

# A tecnologia de identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna industrial: pesquisa exploratória numa empresa de usinados para o setor aeroespacial

Carlos Alberto Marques (UNITAU) – carlos.marques@directnet.com.br  
• Av. Benedito Pereira dos Santos, 492, apto 802, Pinheirinho, CEP: 37500-903, Itajubá-MG  
Valdir Furlan Jr. (UNITAU, SP, Brasil) – valdir.furlan@embraer.com.br  
Jorge Muniz (UNESP, SP, Brasil) – jorgemuniz@feg.unesp.br  
Carlos Alberto Chaves (UNITAU, SP, Brasil) – carlos.chaves@unitau.br  
Ângelo Urias (UNITAU, SP, Brasil) – angelourias@gmail.com

## Resumo

*A Tecnologia de Identificação por Radiofrequência (RFID) está se disseminando mundialmente, principalmente nas aplicações referentes à administração de materiais. A abrangência dessa tecnologia permite aos gestores aplicações em vários processos de negócios e soluções, referentes à rastreabilidade e controle. Este artigo apresenta impactos da aplicação de RFID na logística interna. O estudo é delimitado a processos de usinagem, onde, atualmente, a utilização de etiquetas de códigos de barra não atende às necessidades de detecção, identificação e rastreabilidade dos materiais envolvidos, devido às condições ambientais inapropriadas, como, por exemplo, a presença de óleos e contaminantes nas peças e dispositivos. Este estudo classifica-se como exploratório e foi realizado no ano de 2007, em uma indústria de componentes usinados para o setor aeroespacial, o qual analisa a implantação e uso desta tecnologia em seus processos. Espera-se neste artigo, que o aprendizado resultante deste estudo, permita a disseminação de experiências e práticas do uso do RFID.*

**Palavras-chave:** RFID; Administração de Materiais; Rastreabilidade; Logística Interna.

## Abstract

*Applications related to materials management are disseminating Radio-Frequency Identification (RFID) technology around the world. The scope of this technology enables managers to control several business processes and solutions for daily traceability. This article explores RFID applications in internal machining environment logistics where the use of barcode labels does not meet all the detection, identification and traceability needs. This study is classified as exploratory and was conducted in 2007, at a machined components industry for the aerospace sector. This study analyzes the deployment and use of this technology. Hopefully, the learning process that results from this study will disseminate experiences and practices in the use of RFID.*

**Keywords:** RFID; materials management; traceability; internal logistic.

## 1. INTRODUÇÃO

A busca pela lucratividade, por meio da racionalização dos processos, influencia as empresas a conhecer novas tecnologias e métodos de melhorias. Para Bauhaus (2007 apud GLOVER; BHATT, 2007) a Identificação por Radiofrequência (RFID) “é uma daquelas raras tecnologias que ‘mudam o mundo’, que forçarão a uma reconsideração de muitas estratégias na cadeia de valores”.

O conceito de Identificação por Radiofrequência foi concebido na década do pós-guerra, disparado pelo desenvolvimento dos transistores em 1947. Um relato de 1946, sobre espionagem, descreve que Léon Theremin inventou uma ferramenta para o governo da então União das Repúblicas Socialistas Soviéticas, para retransmitir ondas incidentes de rádios, que portavam informações de áudio (WIKIPEDIA, 2007). Ainda que esse dispositivo fosse apenas um aparato de escuta passivo, foi considerado como o precursor da identificação por radiofrequência.

O presente trabalho apresenta impactos do RFID na logística interna de processos de usinagem, onde a utilização de etiquetas de códigos de barra não atende necessidades de detecção, identificação e rastreabilidade dos materiais envolvidos (ferramentas e dispositivos). O artigo também, levanta pontos favoráveis e desfavoráveis da implantação desta tecnologia.

A pesquisa classifica-se como exploratória e aborda o controle de ferramentas em uma empresa de manufatura de componentes usinados para o setor aeroespacial. Para o estudo, foram levantadas informações relativas às características dos processos da usinagem, da logística e também, do sistema de controle de inventário da empresa.

Este trabalho contribui no estudo sobre uma tecnologia de uso crescente na logística e no controle de estoques e no ensino da engenharia de produção, ao fornecer subsídios de uma realidade industrial a um tema que desperta crescente interesse acadêmico.

Para tanto, a próxima seção traz aspectos para fundamentação teórica do tema tratado: a Seção 3 apresenta os procedimentos metodológicos, a Seção 4, juntamente com a descrição da empresa, discute o contexto do estudo e os resultados levantados e a seção 5, aborda as considerações finais.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A identificação de materiais, segundo Moura et al. (2004), é a tarefa de identificar e descrever o item, individualizando-se dentre os demais, por suas características físico-químicas e de aplicação.

A maioria das indústrias utiliza a técnica de codificação, a fim de facilitar a comunicação interna sobre padronização de materiais e suas aquisições, facilitar a gestão dos materiais em estoque e ao longo da produção, facilitar o controle contábil dos estoques e evitar duplicação de itens em estoque dentre outros benefícios. Esta codificação é registrada no material, através de métodos de gravação ou etiquetas adesivas de códigos de barra ou por etiquetas Identificadoras por Radiofrequência, para possibilitar a referência entre item, código e cadastro de materiais nos sistemas de informação das empresas.

Ainda segundo Moura et al. (2004), rastreabilidade de materiais é um atributo que permite a identificação da origem de um item expedido, bem como registro e rastreamento de peças, processos e materiais usados na produção, por meio de um número serial ou lote. Segundo o mesmo autor, rastreamento determina onde a carga está durante o curso de seu movimento. Neste estudo, “rastreamento de materiais” é o termo mais adequado e rastreabilidade de materiais torna-se uma consequência do processo de rastreamento dos materiais.

A melhoria do processo de rastreamento dos materiais garante uma gestão mais precisa dos inventários, permite o monitoramento da rastreabilidade de itens e melhora a eficiência dos processos. Para melhorar o processo de rastreamento de itens, várias empresas estão utilizando dispositivos automáticos, para facilitar as atividades envolvidas nesse processo. São utilizadas tecnologias de leitura de símbolos, como por exemplo, a tecnologia de leitura de código de barras e, mais recentemente, a tecnologia de RFID. Em fábricas e armazéns ou ainda, no campo, os dispositivos automáticos de rastreamento para controle do inventário têm a vantagem de diminuir os custos, com a redução do volume de trabalho e das operações manuais (BANZATO, 2005).

A Identificação por Radiofrequência (RFID) é uma tecnologia utilizada para identificar, rastrear e gerenciar documentos e produtos e até mesmo animais ou indivíduos, sem contato nem a necessidade de um campo visual (RFID-COE, 2007).

A origem da tecnologia RFID está baseada nos princípios de rádio-comunicações, desde os primeiros estudos sobre eletromagnetismo, por James Clerk Maxwell, a descoberta da indutância eletrônica, no século XIX, por Michel Faraday e a validação desses princípios, posteriormente, por Heinrich Rudolf Hertz. Os precursores para automação dos sistemas de radiofrequência foram as descobertas dos transmissores, patenteada por John Logie Baird, em 1926 e o sistema de detecção de rádio (radar), patenteado por Robert Wattson-Watt, em 1935. A primeira aplicação real de RFID foi observada durante a Segunda Guerra Mundial, quando a força aérea inglesa criou um sistema para identificação de seus aviões, a fim de evitar acidentalmente o “fogo amigo” (WEISS, 2006).

O Departamento de Defesa Norte-Americano, com estudos e aplicações na Logística Militar e as cadeias de suprimento varejistas de grandes corporações, têm contribuído fortemente para o desenvolvimento da tecnologia por RFID.

Glover e Bhatt (2007), especialistas em arquitetura de sistemas RFID, fazem previsões sobre o que pode vir no futuro e consideram que o tempo de existência da tecnologia pode ser dividido da seguinte forma:

- a) **Período Proprietário** – com a redução do tamanho e durabilidade maior dos transistores, após a Segunda Guerra Mundial, com baterias melhoradas, circuitos e micro-chips, foi possível a utilização dos transmissores (identificadores) em aplicações de registro de itens menos valiosos. A utilização tornou-se mais intensa, a partir da década de 1980, para registros de vagões ferroviários, na identificação de chassis de automóveis, na linha de montagem e também, para registrar gado leiteiro. Na década de 1990, a indústria de carne passou a utilizar identificadores de orelha de cinco dólares, para registro de dados de origem e rastreabilidade do gado. A reutilização dos identificadores e fraco suporte ao compartilhamento de informações caracterizaram esse período.

- b) **Período de Compatibilidade (período corrente)** – A queda brusca nos preços de semicondutores e a grande adoção de rede de banda larga, no final do século XX, iniciaram este período. O Departamento de Defesa Norte-Americano, a Wal-Mart e a Tesco começaram a exigir que seus fornecedores identificassem containers e itens individuais, com identificadores RFID. Esses fornecedores não viram as aplicações que integram RFID nos processos internos como vantagem para os seus negócios, mas, sim, como um único benefício para os grandes clientes.
- c) **Período das Empresas com RFID** – Os padrões se estabilizam e os custos dos componentes caem. As organizações começarão a implementar o registro RFID, em seus processos internos, com os benefícios de controle de perecibilidade e temperatura. Estoques com código de barras de uso intensivo serão substituídos por estoques com varreduras. A implementação de sensores nas portas para registro de entrada e saída de cada item nos depósitos, será intensificada. As oportunidades de comunicação plena entre as empresas da cadeia de fornecimento, através do compartilhamento de informações, ainda estarão limitadas, devido à falta de acordos e segurança.
- d) **Período das Indústrias com RFID** – Neste período, padrões RFID, redes de informações RFID, acordos de negócio e segurança abrangente e políticas de privacidade se consolidarão, ao ponto em que indústrias e cadeias de suprimento estejam integradas e compartilhem das informações. Naturalmente, a redefinição das informações sensíveis será fundamental para a evolução desta fase. As margens de segurança dos estoques diminuirão, junto com os tempos e custos de realização, devido a roubos e erros.
- e) **Período da Internet** – O período final será disparado pela intensa disseminação da tecnologia RFID. Custos mais baixos e maior demanda de informações tornarão comerciais as tecnologias existentes e se distribuirão em varejistas, indústrias, fazendas e lares. Identificadores RFID farão parte da concepção do produto. Produtos poderão ser rastreados via Internet e maiores informações sobre produtos e equipamentos poderão ser alcançadas, utilizando-se a rede mundial de comunicações.

## 2.1. Arquitetura básica de um sistema RFID

O sistema RFID possui três módulos (Figura 1): Identificadores ou transponders ou TAGs são etiquetas fixadas no produto que se pretende rastrear ou controlar; Leitor (transceiver) responsável pelo envio da frequência portadora do comando de leitura e também, pela recepção e decodificação do sinal recebido, enviando-o diretamente ao computador ou microprocessador, que utilizará essa informação; e a Antena, presente nos dois módulos anteriores, serve para a eficiente transmissão e recepção dos sinais nos dois sentidos.

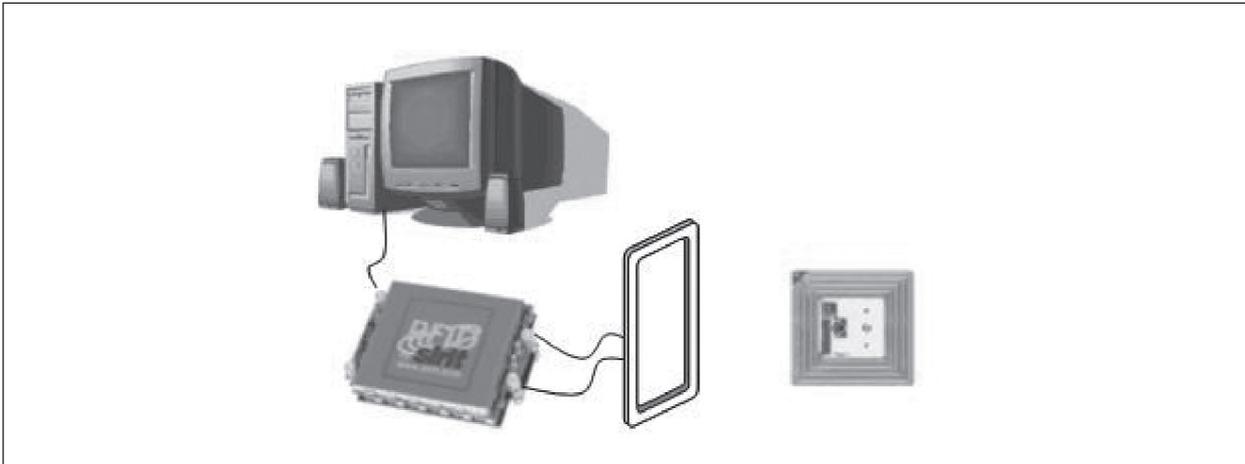


Figura 1 – Diagrama esquemático de um sistema básico RFID

Fonte: EGOMEXICO (2007)

O Identificador: é um microchip, com uma antena que contém um número de identificação, gravado previamente em memória ROM e que em alguns casos possui também, informações gravadas pelo usuário. Geralmente, são fabricados, usando circuitos integrados de baixo consumo. Inúmeros tipos de identificadores estão sendo desenvolvidos, nos mais diversos tamanhos e formas, providos ou não de memória para escrita, frequências de funcionamento, velocidades e outras características. Existem identificadores ativos, passivos e semipassivos. Conforme o tipo de aplicação, pode-se optar pela utilização desde os mais simples e baratos até aqueles identificadores com maior sofisticação, também chamados de segunda geração. Na Tabela 1, é apresentada a classificação dos identificadores.

Tabela 1 – Classes de identificadores EPC Global

Tipo	Descrição
Classe 0	Passiva, apenas leitura
Classe 0+	Passiva, grava uma vez (mas usando protocolos da Classe 0)
Classe I	Passiva, grava uma vez
Classe II	Passiva, grava uma vez com extras (como criptografia)
Classe III	Regravável, semi-passiva (chip com bateria, comunicações com energia do leitor), sensores integrados
Classe IV	Regravável, ativa, identificadores “nos dois sentidos”, que podem conversar com outros identificadores, energizando suas próprias comunicações
Classe V	Podem energizar e ler identificadores das Classes I, II e III e ler identificadores das Classes IV e V

Fonte: Glover; Bhatt (2007)

A frequência operacional de trabalho é a frequência eletromagnética que o identificador usa para se comunicar ou para obter energia. O espectro eletromagnético na extensão na qual o identificador RFID opera, é normalmente dividida em frequência baixa (LF), alta (HF), ultra-alta (UHF) e micro ondas. Devido ao fato dos sistemas RFID transmitirem ondas eletromagnéticas, são regulados como dispositivos de rádio. Por isso, não devem interferir em aplicações de serviços de emergência (frequência utilizada por polícia ou bombeiros) ou transmissões de TV.

Grupos reguladores escolheram diferentes faixas para UHF, em diferentes partes do mundo. Na Europa, América do Sul e boa parte da Ásia, identificadores UHF operam de 865 MHz a 868 MHz. Na América do Norte, eles operam de 902 MHz a 928 MHz, e, na Índia, recentemente adotou-se a faixa de 865 MHz a 867 MHz. A China não anunciou qual faixa irá adotar, mas há indicações de que a faixa que ela escolherá, suportará padrões globais. Um possível padrão mundial é o padrão EPC Global Gen2. Estes operam com uma frequência de 860 MHz a 960 MHz.

O alcance de leitura varia conforme a frequência do identificador e, conseqüentemente, as aplicações são específicas, conforme mostrado pela Tabela 2. Em função das características de gravação, os identificadores possuem vantagens e desvantagens, conforme a aplicação. Na Tabela 3, são apresentadas as principais características dos identificadores.

Tabela 2 – Aplicação dos identificadores

Característica	LF	HF	UHF	Microondas
Frequência	< 135 KHz	de 10 e 13,56 MHz	de 850 a 950 MHz	de 2,5 a 5,8 GHz
Alcance de leitura	~ 10 cm	~ 1 m	2 a 5 m	~ 15 m
Aplicação	Smart Card, ticket, anti-furto, identificação de animais	Pequenos itens, gerenciamento, anti-furto, cadeia de fornecimento	Transporte, identificação veicular, controle de acesso e segurança, grandes itens, paletes, gerenciamento e cadeia de fornecimento.	

Fonte: Duchovni et al. (2006)

Tabela 3 – Características dos identificadores

Classificação	Observações	Vantagens	Desvantagens
Passivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Os mais empregados</li> <li>• Bandas LF, HF e UHF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tempo de vida mais longo</li> <li>• Mecanicamente mais flexíveis</li> <li>• Baixo custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Distância limitada entre quatro e cinco metros</li> <li>• Controlados rigorosamente pelas regulamentações locais</li> </ul>
Semipassivos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usados, principalmente, em sistemas de tempo real para rastrear materiais de alto valor.</li> <li>• Etiquetas costumam ser UHF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grande distância de comunicação</li> <li>• Podem ser usados para controlar outros dispositivos, como sensores</li> <li>• Não entram nas rigorosas regulamentações de alimentação, a que são impostos os elementos passivos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Preço de produção maior, devido à matéria e aos materiais em que são embalados</li> <li>• Confiabilidade na identificação do estado da bateria, especialmente se são submetidos a um ambiente com diversos tags.</li> <li>• A rápida proliferação de dispositivos ativos representa um risco ambiental, devido aos produtos químicos utilizados nas baterias</li> </ul>
Ativos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usados na logística para efetuar o rastreamento de containers em trens, caminhões</li> </ul>		

Fonte: Duchovni et al. (2006)

A utilização da tecnologia de RFID está em fase de padronização e a codificação será muito importante no futuro, quando um único código de referência proverá uma vasta quantidade de dados relativos à característica do material, sua composição, configuração, fabricação, instruções de manuseio, periculosidade, tempo de vida, garantia, dados de manutenção e substituição de componentes, dentre outros, frente às mais variadas formas de aplicação. Esta enorme quantidade de dados estará disponível, em futuro próximo, com o avanço da tecnologia RFID, via internet, em qualquer parte do mundo, instantaneamente.

## 2.2. Logística interna na indústria de manufatura

A logística interna refere-se a todo o processo de recebimento, guarda, controle e distribuição dos materiais utilizados dentro de uma organização. Nas indústrias, a logística interna é um fator primordial para a obtenção da eficiência e do aumento nas quantidades produzidas (MOURA, 1998).

Antes de embarcar uma mercadoria, qualquer empresa precisa processar informações, desenvolver fornecedores, acionar compras, receber e verificar materiais, embalar e movimentar produtos, estocando-os apropriadamente para preservar sua integridade. É preciso, ainda, planejar e controlar estoques e produção, movimentar e estocar mercadorias, aperfeiçoar layout e fluxos de materiais e pessoas, qualificar colaboradores e parceiros, medir e gerenciar custos, avaliar e auditar a qualidade, entre outros (GASNIER, 2007).

A logística interna, além de suportar as operações manufatureiras primárias, considerando as questões de custos e viabilidades econômicas, desempenha um papel importante na logística integrada (interna e externa), onde a interrupção do fluxo de materiais pode ocasionar rupturas no atendimento às demandas.

Dependendo da complexidade do negócio onde está inserida a empresa manufatureira, aumenta a importância das atividades de logística interna, pois determinados ramos de negócio exigem controles mais austeros dos materiais, regulamentados por instituições certificadoras de qualidade e órgãos federais, como por exemplo: inspeção de recebimento, rastreabilidade na montagem, vida útil e controle de desgaste.

Além disso, para atingir os níveis de eficácia necessários para suportar as operações de manufatura, com um controle de valores dos estoques que atenda a legislação brasileira, a logística interna deve dispor de um acurado nível de identificação, controle e rastreabilidade dos materiais. É nesse sentido que a utilização de meios de identificação de materiais, que facilitem a rastreabilidade dos materiais dentro dos estoques ou no processo produtivo, torna-se mais importantes a cada dia que passa. A Figura (2) retrata resumidamente um processo de logística interna.

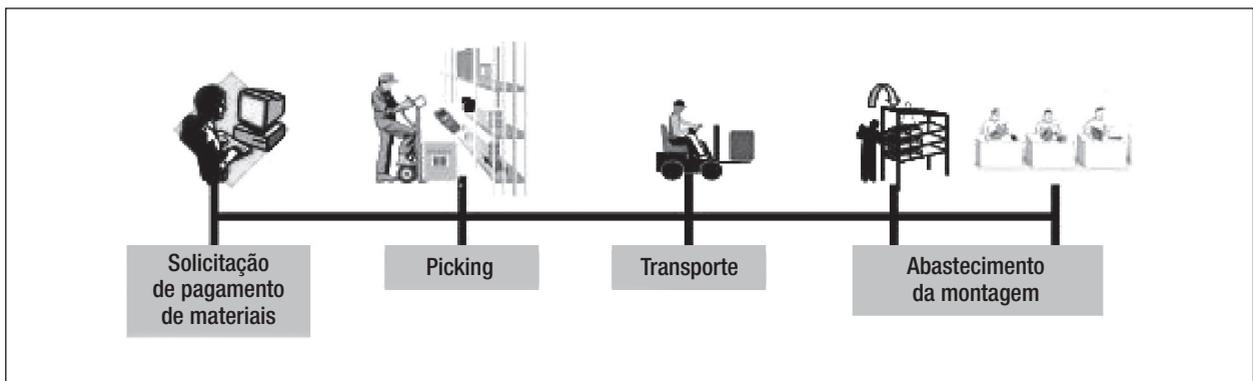


Figura 2 – Exemplo de logística interna em um processo de montagem

## 2.3. Questões de segurança e precisão da tecnologia

Os estudos de Glover e Bhatt (2007) também, trouxeram várias informações em relação à fragilidade da tecnologia RFID.

Há um questionamento em relação à segurança da individualidade das pessoas. Referente à utilização de cartões de créditos em estabelecimentos comerciais, os consumidores perceberam que seus dados pessoais poderiam ser acessados, através de leitura de cartão de crédito e isto gerou antipatia em países, como Alemanha, onde aconteceram protestos nas lojas de varejo que utilizaram cartões. Para aplicações industriais, existem possibilidades de utilização da criptografia, que elimina a exposição de informações sigilosas; no entanto, os custos do sistema aumentam consideravelmente.

As taxas de defeito de fabricação ainda são altas para os rótulos inteligentes (identificadores de papel com chips e antenas RFID embutidas). Também, a robustez das etiquetas frente às condições adversas de temperatura, umidade, acidez, entre outras, às quais são submetidas, ainda não apresenta um resultado convincente.

O efeito Tailgating pode tornar a tecnologia mais susceptível a fraudes. Ele ocorre quando uma pessoa, um veículo ou dispositivo não autorizado acompanha um autorizado, antes que o acesso se feche. Essa é uma vulnerabilidade que deve ser evitada com meios de controle de procedimentos e não representa uma restrição relevante, exceto se ocorrerem problemas de sistema, tais como o efeito colisão. Quando muitos identificadores estão próximos, um leitor pode ter dificuldade de informar onde a resposta de um identificador termina e onde a resposta do outro começa. Identificadores anti-colisão sabem como esperar sua vez ao responder a um leitor. O efeito colisão deve ser bem avaliado, antes da implantação de um sistema RFID.

É fácil imaginar que as interferências eletromagnéticas são inevitáveis neste tipo de tecnologia. Uma avaliação do ambiente, onde outros equipamentos trarão surpresas desagradáveis, deve ser simulada em um campo de provas, antes da implantação do sistema.

Muitos dos sistemas RFID estão longe de ser robustos. Segundo Glover e Bhatt (2007), a maioria dos projetos pesquisados, em 2005, relatava uma taxa de precisão entre 80 e 99 por cento. Há muitas razões para isso, mas a maioria provém dos desafios inerentes de se mover líquidos e metais, utilizando-se a comunicação por radiofrequência.

Um estudo realizado por Chen e Lee (2006), mostrou que as leituras realizadas com etiquetas de radiofrequência UHF, tipo passiva, de vários tipos de classe e geração, perdem cerca de 50% de precisão, na distância de leitura, quando são sobrepostas em metais, como o alumínio. Em segundo lugar, com maior prejuízo de precisão, está a pele humana. Os materiais que apresentaram melhor desempenho de leitura, com etiquetas sobrepostas, neste estudo, foram nesta ordem: o papelão e o plástico. Várias posições e orientações de leitura foram testadas para validar estes ensaios.

## 2.4. Tomada de decisão em tecnologia

Decisões que envolvem tecnologia nunca são pontuais (VENDRAMETTO, 2007 apud COSTA NETO, 2007). Por mais simples que possam parecer, elas trazem consigo conceitos, necessidades, aprendizado e mudanças de diversas naturezas. Decisões dessa natureza normalmente afetam o custo, por isso requer cuidados para redução de riscos. Além dos equipamentos que exigem investimentos, quase sempre levanta necessidades de modificações nas instalações, treinamento ou mesmo substituição do pessoal, rearranjo da produção, troca de fornecedores, dentre outras adaptações.

O custo da tecnologia RFID, em relação aos sistemas de código de barras, é mais elevado, considerando os custos relacionados com hardware, software e serviços. Este fator tem restringido o aumento de sua aplicação. Atualmente, uma etiqueta inteligente custa, nos EUA, cerca de US\$ 0,25 cada, na compra de um milhão de chips. No Brasil, segundo a Associação Brasileira de Automação, esse custo fica entre US\$ 0,80 e US\$ 1,00 a unidade (dados de 2005). Na feira de Logística, Movimentação, Armazenagem e Embalagem de Materiais (MOVIMAT), realizada na cidade de São Paulo, em agosto de 2007, o valor desta etiqueta foi oferecido por US\$ 0,50 e o de um portal de leitura, com três orientações por US\$ 4.000,00. O sistema de leitura estava em funcionamento para produtos alimentícios em embalagens de papelão.

Para empresas que possuem muitas instalações, empregados, clientes, fornecedores e outros relacionamentos, a decisão é mais complexa e envolve análise de diversas variáveis. Neste caso, aspectos de longo prazo, aderentes à cultura da empresa, precisam ser analisados a priori, antes da decisão. Há tecnologias que criam dependência empresa-fornecedor. O erro de uma decisão, pode trazer consequências desde ociosidade do equipamento, material e espaço até endividamento. Estão relacionados, abaixo, alguns pontos que requer atenção:

- a) **Identificar a necessidade com clareza:** a necessidade nem sempre é objetiva. Aspectos de natureza emocional, como gosto, orgulho, otimismo e outros, não podem ser desprezados num processo de opções. A dimensão da necessidade não pode ser extrapolada, sob pena de causar dispêndios financeiros e dificuldades de operação.
- b) **Analisar, com muita isenção, o benefício e o custo:** a adoção de uma nova tecnologia ou mesmo uma inovação, não pode ser vista apenas do lado do benefício apresentado pelo vendedor. A nova tecnologia sempre vem acompanhada da exigência de configurações que podem ter custo razoável, além da própria tecnologia. É preciso estimar, com pessimismo, os benefícios e, com otimismo, os custos da mudança. Se ainda assim os benefícios se mostrarem vantajosos e não comprometerem a saúde financeira da empresa, o investimento nas mudanças é recomendável.
- c) **Buscar referências concretas com usuários:** fontes efetivas e independentes são indispensáveis para compor o leque de informações que devem orientar uma decisão em tecnologia. É imprescindível ouvir usuários do equipamento que se pretende adquirir. Avaliar o custo da instalação, os insumos necessários, a operacionalidade, facilidades e dificuldades de uso, possibilidades de atualização de equipamentos, índices de falhas, defeitos e quebras, efetivo aumento da produção, facilidade de manutenção e atendimento de assistência técnica são fundamentais.
- d) **Ter capacidade financeira assegurada e riscos bem dimensionados:** embutidos no preço do equipamento estão os custos de pesquisa, desenvolvimento, protótipos, testes e lucro, além de taxas e impostos. A aquisição de tecnologia quase sempre requer financiamento. Isto exige cuidados especiais relativos à dívida assumida, mesmo em condições favoráveis de juros.

- e) **Cercar-se de garantias de funcionamento e desempenho:** o contrato de compra de tecnologia deve ser explícito quanto as garantias. O ato da compra deverá ser consumado, quando o equipamento comprado atingir os níveis de desempenho prometidos. As garantias de peças e componentes devem ser detalhadas, com atribuições de responsabilidades. Ressarcimentos por interrupção de operações são elementos indispensáveis em cláusulas contratuais.

### 3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Nesta seção, são apresentados os procedimentos metodológicos, referentes a: método, abordagem e coleta de dados, com o intuito de caracterizar a pesquisa realizada.

Quanto aos fins, a pesquisa é descritiva-exploratória, pois descreve conceitos de diversos pesquisadores, apresenta fato ou fenômeno e levanta observações sistemáticas no decorrer da pesquisa. Descritiva, por definir a natureza e apresentar as características de um fenômeno em um grupo específico (SELLTIZ, 1987), que no presente estudo é o uso da tecnologia RFID numa empresa de usinagem. Exploratória, no sentido de que existe pouco conhecimento acumulado e sistematizado sobre o tema RFID e pela profundidade da pesquisa.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, em função dos métodos de coleta de dados utilizados e o pesquisador (funcionário da empresa) se envolveu diretamente com o problema coleta de informações (TATIM; DIEHL, 2004). Quanto à coleta de dados, foram utilizados:

- Pesquisa bibliográfica, para a elaboração do referencial teórico;
- Documentos de fornecedores de tecnologia RFID e observação do autor principal, em visitas técnicas a feiras e outras empresas.

### 4. CASO DE EMPRESA DE USINADOS DO SETOR AEROSPACIAL

A empresa estudada possui 750 funcionários envolvidos com usinagem de peças com ligas de aço, alumínio e titânio, além de tratamentos especiais, como anodização crômica, dura, cádmio, cromo, shotpeening, superfinish e montagens. Especificamente quanto aos processos de usinagem, conta com aproximadamente 40 máquinas, que utilizam uma quantidade superior a 2000 unidades de ferramentas, que em estoque, correspondem a cerca de US\$ 1,5 milhões.

Em processo de usinagem de metais, tanto para tecnologias de fresamento ou de torneamento, a utilização de portas-ferramenta e dispositivos de fixação de brocas e insertos de corte, é imprescindível. As portas-ferramenta e dispositivos são comumente chamados de ferramentas, pois é considerada parte integrante da ferramenta cortante, utilizada no processo de usinagem das peças.

A Engenharia de Métodos e Processos especifica as ferramentas para cada processo e elabora a documentação apropriada. O fluxo de abastecimento e recolhimento de ferramentas do processo de usinagem de peças componentes é ilustrado na Figura 3.

Dentro da fábrica estudada, essas ferramentas são armazenadas em prateleiras, dentro de áreas segregadas ou diretamente no ponto de uso. Essas ferramentas são montadas em kit e enviadas aos preparadores de máquinas, para utilização nas células de trabalho, por meio de carrinhos dedicados, à medida que são solicitadas pelos operários, no decorrer do processo de usinagem das peças.

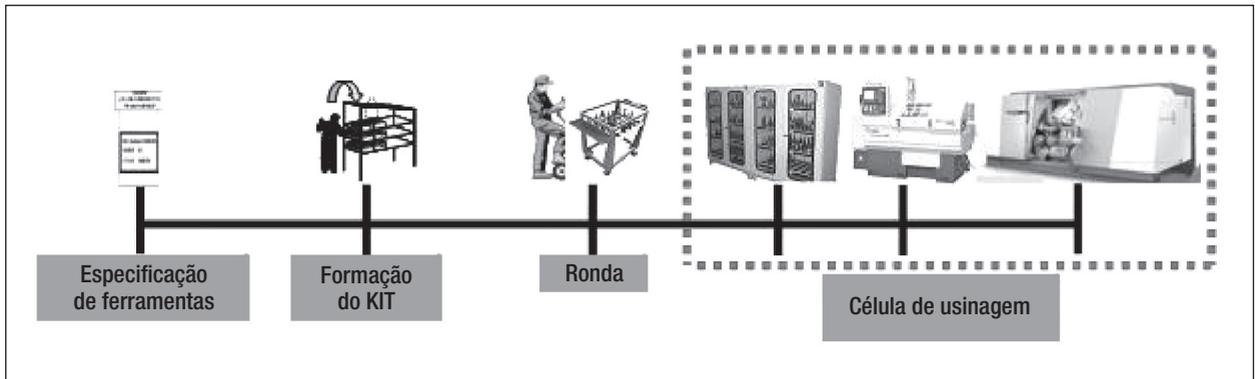


Figura 3 – Fluxo de abastecimento e recolhimento de ferramentas

A identificação das ferramentas é prejudicada, por exemplo, pela(o): (i) contaminação das ferramentas por óleos e graxas, (ii) seu formato circular que dificulta a adesão de etiquetas de código de barras e marcação por tinta e (iii) dureza das ferramentas que dificulta gravações.

Tradicionalmente, as atividades de armazenagem, coleta, movimentação de ferramentas (entre almoxarifado e ponto de uso) e montagem dos kits, são prejudicados pela má identificação de ferramentas e impactam negativamente aspectos de logística interna dos processos de usinagem. A seguir, citam-se como exemplos:

- a) Apontamento manual, que exige exatidão para distribuição confiável dos kits para as máquinas ou célula.
- b) Controle físico, para fins contábeis a conferência física demanda mais tempo e custo, quando comparada ao controle por tecnologia de código de barras.
- c) Custos, devido à conferência física das ferramentas nos estoques, desde a aquisição até o registro no sistema de informação, erros de contagem ou identificação podem comprometer o uso e os custos envolvidos nos processos de usinagem. O valor agregado dessas ferramentas varia de alguns poucos dólares, para insertos de usinagem, a cerca de US\$ 5 mil, para ferramentas dedicadas.
- d) Controle da vida útil e afiação costuma se basear nas movimentações das ferramentas entre almoxarifado e ponto de uso e não na sua utilização (peças ou ciclos).
- e) Controles paralelos, necessidade de planilhas eletrônicas para sustentar o item anterior (d).
- f) Segurança patrimonial, o pequeno tamanho das ferramentas pode promover desvios e evasões de propriedade.
- g) Funcionários especializados, para identificação acurada e interpretação das características da ferramenta, podem promover a dependência por funcionários especializados.
- h) Montagem de kit, ocorrências de “canibalizações” de kits, originadas por montagens incorretas, o que exige retrabalhos “emergenciais”, movimentações não planejadas e indisponibilidade da máquina ou célula de trabalho.
- i) Localização das ferramentas, não só pelas deficiências já descritas mas também porque as ferramentas são designadas no sistema de gestão, ao funcionário solicitante, que costuma mudar de posto de trabalho, deixando as ferramentas em postos incorretos.

São listados, na Tabela 4, os pontos relevantes para uma decisão qualitativa, referente à análise da implantação de um sistema RFID para controle de ferramentas, no processo de usinagem.

Tabela 4 – Pontos relevantes para decisão qualitativa sobre a implantação de um sistema RFID

Pontos favoráveis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Facilidade de leitura à distância com veículos, objetos ou pessoas em movimento.</li><li>• Rapidez de localização e gerenciamento de desgaste das ferramentas, em tempo real de todos os itens da planta.</li><li>• Resistência das etiquetas ao ambiente fabril, em relação às etiquetas adesivas de código de barras.</li><li>• Redução de homem-hora para apontamentos durante as movimentações.</li><li>• Melhoria de comunicação empresa-fornecedor dos dados-mestres e eventos.</li><li>• Melhoria do nível de segurança da informação, por não demandar criptografia.</li></ul>
Pontos desfavoráveis	<ul style="list-style-type: none"><li>• Índice de defeitos das etiquetas.</li><li>• Desempenho insatisfatório das etiquetas em materiais metálicos. Fornecedores sugerem utilização de blindagem da etiqueta (PVC ou cerâmica).</li><li>• Pouca acurácia das leituras.</li><li>• Falta de padrões de protocolo e identificação.</li><li>• Suscetibilidade às interferências eletromagnéticas.</li><li>• Insegurança quanto às interfaces entre leitores, softwares intermediários de RFID e sistema de informação da empresa.</li><li>• Dificuldade para planejamento de contingências para cobertura de falhas do sistema.</li></ul>

Com base no estudo realizado, um sistema que traria bons retornos para aplicação no ambiente de usinagem estudado, seria a utilização de etiquetas passivas de classe II, UHF, geração 2, em função da necessidade de gravação de registros, tanto de dados-mestres de origem, quanto dados sobre vida útil e localização. O investimento necessário a esse sistema de etiquetas é da ordem de US\$ 10 mil.

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A discussão do Caso pesquisado numa empresa do setor aeroespacial, na Seção 4, permite o entendimento dos impactos dos identificadores de rádio frequência (RFID) na logística interna de processos de usinagem. Também, são apresentados os pontos favoráveis e desfavoráveis da implantação desta tecnologia.

A pesquisa levanta como principais possibilidades do RFID, na logística interna de processos de usinagem, a melhoria de localização e gerenciamento de desgaste das ferramentas, em tempo real de todos os itens da planta, a resistência das etiquetas ao ambiente fabril, em relação às etiquetas adesivas de código de barras, a confiabilidade das informações. Como aspectos negativos, levantaram-se oportunidades quanto à diminuição do preço das etiquetas, acurácia das leituras e a falta de padrões de protocolo e identificação.

O estudo realizado indica, ainda, a seguinte realidade, relacionada à tecnologia RFID:

- a) Falta de consolidação da tecnologia para aplicação comercial; a implantação da tecnologia deve ser amadurecida por meio de utilização em células-pilotos na empresa;
- b) Tendência crescente de que os sistemas RFID sejam utilizados no controle e rastreabilidade em processos de usinagem;
- c) Aumento de participação colaborativa dos parceiros interessados no compartilhamento das informações, garantirá padronização da tecnologia e economia de escala;
- d) Auxílio na tomada de decisão, em decorrência da velocidade das informações em tempo real;

O Estudo permite reflexões sobre utilização da tecnologia em novas aplicações de gestão de materiais. Como trabalho futuro, indica-se a utilização de análise multi-critério (Ex: Processo de Análise Hierárquica – AHP), para ponderação dos pontos qualitativos para análise desses pontos e ambientes.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BANZATO, E. **Tecnologia da Informação Aplicada à Logística**. São Paulo: IMAM, 2005.
- CHEN J.; LEE N. UHF Class 0/Class 1 RFID Tag Performance. MAE 188 – RFID. **Introductory Course Final Report**, University of California, Los Angeles, 2006.
- COSTA NETO, P. L. O. **Qualidade e competência nas decisões**. São Paulo: Edgard Blücher, 2007. 428 pp.
- DIEHL, A. A.; TATIM, D. C. **Pesquisa em ciências sociais aplicadas: métodos e técnicas**. São Paulo: Prentice Hall, 2004.
- DUCHOVNI, D., et al. **Identificação por Rádio Frequência: RFID**. São Paulo: PUC-Campinas, 2006.
- EGOMEXICO. [http://www.egomexico.com/tecnologia\\_rfid.htm](http://www.egomexico.com/tecnologia_rfid.htm), último acesso em 08/08/2007.
- GASNIER, D. Disponível em: <http://www.imam.com.br/logistica/Artigos.asp?iD=5> Acesso em: 29/07/2007.
- GLOVER, B.; BHATT, H. **Fundamentos de RFID**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2007. 228 pp.
- MOURA, R.A. **Check sua logística interna**. São Paulo: IMAM, 1998. 10 pp.
- MOURA, R. A.; et al. **Dicionário de Logística**. São Paulo: IMAM, 2004. 256 pp.
- RFID-COE. Disponível em: <http://www.rfid-coe.com.br/OqueERFID.aspx> Acesso em 22/12/2007.
- SELLTIZ, C. **Métodos de pesquisa nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1987.
- WEISS, S.A. **RFID (Radio Frequency Identification): Principles and Applications**. Disponível em: <http://www.eecs.harvard.edu/cs199r/readings/rfid-article.pdf>. Acesso em 22/12/2007.
- WIKIPÉDIA. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/RFID> Acesso em 27/07/2007.