



## MONITORAMENTO REMOTO DE PROCESSOS DE USINAGEM UTILIZANDO TECNOLOGIA STREAMING PARA ENVIO DE ÁUDIO E VÍDEO ATRAVÉS DA INTERNET

### **Tiago Pinto de Souza**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
tyagho@ita.br

### **Carlos Eduardo Oliveira da Silva**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
csilva@ita.br

### **Emília Villani**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
evillani@ita.br

**Resumo:** *Monitoramento Remoto pode ser entendido como um processo de obtenção de dados e/ou informações sobre um determinado sistema e sua transmissão via rede a locais geograficamente distintos em tempo-real. Entre diversas aplicações de monitoramento remoto, há o monitoramento de processos de usinagem. O CCM-ITA (“Centro de Competência em Manufatura”), tem desenvolvido inúmeros projetos na área. A finalidade deste trabalho é analisar diferentes métodos, comparando soluções diferentes para monitoramento remoto de processos de usinagem, desenvolvendo aplicações streaming para transmissão de áudio e vídeo em tempo-real via Internet.*

**Palavras-chave:** *monitoramento remoto, tempo-real, streaming, usinagem, internet.*

## 1. INTRODUÇÃO

No atual cenário mundial, a indústria de manufatura enfrenta desafios sem precedentes, resultantes de um mercado global cada vez mais competitivo (Lee, 2003). A Internet e o chamado *e-business* injetou velocidade nos processos de negócio e permitiu que empresas abandonassem a filosofia tradicional de aplicar o conceito de integração restritamente a seus equipamentos no chão de fábrica, em detrimento de uma nova visão, mais ampla, que abrange todo o ciclo de vida do produto e a cadeia de suprimento, integrando fornecedores, unidades de manufatura, distribuidores e assistência técnica (Hao et al., 2005).

Além disso, a globalização das últimas décadas impulsionou a distribuição geográfica de empresas, indústrias e equipes de trabalho. Um resultado desta globalização é a crescente necessidade de aplicações que se beneficiam do acesso a diversos equipamentos localizados em lugares geograficamente distintos. Indústrias antes centralizadas em uma única planta, hoje se encontram espalhadas por diversas cidades, países e continentes.

Estes fatores resultaram em uma necessidade sempre crescente de troca de informações referente a atividades interdependentes. Exemplos são informações relativas ao desenvolvimento de projetos em conjunto, informações referentes a peças em produção, entre outras. A resposta para esta necessidade está no conceito de *e-manufacturing*, que utiliza a Internet como meio eficiente e rápido para o acesso remoto a dados, com objetivo de integrar todos os elementos do processo produtivo.

Usuários de programas baseados em Internet podem se comunicar, trocando informações e processos típicos de tecnologia através de uma estrutura de rede baseada no protocolo TCP/IP. Através do conceito de *e-manufacturing* obtém-se uma nova possibilidade de aproveitamento desta estrutura dentro do sistema de manufatura (Adamczyk et al., 2003), o que inclui, por exemplo, a execução de processos e disponibilização remota de resultados em tempo-real para observação, acompanhamento ou manipulação (Yeung et al., 2003).

Dentro do conceito de *e-manufacturing*, o monitoramento remoto de processos de manufatura é o foco deste trabalho. O monitoramento remoto inclui a transmissão em tempo-real de dados, vídeo e som sobre o processo em execução (Correr et al., 2005). Os dados são obtidos através da definição de interfaces com as máquinas e equipamentos que executam localmente o processo. Vídeo e som são obtidos através da instalação de câmeras e microfones. Quanto ao tipo de disponibilização remota da informação, distinguem-se duas classes de soluções: o uso de programas computacionais dedicados, que restringem o acesso à informação a usuários que possuam estes programas instalados em suas máquinas, e a disponibilização irrestrita através do desenvolvimento de *webpages* e uso de navegadores como o Windows Explorer e o Mozilla Firefox.

Neste contexto, diversos estudos de caso estão em desenvolvimento no Centro de Competência de Manufatura – CCM do Instituto Tecnológico de Aeronáutico para análise de soluções englobando diferentes funcionalidades (Souza et al., 2006)(Silva et al., 2006). Em particular, este trabalho concentra-se em discutir o problema de desenvolvimento de *webpages* para disponibilização, em tempo-real, de imagem e som referentes a processos de usinagem. Ele é motivado pela necessidade detectada em diversas empresas com interesse em acompanhar a realização de experimentos de usinagem à distância, sem a necessidade do deslocamento de equipes técnicas. Exemplos de aplicações são o processo de desgaste de uma ferramenta, a análise do som produzido em um processo de usinagem, entre outros.

Este trabalho está inserido no contexto do Programa Kyatera/TIDIA, da FAPESP, que visa instalar uma rede de fibra óptica conectando laboratórios e centros de pesquisa no Estado de São Paulo.

Este artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 descreve o desenvolvimento de aplicativos para transmissão de vídeo e áudio via Internet. A Seção 3 discute os resultados obtidos. Finalmente a Seção 4 apresenta as conclusões e discute trabalhos futuros.

## 2. APLICATIVOS PARA TRANSMISSÃO DE VÍDEO E ÁUDIO

Neste trabalho utilizou-se como estudo de caso a transmissão via Internet em tempo-real de vídeos e sons referentes a processos de usinagem executados na máquina-ferramenta CNC Hermle C600U do CCM (Figura 1). Essa máquina utiliza a tecnologia HSM (*High Speed Machine*) através do CNC Siemens modelo Sinumerik 840D, que controla os cinco eixos da máquina (X, Y, Z, A e C), além do eixo-árvore e *magazine* de ferramentas (Figura 2).



Figura 1: Máquina Hermle C600U.

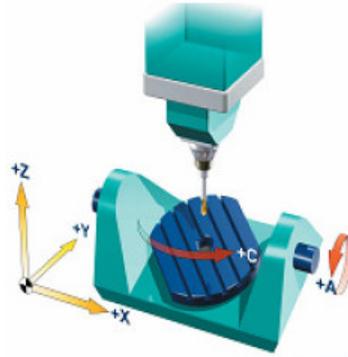


Figura 2: Eixos da máquina.

Para um adequado acompanhamento do processo, é necessário à utilização de duas câmeras de *web* e um microfone (embutido no CNC), todos devidamente conectados a um computador que a princípio possui configurações básicas mas adequado para uso no chão-de-fábrica. Segue a configuração: Intel Pentium IV 2,8 Ghz, 2 Gb de RAM, HD 120 GB, Vídeo GForce 256 MB, que é ilustrada na Figura 3.



Figura 3: Câmeras, Computador e Máquina-Ferramenta.

Foram desenvolvidas duas soluções. A primeira solução (*Webpage 1*) é baseada na utilização do software “Macromedia Flash MX 2004” e foi apresentada na última edição do CREEM (Souza et al, 2005). Este trabalho apresenta apenas um resumo desta solução, de forma a permitir a comparação com a segunda solução desenvolvida (*Webpage 2*), baseada no software Windows Media Encoder. Ambas as soluções foram desenvolvidas na plataforma “Dreamweaver MX 2004” e visam a disponibilização do vídeo e som em uma *webpage* acessível a qualquer interessado em acompanhar o processo, a partir de qualquer localidade no mundo com acesso a Internet.

A *Webpage 1* é baseada na tecnologia flash, desenvolvida pela Macromedia, e atualmente de propriedade da Adobe Systems. Flash é a tecnologia mais utilizada na *Web* para criação de animações vetoriais. O interesse no uso de gráficos vetoriais é que estes permitem realizar animações de pouco peso, ou seja, que demoram pouco tempo para serem carregadas. Nos gráficos vetoriais, uma imagem é representada a partir de linhas (ou vetores) que possuem determinadas propriedades (cor, espessura...).

A qualidade destes tipos de gráficos não depende do zoom ou do tipo de resolução com o qual se esteja olhando o gráfico. Esta otimização do espaço que ocupam as animações, combinada com a possibilidade de carregar a animação ao mesmo tempo em que esta se mostra no navegador (*streaming*), que permite fornecer elementos visuais sem que para isso o tempo de carregamento da página se prolongue até limites insuportáveis para o visitante.

A transmissão dos dados via internet exige a instalação do software “Flash Communication Server MX”, que é um servidor de aplicações em flash responsável por compilar os dados enviados pela câmera de web e o microfone, e envia-los até o servidor web, que os transmite via Internet em tempo-real. A Figura 4 apresenta a *Webpage 1*.

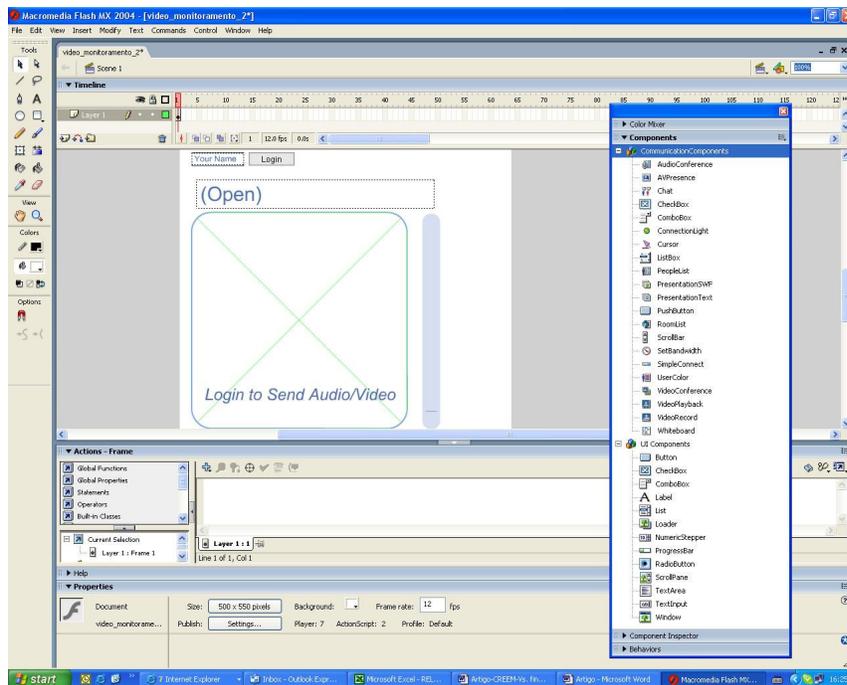


Figura 4: Aplicação desenvolvida no Flash MX 2004.

Os principais problemas encontrados no desenvolvimento desta solução foram:

- Impossibilidade de registrar os vídeos exibidos para visualização posterior no site através de um banco de dados.
- Necessidade de instalação no computador do usuário remoto do *plugin* Flash Player, responsável pela visualização do conteúdo na página web.
- Impossibilidade de utilização de duas câmeras simultaneamente, fornecendo as vistas lateral e frontal do processo em execução na máquina CNC.

Estes problemas motivaram o desenvolvimento da *Webpage 2*, que se baseou no trabalho de Apostolopoulos et al. (2002). Esta webpage utiliza-se da tecnologia *streaming* e do Windows Media Encoder.

Na tecnologia *streaming* os dados são transferidos continuamente em pequenos pacotes, no lugar da transferência de um único grande pacote executado apenas após o recebimento de todos os dados. Conforme apresentado anteriormente, esta tecnologia permite que o conteúdo fique acessível de imediato já que o utilizador executa o conteúdo no momento em que ele chega. Para receber e disponibilizar este tipo de conteúdo, é necessário que usuário remoto possua em seu computador o *plug-in* correspondente ao formato de dados utilizado. Atualmente existem aproximadamente 60 formatos diferentes. Entre os mais populares estão Windows Media, Real Media, QuickTime, Director Shockwave, MP3, Liquid Áudio e Macromedia Flash.

A *Webpage 2* é apresentada na Figura 5.

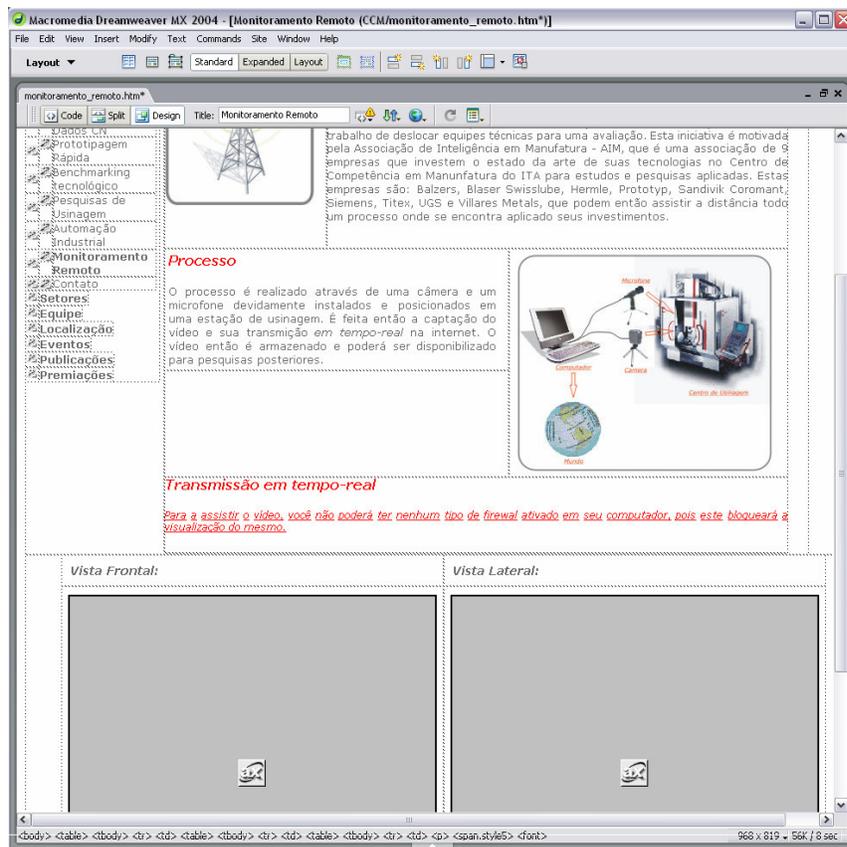


Figura 5: Aplicação *streaming* desenvolvida no Dreamweaver MX 2004.

A transmissão dos vídeos via internet é possível através do software “Windows Media Encoder” representado através da Figura 6, instalado em um servidor *streaming*, que codifica os arquivos de áudio e vídeo e os envia até o servidor de web, o principal responsável por transmiti-los na Internet em tempo-real.

O Windows Media Encoder é um produto da Microsoft para conversão e transmissão de vídeo e som usando o formato Windows Media (\*.wmv para vídeo e \*.wma para áudio). Ambos os formatos não especificam o tipo de codificação e compactação utilizado para transformar a imagem coletada em informação digital, mas apenas como o resultado desta codificação e compactação é organizado em *streams* (estrutura de dados, isto é, seqüência de bytes, a ser transmitida via Internet). A codificação e compactação são especificadas pelo *codec* utilizado. Atualmente estão disponíveis centenas de *codecs*. Na codificação e compactação da imagem, uma parte da informação é perdida. Assim, os diversos *codecs* enfatizam aspectos diferentes e são adequados para diferentes tipos de aplicações. Por exemplo, algumas aplicações exigem boa representação de movimento, em outros casos a cor e textura da imagem são mais importantes. Quanto à taxa de transmissão, o áudio e/ou vídeo são codificados em bit rates que vão de 5Kbps até 1Mbps.

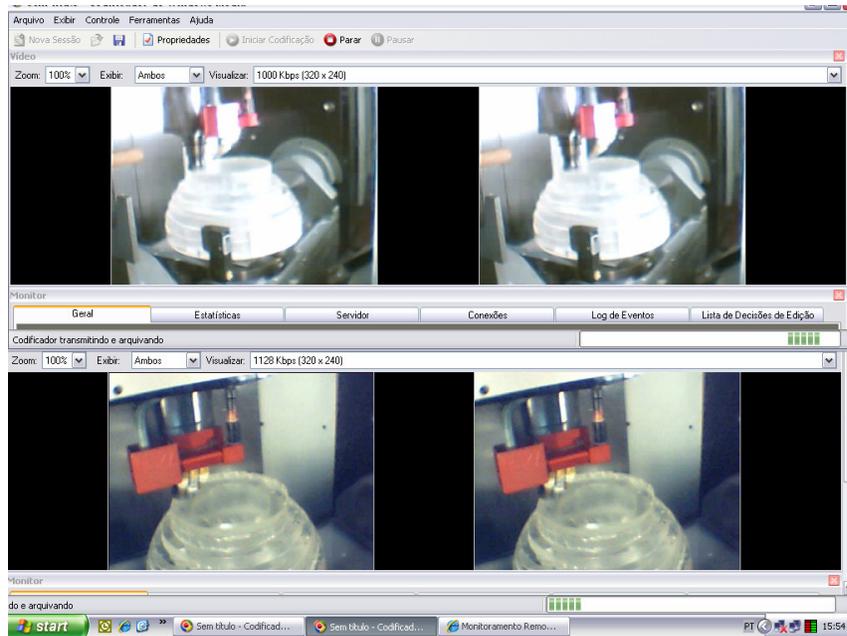


Figura 6: Windows Media Encoder em execução.

Entre as configurações personalizadas no Windows Media Encoder se encontra o número de acessos simultâneos. O valor *default* desta variável é cinco. Para que este valor fosse expandido para 50 acessos simultâneos, é necessário a edição do registro do Windows na chave “HKEY\_CLASSES\_ROOT\Software\Microsoft\Windows Media Tools\Encoder\MaxClientConnections”. Muda-se então o conteúdo dessa chave de cinco para cinquenta.

A aplicação desenvolvida considera o armazenamento de dados em *buffer*. O *buffer* implica no armazenamento temporário dos dados recebidos via Internet até que a aplicação de destino esteja pronta para processá-los. Este armazenamento em *buffer* acarreta um atraso na exibição da imagem da ordem de +ou- 8 segundos, dependendo entre outras coisas da qualidade da conexão via Internet. Neste sentido, eventuais limitações impostas pela conexão serão revistas uma vez que a rede de fibra óptica relacionada ao Projeto Kyatera/TIDIA estiver em operação.

Ilustra-se abaixo na Figura 7 a arquitetura do processo desde a captação da imagem e som até a exibição em tempo-real na Internet.

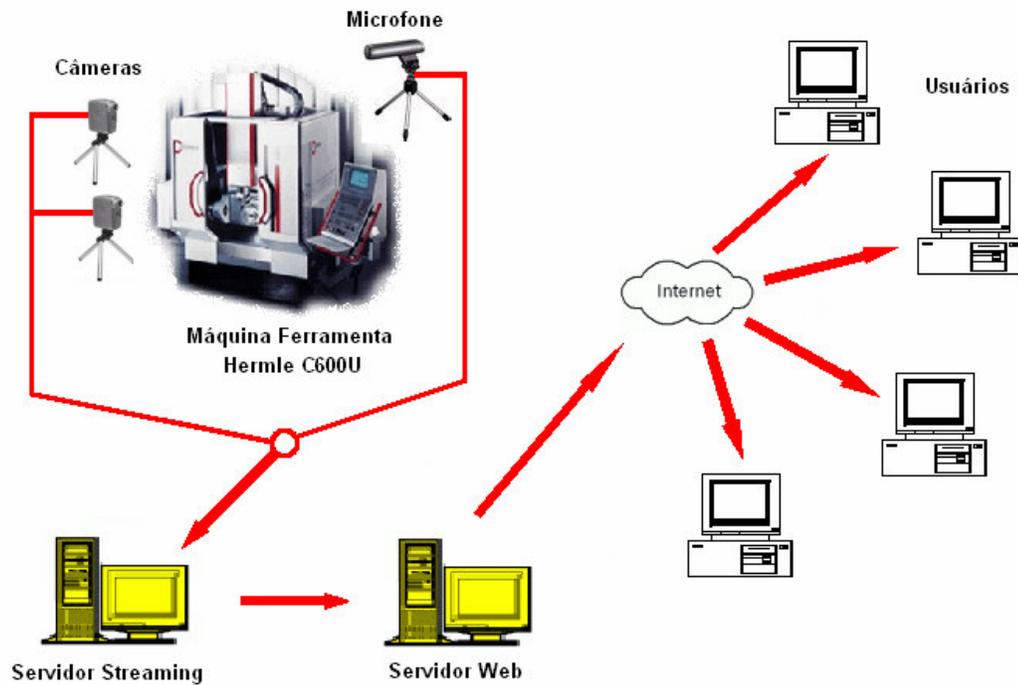


Figura 7: Arquitetura apresentada atualmente.

A página web desenvolvida é encontrada atualmente na Internet através do endereço ([http://www.ita.br/ccm/CCM/monitoramento\\_remoto.htm](http://www.ita.br/ccm/CCM/monitoramento_remoto.htm)), para acesso imediato. Uma parte desta página é apresentada na Figura 8. Observa-se que esta página só estará executando a transmissão on-line de processos de usinagem, quando o laboratório CCM do ITA estiver realizando algum trabalho que deva ser divulgado.



Figura 8: Página Web atualmente disponível para acesso.

A facilidade e praticidade de mostrar todo um processo e discuti-lo com empresas sobre melhorias, prazos de entrega e estratégias contando apenas com o auxílio da Internet, são algumas das vantagens que trazem como resultado, o lucro e um grande avanço tecnológico para a área de manufatura. A principal desvantagem deste sistema é que numa eventual falha no serviço de Internet, o sistema ficará inutilizável pelo tempo em que a falha permanecer.

### 3. RESULTADOS OBTIDOS

Para avaliar a nova solução desenvolvida, foram realizados diversos testes variando a resolução da imagem transmitida. A seguir apresentam-se os resultados obtidos.

#### 1º Conjunto de testes (utilizando métodos de envio e recebimento de bits simultaneamente).

Foram realizados testes de transmissão usando a maior e a menor taxa de transmissão disponibilizada pelo Windows Media Encoder. No primeiro caso, a taxa usada foi de 1128 kbps. Obteve como resultado uma boa qualidade de áudio e vídeo. Não houve ocorrência de ‘travamento’ da imagem. No segundo caso, a taxa usada foi de 28 kbps, que resultou em uma qualidade regular de áudio e vídeo. Também não houve ocorrência de travamento.

Neste primeiro conjunto de testes foram feitas duas gravações de 00:00:01:34 (dd:hh:mm:ss) para a maior e para a menor resolução apresentada. Foram obtidos os seguintes resultados:

- Para taxa de transmissão nominal de 1128 Kbps:
  - Bytes codificados (total): 6745.04 KB
  - Taxa de bits (esperada): 1128 Kbps
  - Taxa de bits (encontrada): 585.65 Kbps
  - Aproximadamente 48% de perda.
  - Tamanho: 5259.52 Kb (tamanho bom para armazenamento)
- Para taxa de transmissão nominal de 28 Kbps:
  - Bytes codificados (total): 262.96 KB
  - Taxa de bits (esperada): 28 Kbps
  - Taxa de bits (encontrado): 22.89 Kbps
  - Aproximadamente 18% de perda.
  - Tamanho: 170.77 KB (tamanho bom para armazenamento)

#### 2º Conjunto de testes (Utilizando métodos de envio e recebimento de bits simultaneamente, mas contando com a alta definição de vídeo)

Utilizando a maior taxa de transmissão disponibilizada pelo Windows Media Encoder, que para esta configuração é de 5137 kbps, foi obtida uma excelente qualidade de áudio e vídeo, porém houve várias ocorrências de travamento da imagem. Já no caso da menor taxa de transmissão, que é de 5017 kbps, obteve-se também uma excelente qualidade de áudio e vídeo, porém com menos ocorrências de travamentos.

Neste segundo conjunto de testes também foram feitas duas gravações de 00:00:01:34 (dd:hh:mm:ss) para a maior e para a menor resolução apresentada. Foram obtidos os seguintes resultados:

- Para a maior resolução apresentada:
  - Bytes codificados (total): 21.45 MB
  - Taxa de bits (esperada): 5137 Kbps
  - Taxa de bits (encontrada): 1917.44 Kbps
  - Aproximadamente 63% de perda.
  - Tamanho: 20 MB (tamanho excessivo para armazenamento)
- Para a menor resolução apresentada:

Bytes codificados (total): 19.56 MB  
Taxa de bits (esperada): 5017 Kbps  
Taxa de bits (encontrada): 1741.52 Kbps  
Aproximadamente 65% de perda.  
Tamanho: 19.48 MB (tamanho excessivo para armazenamento)

A partir dos resultados do segundo conjunto de testes verifica-se que a qualidade do vídeo influencia significativamente no tamanho do arquivo gerado, ou seja, no espaço físico requerido para seu armazenamento em disco rígido. Como resultado tem-se a necessidade de grande capacidade de armazenamento para registro de algumas horas de gravações. Além disso, verifica-se que o aumento da qualidade de vídeo resulta em muitas ocorrências de travamento da imagem, uma vez que a qualidade da conexão não é suficiente para suportar a quantidade de informação a ser transmitida.

Em contrapartida, no primeiro conjunto de testes a qualidade obtida foi razoável sem ocorrência de travamentos, o que caracteriza os parâmetros adotados nestes testes como adequados para a aplicação de monitoramento remoto de processos de usinagem. Observa-se que os resultados obtidos dependem da qualidade da conexão Internet.

#### 4. CONCLUSÃO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de aplicativos do tipo *webpage* para monitoramento remoto de sistemas de manufatura. Em particular apresentam-se duas soluções propostas para transmissão em tempo-real de vídeo e áudio correspondentes a processos de usinagem. A primeira solução é baseada na utilização do software Flash MX, enquanto a segunda usa o software Windows Media Encoder.

A segunda solução proposta apresenta como principal vantagem em relação à primeira a maior flexibilidade para seleção de parâmetros e configuração do sistema, o que resolve uma série de problemas encontrados no caso da primeira solução.

Como trabalhos futuros, o próximo passo consiste na inclusão de funções para envio de dados adquiridos diretamente da máquina CNC, como posição dos eixos, velocidade da ferramenta, entre outros parâmetros de interesse.

#### 3. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a AIM – Associação de Inteligência em Manufatura, e aos órgãos governamentais CAPES, CNPq e FAPESP pelos auxílios financeiros que financiaram esta pesquisa.

#### 4. REFERÊNCIAS

- [1] Adamczyk, Z., Jonczyk, D., Kociolek, K. (2003). “A new approach to a CAD/CAM system as a part of distributed environment”. *Journal of Materials Processing Technology*, (2003): 7-12.
- [2] Apostolopoulos, J. G., Tan, W., Wee, J.S. (2002). “Video Streaming: Concepts, Algorithms, and Systems”. *Mobile and Media Systems Laboratory HP*, (2002).
- [3] Cgest Portugal. Desenvolvimento de sistema Streaming para transmissão de áudio, vídeo e imagens através da Internet (<http://streaming.cgest.pt/faq.htm>). Acessado em 12/02/2007.
- [4] Correr, I., Junior, M. V. (2005). “Using monitoring systems in Machine-Tools for reduction of set-up time”. *18th International Congress of Mechanical Engineering*, (2005).
- [5] Criarweb. Desenvolvimento em Flash (<http://www.criarweb.com/artigos/282.php>). Acessado em 22/05/2007
- [6] FAPESP, TIDIA-KyaTera. Programa de Internet Avançada (<http://www.kyatera.fapesp.br>). Acessado em 06/03/2006.

- [7] Hao, Q., Shen, W., Wang, L. (2005). “Towards a cooperative distributed manufacturing management framework”. *Computers in Industry*, (2005): 71-84.
- [8] Lee, J. (2003). “E-manufacturing—fundamental, tools, and transformation”. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, (2003): 501-507.
- [9] Locaweb. Desenvolvimento de sistema Windows Streaming Media e Flash Communication MX (<http://site.locaweb.com.br/suporte/faq/faq.asp?CodigoCategoria=4761>). Acessado em 21/03/2007.
- [10] Maxi Host. Configurando Windows Media Encoder para transmissão ao vivo via internet ([http://www.maxihost.com.br/suporte/index.php?\\_m=knowledgebase&\\_a=viewarticle&kbarticleid=120](http://www.maxihost.com.br/suporte/index.php?_m=knowledgebase&_a=viewarticle&kbarticleid=120)). Acessado em 09/11/2006.
- [11] Microsoft. Advanced Embedding (<http://msdn.microsoft.com/archive/default.asp?url=/archive/en-us/samples/internet/imedia/netshow/advancedembedding/default.asp>). Acessado em 27/03/2007.
- [12] Souza, T. P., Silva, C. E. O., Villani, E. (2006). “Desenvolvimento de aplicativos para Monitoramento Remoto de Processos de usinagem”. *Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica*, (2006).
- [13] Silva, C. E. O., Souza, T. P., Nakao, E. Y. (2006). “Análise e desenvolvimento de aplicativos de Monitoramento Remoto em sistemas de Manufatura”. *Encontro de Iniciação Científica e Pós-Graduação do ITA*, (2006).
- [14] Yeung, K., Huang, J. (2003). “Development of a remote-access laboratory: a dc motor control experiment”. *Computers in Industry*, (2003): 3005-311.

## **MACHINING PROCESS REMOTE MONITORING UTILIZING STREAMING TECHNOLOGY OF AUDIO AND VIDEO SENDING THROUGH INTERNET**

### **Tiago Pinto de Souza**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
tyagho@ita.br

### **Carlos Eduardo Oliveira da Silva**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
csilva@ita.br

### **Emília Villani**

ITA - Instituto Tecnológico de Aeronáutica. Praça Marechal Eduardo Gomes, 50, Vila das Acácias – 12228-900.  
São José dos Campos - SP  
evillani@ita.br

**Abstract:** *Remote Monitoring can be understood as a process of data and/or information obtainment about a determinate system and its transmission through internet at geographically distinct places in real-time. Among the several remote monitoring applications, there is the machining process monitoring. The CCM-ITA (“Manufacturing Competence Center”) has been developing a number of projects in this area. The purpose of this work is analyze several methods, comparing several solutions for the machine process remote monitoring, development applications streaming for real-time audio and video transmission through internet.*

**Keywords:** *remote monitoring, real-time, streaming, machining, internet.*