redes neurais, etc., para alguns milhares de E/S no mesmo tempo de processamento.

2 Problemas de Desempenho Característicos

A maioria dos problemas de desempenho observados nos sistemas de automação está relacionada a limitações de capacidade (memória, processamento, etc.) e ao tempo e velocidade de resposta. Normalmente, estes problemas podem ser observados das seguintes formas:

Instrumentação

Os medidores e transmissores de sinais podem não apresentar uma freqüência de resposta compatível com a velocidade de variação de uma determinada grandeza física do processo. Isto pode implicar que a variável medida pode ser atenuada em relação ao valor real da grandeza.

Por outro lado, os atuadores podem não possuir um torque adequado para manipular um dispositivo mecânico, fazendo com que o tempo para realizar um movimento seja muito longo.

Controlador

Os modernos controladores programáveis podem apresentar problemas de desempenho relacionados à capacidade de memória e de processamento,

impactando diretamente na comunicação com outros sistemas e no tempo de resposta para leitura das entradas e atuação nas saídas.

Redes de Comunicação

As redes de comunicação podem apresentar topologias, configurações e protocolos que refletem diretamente nos tempos de transmissão para transporte de dados ou mesmo na eficiência da comunicação concorrente de diversos dispositivos simultaneamente. Os problemas mais comuns são a perda de pacotes por *time-out*, lentidão e erros de comunicação.

Sistemas de Aquisição de Dados

Os mecanismos utilizados pela maioria dos sistemas de aquisição de dados (tais como SCADA e SDCD) para troca de dados com remotas, controladores e estações clientes podem impactar diretamente na comunicação ou na sobrecarga (atingir a capacidade limite) dos dispositivos. As situações mais comuns implicam no tráfego excessivo de dados nas redes, consumo elevado de processamento e de memória e lentidão para disponibilização de dados para os usuários (sistemas clientes). Muitos dos problemas relacionados a estes sistemas estão relacionados aos recursos disponíveis e a forma de configuração da aquisição de dados (por *pooling*, por mudança de estado, etc.).

Estações de Trabalho

As estações de trabalho (engenharia, supervisão, etc.) têm uma limitação relacionada às capacidades de processamento, memória, armazenamento e comunicação, podendo atingir estes limites em função da forma como as mesmas são configuradas e utilizadas. Problemas típicos são a lentidão para processamento de relatórios e a exibição de dados nas telas.

Desempenho Funcional

Os sistemas de automação podem apresentar problemas de funcionamento devido, principalmente, à forma como os mesmos foram implementados e configurados ou mesmo devido à forma como o sistema interage com o processo (malha fechada). Um exemplo típico de problema de desempenho funcional é o que acontece quando uma malha de controle não consegue seguir o seu *set-point* (servo-mecanismo) ou rejeitar perturbações (regulador), devido a problemas de estratégia de controle (implementação, por ex.), sintonia (configuração, por ex.) ou interação com o processo (alteração da constante de tempo por ex.). Este problema pode acarretar na degradação da função de controle, implicando em perdas, problemas de qualidade, redução da produção, etc.

Demanda Excessiva por Parte do Usuário

Independentemente do tipo de sistema de automação, a demanda exigida pelos usuários pode facilmente atingir os limites de capacidade do sistema. Ou seja, quanto mais demanda for imposta ao sistema, mais próximo o sistema estará do seu limite, o qual, certamente, é finito dentro de um determinado aspecto. Um problema

típico é a utilização de várias estações clientes. solicitando serviços e dados para uma estação servidora. Até um determinado ponto, a estação servidora irá tentar servir os clientes o mais rapidamente dentro da solicitação dos mesmos, até que a mesma atinja o seu limite (de processamento, memória, comunicação, etc.) e comece a degradar o seu desempenho.

3 Métricas e Práticas

Para a identificação dos problemas de desempenho dos sistemas de automação, faz-se necessária a utilização de ferramentas para medição e avaliação dos índices de desempenho e comparação destes com métricas estabelecidas por critérios bem definidos. O mercado dispõe de soluções e produtos para medição e avaliação de índices relevantes para a maioria dos problemas de desempenho observados na prática, tais como:

- Contadores de desempenho de computadores (processador, memória, disco rígido, processos, etc.);
- Monitoração de redes (percentual de utilização, taxa de erros, taxa de colisões, etc.);
- Variáveis de controladores (tempo de resposta, carga da CPU, etc.);
- Monitoração de malhas de controle (variabilidade, integral do erro, oscilações, tempo de resposta, etc.)
- Outros.

A dificuldade atual para utilização das ferramentas de mercado está muitas vezes relacionada ao desconhecimento das soluções disponíveis e sobre as possibilidades de integrar estas ferramentas ao próprio sistema de automação, que também se presta à supervisão e ao diagnóstico dos seus componentes.

Muitas ferramentas são fornecidas pelos próprios fabricantes dos produtos, principalmente quando se trata de soluções proprietárias. Os *softwares* de configuração das redes fieldbus normalmente disponibilizam as informações de utilização da rede.

Para os produtos que são baseados em soluções abertas, existem soluções de terceiros que se aplicam a diversos casos. Por exemplo, podemos citar os *softwares* para acesso aos contadores de desempenho do Windows, acesso aos dados de monitoração de redes Ethernet utilizando o protocolo SNMP, monitoração das variáveis de malhas de controle, etc. A maioria destes produtos permite acesso aos dados utilizando o padrão OPC, de forma que os dados podem ser facilmente integrados aos sistemas de automação para supervisão, alarmes e até mesmo intertravamento com o sistema de controle.

Alguns dados de desempenho específicos devem ser tratados de forma independente, pois não se faz necessário o monitoramento contínuo. Como exemplo podemos citar o tempo para comutação de telas sinóticas de uma IHM. Este tempo normalmente é verificado na etapa de testes do sistema utilizando um relógio.

Algumas das métricas mais utilizadas para avaliação de desempenho dos sistemas de automação são apresentadas na Tabela 1.

Cat.	Índice	Métrica	Prática
Medição	Tempo de resposta do instrumento (Frequência de corte)	Inferior a 1/5 da constante de tempo da variável medida (Superior a 5 vezes a frequência de interesse da medição)	Procurar identificar a máxima frequência da variável e se certificar que a frequência de corte seja superior a 5x ou que o tempo de resposta (1/f) seja inferior a 1/5. O tempo de resposta do instrumento deve considerar os filtros de sinal configurados no mesmo.
Aquisição de dados	Frequência de aquisição de dados	Superior a 5 vezes a frequência de interesse da medição. Valores típicos: <ul style="list-style-type: none"> ■ CNC: 5 ms. ■ Controle de movimentos: 20 ms. ■ Variáveis de processo: 100 ms. 	Procurar identificar a máxima frequência da medição ou identificar a constante de tempo da medição (processo e instrumento) e se certificar de que a frequência de corte seja superior a 5 vezes ou tempo de resposta seja inferior a 1/5.
Controle de Processo	Tempo de resposta para sinais discretos	Inferior à metade do tempo de resposta crítico. Valores típicos para processos: <ul style="list-style-type: none"> ■ Muito rápidos: 5 a 50 ms, ■ Rápidos: 50 a 200 ms, ■ Lentos: acima de 500 ms. 	Identificar o tempo de resposta crítico para responder a um evento do processo. O tempo de resposta crítico deve considerar o tempo para medição, tempo de aquisição do dado, tempo de processamento da lógica e tempo de resposta do atuador.
	Tempo de resposta para sinais analógicos	Igual ou inferior ao inverso da frequência de aquisição de dados. Valores típicos: <ul style="list-style-type: none"> ■ CNC: 5 ms. ■ Controle de movimentos: 20 ms. ■ Variáveis de processo: 100 ms a 500 ms. 	Procurar identificar a máxima frequência da medição ou identificar a constante de tempo da medição (processo e instrumento) e se certificar de que a frequência de corte seja superior a 5 vezes ou tempo de resposta seja inferior a 1/5.
Malhas de Controle	São utilizados vários índices para avaliar o desempenho. Alguns dos mais utilizados são: Variabilidade, Faixa do ruído, Harris Index, Oscilação, Integral do Erro Absoluto (IAE), Tempo em manual, Robustez, Percurso da Válvula, Reversões da Válvula, Tempo de Resposta, Modelo do Processo, Outros.	Definir os índices apropriados para cada malha ou uma combinação destes para definir o desempenho desejado. O valor para cada índice depende dos objetivos de controle de cada malha.	Alguns produtos de mercado permitem normalizar a medição de cada índice, de forma que seja possível agrupar diversos índices para retratar os objetivos de uma malha e definir um único índice global. Esta normalização de índices também possibilita avaliar o desempenho da malha individualmente ou de um grupo de malhas, como uma unidade de processo inteira.
Redes Ethernet	Utilização da rede	Inferior a 10% para o nível de controle e 35% para o nível de supervisão.	Considerar estes valores para cada domínio de colisão da rede (segmento). Os dados podem ser adquiridos através do protocolo SNMP para todos dispositivos gerenciáveis.
	Taxa de colisões	Inferior a 5% em relação ao número de pacotes.	
	Taxa de erros		
Estação de trabalho	Utilização total de CPU	Média inferior a 70%.	Os valores podem ser monitorados diretamente do Performance Monitor do Windows ou através de produtos que disponibilizam estes dados via OPC.
	Utilização de memória	Utilização máxima inferior a 90 % da memória física.	
	Atualização de telas gráficas	Inferior a 2 s.	Normalmente é feita a medição do tempo visualmente.
	Atualização da base de dados	Valores típicos: <ul style="list-style-type: none"> ■ Dados Discretos: 500 ms a 1 s ■ Analógica rápida: 1 a 2 s ■ Analógica média: 2 a 5 s ■ Analógica lenta: 5 a 10 s 	Utilizando a comunicação OPC fica fácil estabelecer grupos de itens com taxas de amostragem para cada tipo de dados e utilizar a leitura por mudança de estado para otimizar a comunicação.

Tabela 1 – Métricas e Práticas Utilizadas.

4 Exemplo Prático

Para exemplificar a utilização dos índices de desempenho, vamos abordar a utilização de produtos destinados à monitoração dos índices de desempenho de sistemas de automação.

A) Sistemas SCADA

A Figura 1 apresenta uma tela gráfica do sistema supervisor Cimplicity que exibe os dados de desempenho da estação de operação de um sistema SCADA. Os dados são gerados pelo *software* Performance Monitor OPC Server, que disponibiliza todos os contadores de desempenho do sistema operacional Windows através do padrão OPC. Estes dados são configurados na base de dados do sistema SCADA para exibição em tela gráfica, monitoração de alarmes de desempenho, registro histórico, geração de relatórios, dentre outros.

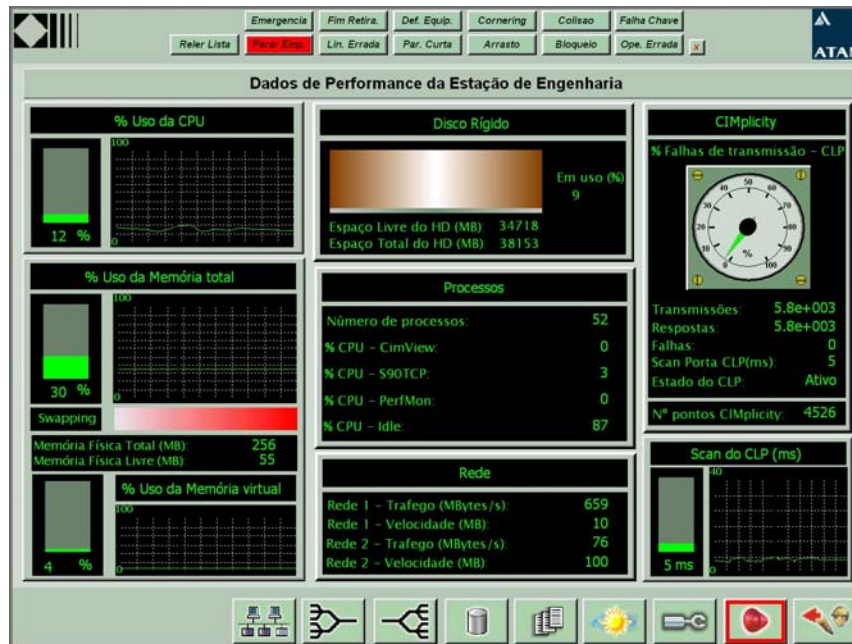


Figura 1- Utilização do Produto Performance Monitor OPC Server da ATAN com Sistemas SCADA.

B) Sistemas PIMS

A Figura 2 apresenta algumas telas gráficas de um sistema PIMS (InfoPlus.21) onde foi utilizado o *software* Performance Monitor OPC Server para monitoração do desempenho das estações servidoras e coletores de dados (CIM-IO) de todo o sistema. O *software* acessa todos os dados de desempenho das estações e os disponibiliza para o PIMS, através do padrão OPC. Estes dados são registrados historicamente no PIMS e utilizados para envio de e-mails para os administrados do sistema quando da ocorrência de problemas de desempenho que venham a comprometer a estabilidade do PIMS. Desta forma, os administradores podem agir de forma pró-ativa na solução de problemas e aumento da confiabilidade total do sistema.

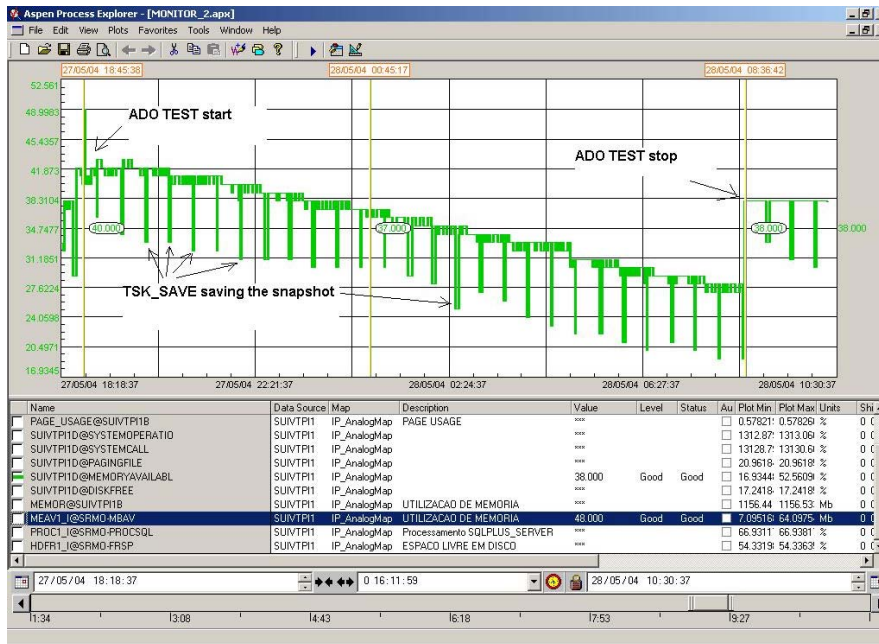


Figura 2- Utilização do Produto Performance Monitor OPC Server da ATAN com Sistemas PIMS.

C) Desempenho de Malhas de Controle

A Figura 3 apresenta a interface gráfica de um produto dedicado à monitoração de desempenho *on-line*, análise e diagnóstico de malhas de controle. Este *software* faz a aquisição dos dados das malhas de controle (SP, PV, CO, etc.) diretamente do sistema de controle através do padrão OPC. Através de algoritmos destinados à medição do desempenho, são calculados 36 índices diferentes (variabilidade, tempo de resposta, modelo do processo, etc.) que podem ser combinados para compor um índice de desempenho global para as malhas de controle. Este índice global é normalizado e permite a comparação entre malhas, grupos de malhas, unidades processo ou mesmo uma planta inteira. Além dos índices desempenho, o produto permite atribuir um peso econômico para o índice global, destacando as malhas com maior impacto no resultado do negócio da empresa. Os índices calculados pelo *software* são disponibilizados via OPC para que os sistemas de automação possam interagir de forma a maximizar a obtenção de resultados.

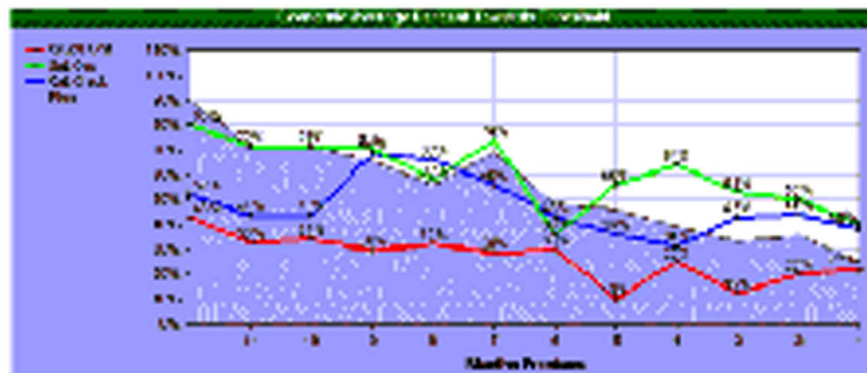
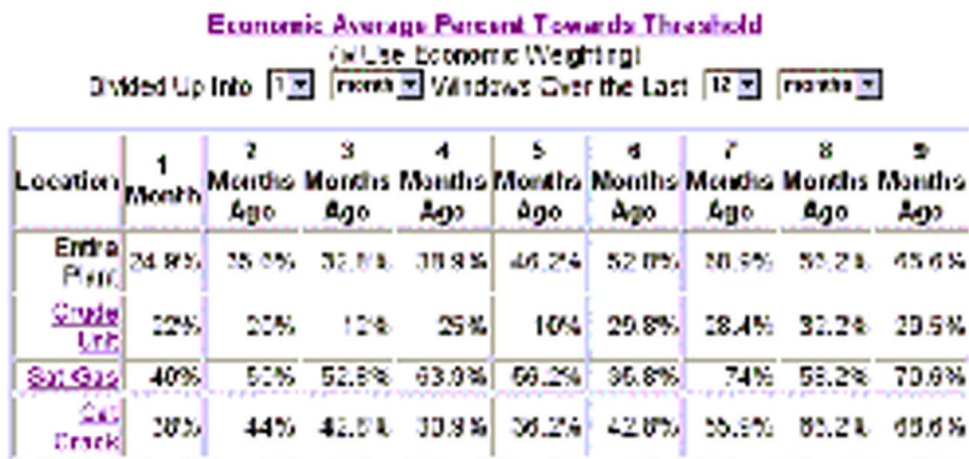


Figura 3- Utilização do Produto PlantTriage para a Monitoração do Desempenho de Malhas de Controle.

5 Conclusões

A monitoração de desempenho dos sistemas de automação é um fator determinante para que as empresas do setor industrial possam garantir o retorno de investimento. O grupo ARC classifica as tecnologias e as soluções de monitoração de desempenho com RtPM (*Real-time Performance Management*) e considera que esta é a tendência atual dos sistemas de automação e informação.

O desenvolvimento tecnológico estimula os usuários a, cada vez mais, exigirem mais funcionalidades dos sistemas de automação (instrumentos, redes, controladores, estações de operação, etc.). Entretanto, todos os elementos de um sistema têm uma capacidade finita, a qual, se atingida, compromete o desempenho e, conseqüentemente, a estabilidade, a confiabilidade e o resultado do ne o sistema está inserido. Todos os ganhos proporcionados por um sistema de automação e informação são condicionados ao funcionamento do mesmo dentro do desempenho projetado para o sistema.

A monitoração de desempenho *on-line* e de forma integrada, permite que o próprio sistema de automação identifique e sinalize para os seus usuários e mantenedores os problemas de degradação que venham a comprometer a utilização do mesmo. Desta forma, é possível estabelecer uma manutenção pró-ativa para garantir que o sistema esteja respondendo às suas funcionalidades de forma eficiente, assim como assegurando os resultados esperados para o negócio da empresa.

Referências Bibliográficas

- [1] BRITAIN, Hank **Performance Assessment for Management**, ISA Show Houston Fall 2003.
- [2] MARQUES, Rodrigo M. **Relatório de Desempenho do Cimplicity utilizando o Performance Monitor OPC Server**. Documento de projeto da ATAN.
- [3] **Plant Triage Manual – ExperTune**. 2004 – www.expertune.com
- [4] **Manual do software Performance Monitor OPC Server** – ATAN Sistemas – www.atan.com.br
- [5] **Manual do software SNMP OPC Server** – ATAN Sistemas – www.atan.com.br
- [6] FONSECA, Marcos de O.; FILHO, Constantino S. & TORRES, Bernardo S. **Avaliação de Desempenho e Auditoria de Malhas de Controle**. Artigo submetido para a revista Intech, edição nº 63, junho de 2004.

AUTOMATION SYSTEMS PERFORMANCE – METRICS AND PRACTICES

Marcos de Oliveira Fonseca, M.Sc.¹

Abstract

The arising technological development noticed in the automation market is the key factor for providing business profits to the companies. But, technological solutions must be able to perform all the functionalities specified by the required performance criteria for each subsystem. These criteria are defined by the dynamics of the controlled process, going through the requirements of data sharing among other systems and reaching the necessities of end-users information's handling. In an automation system, the performance of each part is fundamental for the efficiency of an entire solution. This paper presents the relevant aspects about metrics and practices for performance evaluation of the main parts of an automation system. Practical examples are used to clarify the application in real systems

Keywords: performance, metrics, automation.

VIII Process Automation Seminar, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, October 06-08th, 2004 – Belo Horizonte – MG, Brazil.

¹Electrical Engineer, M.Sc, Automation Technology Division's Director, ATAN Sistemas, Belo Horizonte – MG, Brazil.