

# DESENVOLVIMENTO DE UMA METODOLOGIA DE INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA RFID PARA A CADEIA DE SUPRIMENTOS DAS EMPRESAS MONTADORAS DE MICROCOMPUTADORES NO PÓLO DE INFORMÁTICA DE ILHÉUS/BA

## DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR INTEGRATING RFID TECHNOLOGY TO CHAIN AUTOMATION OF ASSEMBLY MICROCOMPUTERS COMPANIES IN POLE OF COMPUTING OF ILHÉUS / BA

Francisco Uchoa Passos<sup>1</sup>; Frederico Wergne de Castro Araújo Filho<sup>2</sup>; Xisto Lucas Travassos  
Júnior<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC – Salvador, Bahia, Brasil  
[francisco.uchoa@fieb.org.br](mailto:francisco.uchoa@fieb.org.br)

<sup>2</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC – Salvador, Bahia, Brasil  
[wergne@fieb.org.br](mailto:wergne@fieb.org.br)

<sup>3</sup>Faculdade de Tecnologia SENAI CIMATEC – Salvador, Bahia, Brasil  
[lucas.travassos@fieb.org.br](mailto:lucas.travassos@fieb.org.br)

### Resumo

*Este artigo tem como objetivo fazer uma proposta de aplicação da tecnologia RFID – Radio Frequency Identification (Identificação por Radiofrequência), em empresas montadoras de microcomputadores, para o controle de estoque e rastreabilidade de insumos/produtos. Para justificar a vantagem da aplicação da tecnologia RFID, utilizou-se a Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA – Failure Modes and Effect Analysis) com foco específico em FMEA de Processo. A proposta de integração da tecnologia RFID foi apoiada na análise FMEA de Processo de uma montadora de microcomputadores, para identificar e avaliar as falhas potenciais, e propor ações de melhorias utilizando a tecnologia RFID, considerando a realidade das empresas do Pólo de Informática de Ilhéus/BA. Neste estudo, foi possível comprovar a viabilidade da tecnologia RFID para o controle de estoque e rastreabilidade do produto. Tal comprovação foi obtida pelos seguintes aprimoramentos do processo produtivo: (a) redução de um posto de trabalho na expedição; (b) redução dos custos de substituição por componente com equivalência superior; e (c) redução do tempo de leitura do pallet de produto acabado. Outras melhorias foram adicionalmente aportadas à empresa com a utilização da tecnologia RFID.*

**Palavras-chave:** RFID; FMEA de processo; site survey; automação de processo; operação.

### 1. Introdução

Segundo Martins (1998), a frequente competição entre empresas força empresários a garantir que as demandas dos consumidores sejam satisfeitas da melhor forma possível, a um custo

baixo. Assim, empresas tentam encontrar soluções inovadoras para melhorar a qualidade do processo de produção e reduzir seus custos operacionais.

De acordo com Soares et al (2008), no atual mercado competitivo, onde a qualidade no atendimento é um item cada vez mais requisitado e as perdas financeiras são cada vez menores, a tecnologia RFID vem ganhando foco e atenção dos executivos, visando o aumento da eficiência da cadeia logística através da disponibilidade dos produtos no tempo certo e no local desejado, com o menor custo de operação. Como resultado, grandes empresas mundiais estão adotando, progressivamente a tecnologia RFID.

Ainda segundo Soares et al (2008), os estoques são os pontos da cadeia de produção e distribuição que mais esperam pelo amadurecimento das soluções da tecnologia RFID, em que os ganhos com a sua implantação vão muito além da substituição da tecnologia de automação de captura de dados, tendo como principal vantagem aumentar a integração de toda a cadeia logística, de forma a fornecer ferramentas que possibilitem rastreabilidade e controle dos produtos que circulam na cadeia.

Este trabalho começou em 2008, motivado pelas observações realizadas em visitas às diversas empresas montadoras de microcomputadores no Pólo de Informática de Ilhéus/BA, constituído por cerca de vinte montadoras de microcomputadores. Os componentes utilizados na montagem são, em sua quase totalidade, importados de fornecedores asiáticos (China, Coréia do Sul, Tailândia, entre outros) e sua produção abastece o mercado brasileiro, concentrando-se principalmente nas regiões norte e nordeste do país.

As dificuldades encontradas por essas empresas em gerir seus estoques de matéria-prima e de produto acabado, mesmo utilizando código de barras para identificação automática nas etapas do processo de produção, foram o fator motivacional deste trabalho, e serviram como *inputs* para o desenvolvimento da metodologia de integração em questão.

As dificuldades mais relevantes encontradas nas empresas da região são descritas a seguir:

- Venda de produtos que não continham todos os componentes, conforme o pedido de cliente, levando a empresa, na maioria das vezes, a substituir o componente faltante por outro de maior valor agregado (responsabilidade do fornecedor);
- Discrepância entre estoque físico e sistema de controle de estoque (banco de dados);
- Controle manual de rastreabilidade de componentes nas etapas de montagem – quando algum componente estava danificado e tinha que ser substituído por outro, o controle dessa etapa era, na maioria das empresas, feito manualmente (através do preenchimento de planilha de controle no final do expediente e lançamento no sistema de estoque);
- Problemas de leitura de código de barras nas etapas de inserção de dados no Sistema ERP;

- Controle manual de inventário do estoque de matéria-prima.

No entanto, a adoção da tecnologia RFID em uma dada aplicação não é uma tarefa trivial. Um problema recorrente na avaliação da aplicação da tecnologia é a dificuldade no entendimento das camadas físicas e lógicas. Em alguns casos percebe-se uma confusão entre problemas do sistema de gerenciamento e a aplicação de uma nova tecnologia. Ressalta-se que a simples instalação do sistema RFID não produz resultados satisfatórios sem uma camada lógica eficazmente projetada.

Muitas aplicações comerciais estão sendo focadas em resultados provenientes da camada lógica, como a sincronização de dados ou integração de sistemas.

Freqüentemente o retorno sobre o investimento para estas aplicações é baixo demais, tornando a identificação por radiofrequência (RFID) um item de luxo. Este trabalho tem por objetivo avaliar as condições específicas de adoção de um sistema RFID numa empresa montadora de microcomputadores, situada no Pólo de Informática de Ilhéus/BA, visando um retorno sobre o investimento adequado para modernizar a empresa com uma solução atual. Ressalta-se também que nenhuma empresa da região detém esta tecnologia, fato que caracteriza a referida adoção como uma inovação pioneira de processo para o Pólo.

A tecnologia RFID apresenta algumas vantagens quando comparada à tecnologia de código de barras, atualmente utilizada, respeitando as condições encontradas na empresa. O método de leitura das etiquetas RFID possibilita que as mesmas sejam lidas em grande velocidade em comparação ao código de barras. A leitura da etiqueta RFID não depende da visualização, pode ser reutilizada ou operar em ambientes insalubres ou contaminados por sujeira.

O ponto inovador desta pesquisa é a criação de uma metodologia de integração da tecnologia RFID ao sistema de produção atualmente utilizado, para facilitar a adoção de tal tecnologia nas empresas que visam melhorar o controle, o gerenciamento de estoque de matéria-prima e a rastreabilidade do produto. Ressalta-se que esta metodologia visa reduzir impactos significativos na estrutura da empresa para facilitar a integração.

Observaram-se outros benefícios inerentes à utilização desta tecnologia como: redução no tempo de produção, redução de falhas no processo e redução de defeitos. Tais benefícios foram alcançados devido ao controle em tempo real, pela capacidade de leitura de diversas etiquetas ao mesmo tempo, resultando na e supressão de operação manual para realização da leitura.

Além disso, a empresa que adota a tecnologia RFID se beneficia com o controle do estoque em tempo real, pois seus fornecedores poderão monitorar o estoque das matérias-primas fornecidas e atender de forma mais precisa a necessidade do seu cliente.

Este monitoramento em tempo real entre fornecedor e empresa é replicado nos demais elos da cadeia, devido a robustez da etiqueta comparada ao código de barras, o que garante melhor

qualidade de atendimento ao consumidor final, redução dos custos logísticos e otimização do controle de estoque.

## **2. Tecnologia RFID**

A tecnologia RFID tem suas origens na Segunda Guerra Mundial, com o sistema de identificação IFF – *Identification Friend-or-Foe* (Sistema de Identificação de amigo ou inimigo), que permitia às unidades aliadas a distinção entre aeronaves aliadas e inimigas. A tecnologia RFID funciona mediante o seguinte princípio básico: um sinal é enviado a uma etiqueta a qual é ativada e reflete de volta o sinal (sistema passivo) ou transmite seu próprio sinal (sistema ativo).

Segundo Pinheiro (2006), os avanços consideráveis ocorridos com a tecnologia RFID, são inegáveis, contudo diversos desafios mostram-se reais para sua ampla utilização. Esses desafios são percebidos na aplicação que é feita dos dispositivos. Em algumas aplicações, a tecnologia está razoavelmente consolidada, enquanto que para outras ainda deve esperar o desenvolvimento de novos dispositivos, protocolos de segurança assim como a redução do custo das etiquetas.

Mencionam-se neste tópico vantagens e desvantagens do uso do RFID, que a leitura da bibliografia ofereceu e que serviram de base para a implementação da referida tecnologia na empresa em questão.

### **a) Vantagens do uso da RFID**

Segundo Bernardo (2004), de uma forma geral, são vantagens da tecnologia RFID:

- a capacidade de armazenamento, leitura e envio dos dados para etiquetas ativas;
- a detecção sem necessidade da proximidade da leitora para o reconhecimento dos dados;
- a durabilidade das etiquetas, com possibilidade de reutilização;
- a redução de estoque;
- a contagem instantânea de estoque, facilitando os sistemas empresariais de inventário;
- a precisão nas informações de armazenamento e velocidade na expedição;
- a localização dos itens em processos de busca;
- a melhoria no reabastecimento, com eliminação de itens faltantes e daqueles com validade vencida;
- a prevenção de roubos e falsificação de mercadorias;
- a coleta de dados animais ainda no campo;
- o processamento de informações nos abatedouros;
- a otimização do processo de gestão portuária, permitindo às companhias operarem muito próximo da capacidade nominal dos portos.

## **b) Desvantagens do uso da RFID**

– Conforme descreve Bernardo (2004), como desvantagens podem-se apresentar os seguintes itens:

- custos dos sistemas RFID, mesmo para produtos de maior valor agregado;
- interferência eletromagnética no uso de materiais metálicos ou condutivos, que dificulta a transmissão dos sinais de radiofrequência entre a etiqueta e o leitor RFID;
- regulamentações nacional e internacional ainda não compatíveis.

Em relação ao problema identificado no estudo de caso, as principais vantagens e desvantagens levam à premissa de que a tecnologia pode ser implantada, porém devem-se identificar as falhas de processo que podem comprometer a integração com o sistema atual. Desta forma, para que o processo de integração seja realizado, faz-se necessária a identificação das falhas do processo, para que estas sejam avaliadas, sanadas ou, na pior das hipóteses, minimizadas. Para tanto, um breve resumo conceitual da análise FMEA é apresentado a seguir.

## **3. FMEA de processo**

Dentre as diversas ferramentas utilizadas para análise de falhas (Digrama de Ishikawa, Árvore de Falhas, Gráfico de Pareto, Análise de Fluxo, 5 Por quês, MASP, Análise Funcional entre outras) a FMEA – *Failure Modes and Effect Analysis* (Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos) se mostrou a mais adequada para o caso em questão, por detalhar o processo etapa por etapa; agregar mais informações nas descrições do processo; e identificar as causas das falhas no processo de montagem de microcomputadores do estudo de caso; e estabelecer critérios de prioridade no tratamento de riscos de falhas.

Segundo Aguiar (2007), os fatores severidade, frequência de ocorrência e facilidade de detecção são estimados para uma determinada falha utilizando-se, para cada um desses fatores uma escala de valores, na maioria das vezes definida de um a dez, baseada em critérios de avaliação, geralmente de comum acordo entre os especialistas da equipe de análise. A conjugação desses três fatores gera o NPR (Número de Prioridade de Risco), que é uma medida do risco relativo de fracasso de uma determinada função do processo, medida esta utilizada para comparações com a mesma medida feita para outras funções do mesmo processo. O NPR é usado para classificar as possíveis falhas do processo em um *ranking*, a partir do qual priorizam-se as ações para eliminá-las ou mitigá-las. São recomendadas ações com prioridade dada às falhas que atingiram o NPR mais alto.

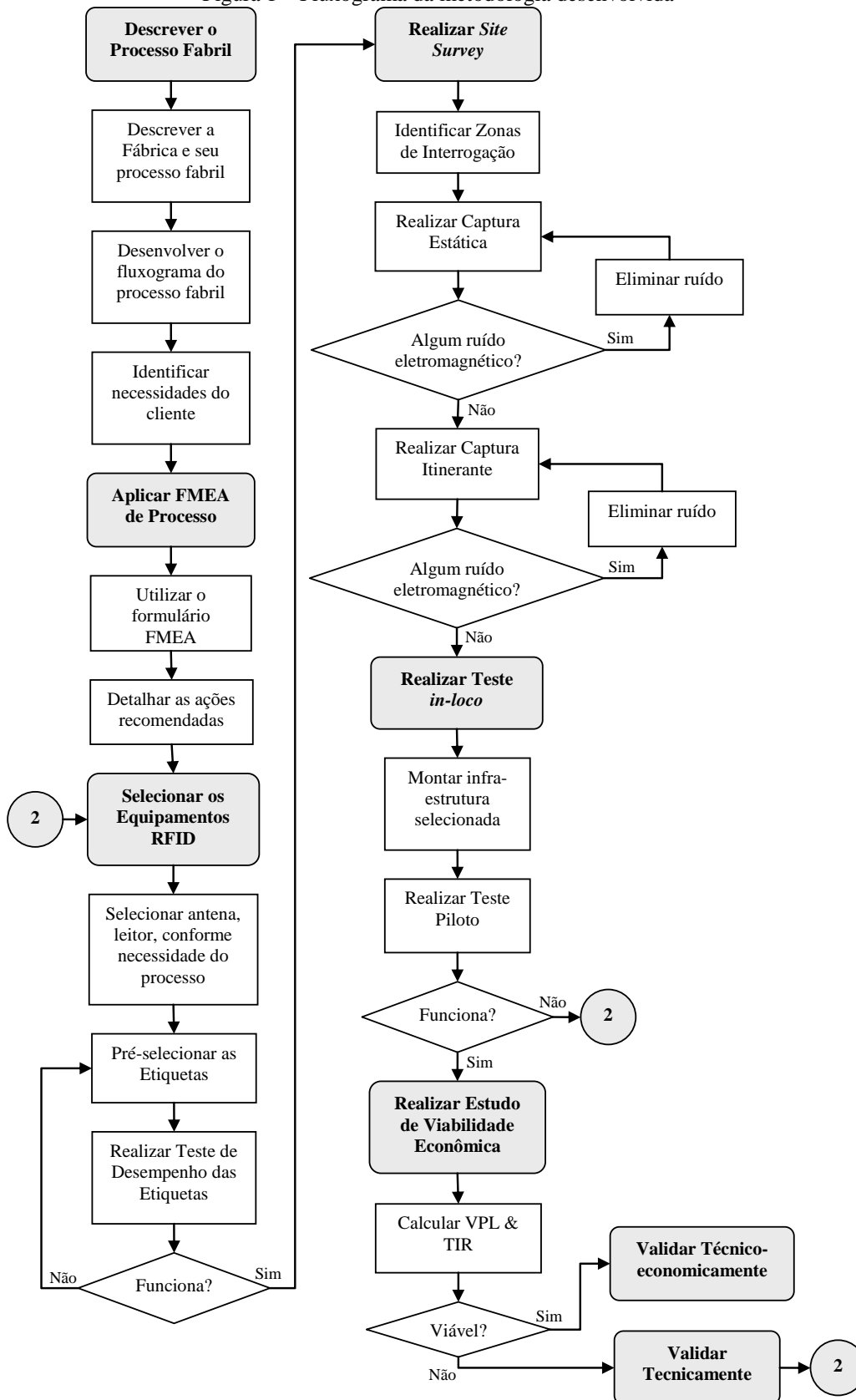
Utilizando este conceito foi desenvolvida, para este trabalho, uma metodologia de análise para a integração da tecnologia RFID para a cadeia de suprimentos das empresas montadoras de microcomputadores que será apresentada a seguir.

#### **4. Metodologia desenvolvida**

A Figura 1 apresenta o fluxograma da metodologia desenvolvida para o detalhamento de cada etapa do processo de viabilidade técnica, ou seja, relata os procedimentos que nortearam o estudo de caso realizado na empresa que será denominada como XYZ por motivo de confidencialidade. Esta empresa foi escolhida por apresentar as limitações e características encontradas na maioria das empresas da região em estudo já mencionadas anteriormente.

Apesar de a metodologia contemplar o estudo de viabilidade econômica, esta etapa não será apresentada neste artigo. No entanto, o estudo de viabilidade econômica pode ser encontrado em (Araujo Filho, 2011).

Figura 1 – Fluxograma da metodologia desenvolvida



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

#### 4.1. Descrição e avaliação do processo

Nesta seção, será apresentada a descrição da fábrica da empresa XYZ e do processo de montagem de computadores desde o recebimento de matéria-prima até a liberação do produto acabado.

#### **4.1.1. Descrição da fábrica**

A fábrica de computadores, objeto do estudo de caso, foi construída no ano de 2008 no Pólo Industrial de Informática em Ilhéus/BA, com objetivo de produzir computadores de mesa e portáteis para atender as regiões norte e nordeste do Brasil.

A mesma possui uma linha de montagem flexível, responsável por fabricar 05 modelos de computadores de mesa e 01 modelo de portátil. A produção mensal da fábrica é de aproximadamente 12 mil máquinas. A fábrica possui 1134 m<sup>2</sup> de área construída, sendo dividida em área administrativa (Recepção, Administração, Gerência, Banheiros, Sala de Reunião, Arquivo, Copa, Cozinha, Refeitório e Cozinha), com 239 m<sup>2</sup>, e área de produção, com 895 m<sup>2</sup>.

#### **4.1.2. Descrição do processo de recebimento de insumos**

O processo de recebimento de insumos inicia-se na chegada do produto junto à equipe de Estoque, quando o responsável confere os dados da Nota Fiscal contra ~~o~~ os dados contidos no pedido. Após a conferência documental, é feita a conferência física dos produtos adquiridos, bem como a condição de embalagem e a verificação de possíveis danos causados pelo transporte.

Todos os dados de conferência são registrados no carimbo de Inspeção de Recebimento. Caso não exista qualquer discordância no material, física ou documental, o mesmo é aprovado e encaminhado para o Estoque.

Caso exista divergência no material, física ou documental, é feita comunicação à Direção, que definirá se o mesmo deve ser devolvido ao fornecedor ou se será autorizada sua entrada no Estoque.

Após sua entrada no estoque, são gerados e impressos os códigos de barra (CB) dos componentes. Logo após a impressão dos CBs (Códigos de Barra) os mesmos são inseridos nos componentes e lançados através de leitor óptico no Sistema Integrado de Controle Empresarial (SICE). Por fim, os componentes são armazenados no Estoque.

#### **4.1.3. Descrição do processo de montagem de computadores**

O processo de montagem de computadores inicia-se com a geração da Ordem de Venda através de um *software* comercial (ERP), pela equipe de vendas localizada no sudeste do país. O Gerente de Estoque gera a Ordem de Produção (OP) em um sistema ERP diferente do usado pela área comercial. Desta forma, a montadora é obrigada a alimentar o sistema de produção, de forma forçada, pois não há integração entre os bancos de dados.



Caso alguns itens não estejam no estoque, estes são substituídos por equivalentes. Nesta mesma fase são gerados os CBs das fontes e dos números de série-pai para o referido lote.

Após essa etapa, é impressa a OP e encaminhada para a equipe de Estoque, que separa os gabinetes e as fontes, conforme OP no Estoque de Matéria-Prima e também os periféricos (Placa-mãe, memória, *Hard Disc* (Disco Rígido), Processador e DVD – Disco Versátil Digital) no Estoque Crítico.

Os gabinetes e as fontes são encaminhados para a Preparação de Gabinete (onde ocorre, também, a fixação da fonte). Em paralelo a essa etapa, os periféricos são encaminhados e conferidos pela equipe de Preparação de KIT. Nessa etapa, são montados placa-mãe, processador, cooler e memória (fixação com silicone).

Depois da preparação do gabinete com a fonte e da caixa, seguem as etapas de montagem da máquina:

- 1º Posto: fixar HD, DVD e número de série-pai no gabinete e fixação do CB da fonte;
- 2º Posto: fixar frente do gabinete;
- 3º Posto: conectar cabos frontais (LEDs, USB, POWER e RESET) na placa-mãe;
- 4º Posto: fixar KIT no gabinete e conectar cabo de alimentação na placa-mãe, HD e DVD;
- 5º Posto: amarrar com abraçadeiras os cabos de alimentação;
- 6º Posto: fixar cabo SATA no HD e DVD;
- 7º Posto: fixar laterais do gabinete;
- 8º Posto: inserir etiqueta de configuração na lateral, conectar e realizar pré-teste e setup da máquina (placa-mãe, processador, memória, DVD, USB frontal). Caso a máquina seja aprovada, a mesma é disponibilizada no rack para run in; se reprovada, é encaminhada para o reparo.

Após a aprovação da linha de montagem e do reparo, as máquinas são disponibilizadas para *run in*. Nessa etapa, é instalado SO (Sistema Operacional) e realizado teste de exaustão da mesma.

A etapa seguinte é o teste final da máquina, em que são observadas tanto a parte de *hardware* quanto a de *software*. Ao final desta etapa a máquina é embalada juntamente com teclado, caixa de som, mouse, manuais e CDs de Drivers, ocasião em que é inserida a etiqueta do Número de Série- Pai na caixa, que é disposta e disposta no *pallet*.

Os palletes são armazenados no Estoque. Quando uma nota fiscal (NF) é gerada, a equipe de Estoque fixa (via leitor de CB) o Número de Série-Pai de cada máquina à NF pelo *software* comercial.

#### **4.1.4. Descrição do processo de geração de nota fiscal para pedido de venda**

O processo de geração de NF para pedido de venda inicia-se pelo pedido de venda do sistema ERP (*software* comercial). A equipe do estoque lança o número de série- pai das máquinas que estão no *pallet*, para compor a quantidade de máquinas que contêm a NF de Venda. Após compor a quantidade de máquinas da NF, a mesma é emitida e a equipe de Estoque disponibiliza para retirada *pallets* com identificação manual do número da NF nas etiquetas das máquinas.

#### **4.2. Aplicação da análise FMEA ao processo fabril da montadora**

A análise FMEA aplicada ao processo fabril da montadora foi desenvolvida por uma equipe composta de 04 especialistas do Laboratório de Microeletrônica do Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia - CIMATEC). As funções do processo analisadas e seus respectivos modos e efeitos de falha são apresentados no formulário FMEA da Tabela 1. Com este trabalho foi possível evidenciar os modos potenciais de falhas, suas causas e as alternativas para impedir a ocorrência das mesmas. Para o preenchimento do formulário FMEA, a equipe seguiu o procedimento brevemente descrito na seção 3 deste texto.

As ações de melhoria dirigiram-se, preferencialmente, às operações (funções) com grau de risco (NPR) acima de 125. Como se pode observar (Tabela 1) – encontram-se nesta situação as funções 1, 11, 28, 30, 31, 34 e 43.

Tabela 1 – Formulário FMEA

ITEM	FUNÇÃO	MODO DE FALHA POTENCIAL	EFEITO (S) POTENCIAL (IS) DA FALHA	SEVERID.	CLASS.	CAUSA POTENCIAL (6M) MECANISMOS	OCORR.	CONTR OLE PREVENTIVO ATUAL	CONTROLE DETECCÃO ATUAL	DETEC.	NPR
1	Geração da OP (Ordem de Produção)	Componente Indisponível em Estoque	Substituição por componente com equivalência inferior ou superior ao da OV	5		Controle de matéria-prima em Estoque	8	Inventário de Estoque Anual (Manual / CB)	ERP (SICE)	4	160
11	Preparação do KIT (placa-mãe, processador, cooler e memória RAM)	Erro de leitura dos CBs dos componentes	Atraso na liberação do KIT para a linha de montagem	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175
28	Embalagem	Inserção equivocada da etiqueta de CB do nº de Série Pai na embalagem	Dados inconsistentes no sistema ERP (Produto Acabado)	7		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	5	140
30	Geração de NF	Seleção equivocada dos Dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário, CDs de drivers)	Máquina embalada fora das especificações da OP	8		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	6	192
31		Inserção na embalagem com número insuficiente dos Dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário, CDs de drivers)	Máquina embalada fora das especificações da OP	8		Operação manual indevida	4	-	Inspeção Visual	6	192
34	Entrada de matéria-prima	Erro de leitura do CB do nº de série pai para compor a quantidade de máquinas da NF	Atraso na liberação da NF com as máquinas	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175
43	Reparo de Máquina	Erro de leitura do CB do componente para inserção no sistema ERP (SICE)	Atraso na liberação dos componentes	7		Etiqueta danificada	5	-	Inspeção Visual / Sistema (ERP)	5	175

Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Abaixo estão listadas as ações recomendadas no FMEA de Processo:

**1. Inventário em tempo real:** Foi levantada a falha de componente indisponível em estoque devido a disfunções no controle de matéria-prima em estoque. Verificou-se que 30% das Ordens de Produção eram geradas substituindo os componentes por outros com equivalências diferentes (inferior ou superior). Evidenciou-se, também, que o inventário de estoque crítico e produto acabado eram realizados uma vez por ano o que demandava um tempo de execução de 03

dias, em virtude de algumas etapas da conferência serem realizadas de forma manual, comparando-se as quantidades contadas com o estoque virtual (Sistema ERP).

**2. Substituição das etiquetas CBs por RFID:** Nas etapas de Preparação do KIT, Embalagem, Geração de NF e Entrada de Matéria-prima foram levantadas as falhas de erro de leitura do CBs dos componentes e do número de série-pai da máquina, e também as inserções equivocadas, na etiqueta de CB, do número de série-pai, em razão de danos na etiqueta de CB. Para isso, a ação recomendada foi a substituição das etiquetas de CBs por etiquetas RFIDs, pois estas últimas são mais resistentes a impactos e fricção mecânica do que as etiquetas de CB.

**3. Identificação dos periféricos com etiquetas RFID:** Foram levantadas as falhas de seleção dos dispositivos de I/O (mouse, teclado, caixa de som, manual do usuário e CDs de *Drivers*) e inserção na caixa de embalagem com número insuficiente dos mesmos dispositivos devido à operação manual indevida. Portanto, a ação recomendada é a identificação dos dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los pelo número de série-pai da caixa de embalagem da máquina, via sistema ERP.

### **4.3. Medições e testes**

Nesta seção, serão descritas as etapas de análise de viabilidade técnica do estudo de caso. A primeira subseção apresenta a seleção dos equipamentos RFID que apresentaram melhores resultados na automatização do processo fabril da empresa XYZ. A segunda subseção apresenta as análises realizadas no ambiente e as avaliações dos ruídos eletromagnéticos (*site survey*), nos pontos onde serão instalados os equipamentos de RFID na empresa XYZ.

#### **4.3.1. Seleção dos equipamentos RFID mais adequados**

Para a seleção dos equipamentos RFID que constituíram a infraestrutura utilizada no estudo de caso foram consideradas primeiramente as informações técnicas dos fabricantes das etiquetas. A seguir, foram realizados pré-testes de leitura das etiquetas, respectivamente, nos componentes, no gabinete que compõe a máquina e na caixa de embalagem, utilizando o leitor móvel modelo MC-9090-G da Motorola (Motorola, 2011b). Por fim foram realizados testes de desempenho de leitura das etiquetas pré-selecionadas nos citados itens, utilizando o leitor modelo XR-440 da Symbol (Motorola, 2011c) e uma antena modelo AN-400 da Symbol (Motorola, 2011a).

Os testes foram realizados com a infraestrutura de equipamentos (etiquetas, leitores e antena) disponível no Laboratório de Microeletrônica. No entanto, a escolha da etiqueta foi feita considerando-se critérios técnicos e, também, econômicos.

#### **4.3.1.1. Pré-seleção das etiquetas**

A Tabela 2 apresenta uma síntese dos resultados da avaliação das etiquetas, feita a partir de (a) informações oriundas das especificações técnicas obtidas nos datasheets dos fabricantes das mesmas e (b) dos pré-testes de leitura das etiquetas (vide as duas últimas linhas da Tabela 2), conforme as características do processo analisado no estudo de caso.

Tabela 2 - Avaliação das etiquetas

Modelo	Survivor	Confidex Cruiser	Confidex Corona	Confidex Pino	SteelWave	SteelWave Micro	Ironside	Confidex Halo	ALN-9640
Dimensões <sup>1</sup>	224 x 24 x 8 mm	16 x 74 x 0,3 mm	100 x 20,32 x 0,3 mm	75 x 14 x 0,4 mm	45 x 35 x 6 mm	13 x 38 x 3 mm	51,5 x 47,5 x 10 mm	60 x 12 x 14 mm	101,6 x 50,8 x 0,3 mm
Protocolo de Comunicação <sup>1</sup>	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2 ISSO 18000-6C	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2	EPC Classe 1 Geração 2 ISSO 18000-6C	EPC Classe 1 Geração 2 2 ISO 18000-6C
Distância de Leitura <sup>1</sup>	8 - 12 m	4 - 5 m	5 - 9 m	3 - 4 m	4 - 6 m	2,5 m	6 - 7 m	5 - 7 m	4 - 6 m
CI e Tamanho da Memória <sup>1</sup>	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC NXP G2 + NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	NXP G2XM Up to 240-bit EPC + 512-bit extended user memory	96-bit EPC + 64 bit Impinj Monaco/64 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 512-bit EPC NXP G2	Impinj Monza3 96-bit EPC	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	96-bit EPC Impinj Monza 240-bit EPC + 512 NXP G2XM	Alien Higgs-3 96-bit EPC
Montagem <sup>1</sup>	Adesivo Mecânica	Adesivo	Adesivo Mecânica	Mecânica	Adesivo	Adesivo	Adesivo Mecânica	Mecânica	Adesivo
Aplicação em Componentes <sup>2</sup>	Inviável em virtude das dimensões do tag	Inviável em superfície metálica	Inviável em virtude das dimensões do tag	Inviável em virtude da montagem ao componente	Inviável para alguns componentes (placa-mãe, Cooler do processador, Leitor de DVD, memória)	Viável	Inviável para alguns componentes (placa-mãe, Cooler do processador, Leitor de DVD, memória)	Inviável em virtude da fixação (abraçadeira).	Inviável em superfície metálica
Aplicação em Caixa <sup>2</sup>	Viável	Viável	Viável	Inviável em virtude da montagem à caixa	Viável	Viável	Viável	Inviável em virtude da fixação (abraçadeira).	Viável

Fonte: (Araújo Filho, 2011)

<sup>1</sup> Dados de especificação técnica retirados dos Fabricantes CONFIDEX (2010) e ALIEN (2010)<sup>2</sup> Testes realizados com o Leitor MC-9090-G Motorola no Laboratório de Microeletrônica do CIMATEC

### 4.3.1.2. Testes de desempenho das etiquetas

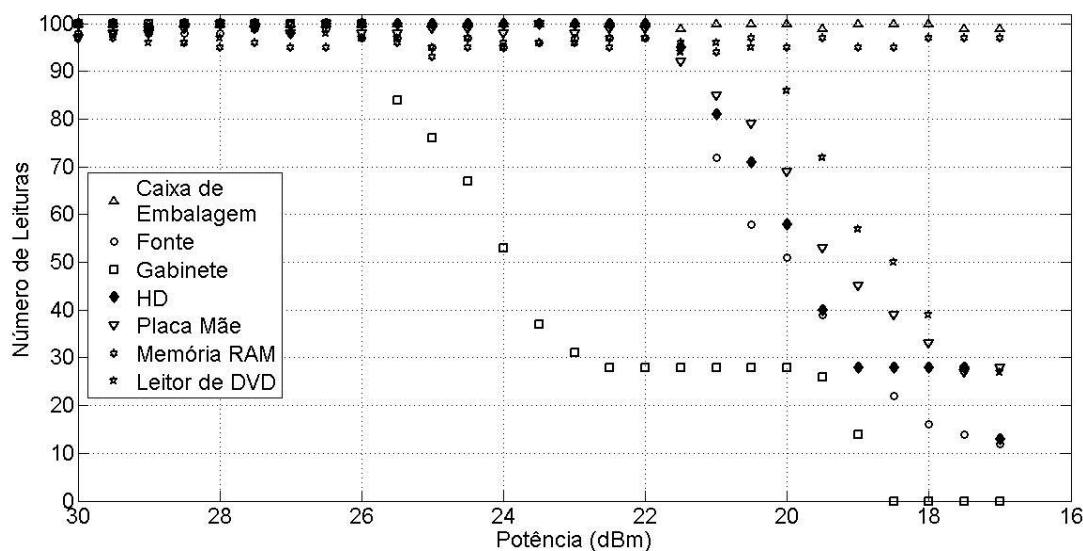
Deavours et al (2005) recomendam realizar um teste de desempenho de uma etiqueta RFID para avaliar o sucesso da implementação do sistema RFID em um estudo que apresenta pontos de semelhança com o presente trabalho. O teste consiste em ajustar a potência do leitor para o valor máximo e realizar 100 tentativas de leituras de uma etiqueta a uma determinada distância fixa. Para simular outras distâncias, a potência do leitor deve ser atenuada, sucessivamente, a passos de 0,5 dBm para cada 100 tentativas de leitura. A taxa de resposta é a relação entre o número de leituras bem sucedidas pela quantidade de tentativas de leitura.

Após a etapa de pré-seleção das etiquetas, foram realizados, no Laboratório de Microeletrônica, os testes de desempenho com a etiqueta *SteelWave Micro* para os componentes (Placa-mãe, HD, Leitor de DVD, Memória RAM, Fonte e Gabinete) e com a etiqueta *ALN-9640* para a caixa da embalagem. .

A distância fixa utilizada para os testes foi de 70cm +/- 2cm. Para garantir maior confiabilidade dos resultados, foram realizados 04 ensaios para cada componente com a mesma etiqueta, totalizando 10.800 tentativas de leitura.

A Figura 2 apresenta os resultados dos testes realizados nos mencionados componentes da máquina.

Figura 2 – Teste de desempenho nos componentes da máquina



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

### 4.3.2. Site survey

Sweeney II (2005), recomenda o procedimento abaixo para a realização do *site survey*. Este procedimento foi adaptado ao presente estudo.

**1. Definir os locais de leitura (ou zonas de interrogação) onde será instalado sistema RFID.** Essas localizações variam de ambiente para ambiente e necessitam de ponto de energia e conectividade *Ethernet* para os leitores (a menos que se tenham leitores com conectividade sem fio). Comumente, as zonas de interrogação RFID são colocadas nas portas, linhas de montagem e prateleiras de inventário de materiais;

**2. Realizar o *site survey* nos locais de leitura, respeitando todo o ciclo de processo da empresa (24h ou 48h).** . Normalmente, é realizado em dias de operação normal da empresa, respeitando todos os horários de operação.

**3. Realizar captura estática.** Para realizar a captura estática, devem-se configurar os equipamentos conforme abaixo:

- a. Colocar a antena de meia onda, (anexada diretamente ao tripé) para que o centro da antena esteja no centro da área-alvo;
- b. Conectar a antena na porta de entrada do analisador de espectro (via cabo coaxial);
- c. Conectar o *laptop* ao analisador de espectro, usando um conector RS-232 ou *Ethernet*. Se utilizar um *laptop* para registrar os dados, deve-se configurar o monitor virtual para registrar as informações a cada hora, salvando-as no disco rígido. Alternativamente, pode-se fotografar o monitor do analisador de espectro a cada duas horas ao longo do ciclo normal de operação;
- d. Configurar o analisador de espectro para a frequência de operação que será utilizada no sistema RFID;

**4. Realizar captura itinerante.** Para realizar a captura itinerante, deve-se configurar os equipamentos da seguinte forma:

- e. Configurar o analisador de espectro exatamente da mesma maneira como configurado na captura estática, com exceção da fonte de tensão e da antena, que deverão ser móveis;
- f. Deve-se mover ao redor das instalações, para observar algum ruído. Caso seja encontrada alguma fonte de interferência, deve-se identificar a localização exata da mesma no projeto.

**5. Mapear as zonas de interrogação no projeto, com as devidas localizações das fontes de interferência.**

#### **4.3.2.1. Site survey na empresa XYZ**

O *site survey* foi realizado nas zonas de interrogação, conforme Figura 3, nos locais onde ocorrem as etapas de Preparação do KIT (Figura 4), Geração de NF da empresa (Figura 5) e Entrada de Matéria-prima (Figura 6). Para a captura estática, foram registradas, a cada 2 horas, as imagens

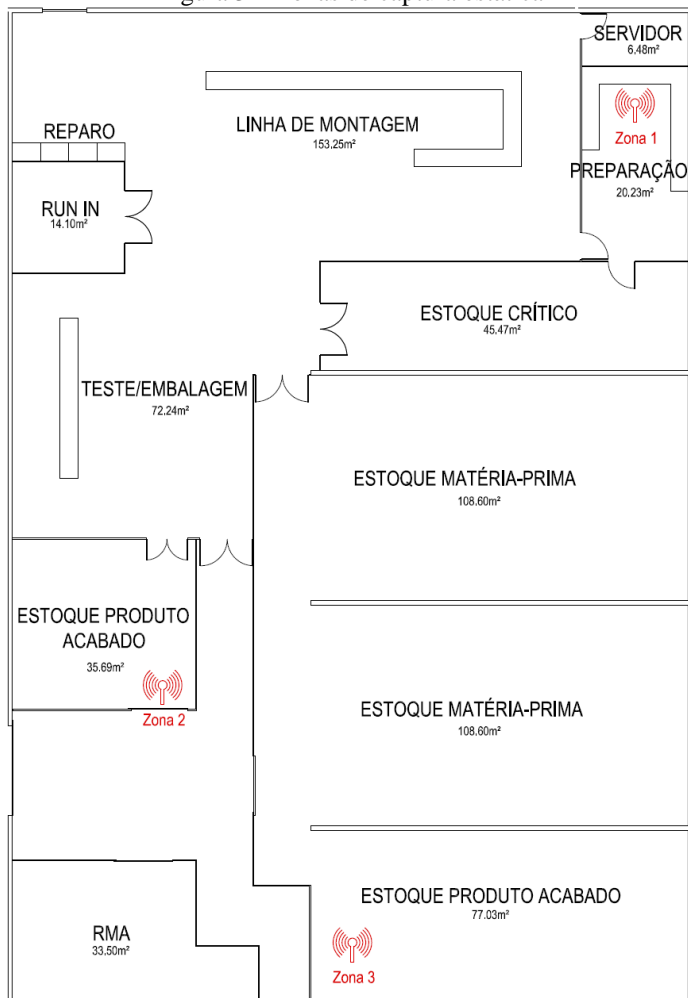


do analisador de espectro em cada local, com ciclo de 24 horas (das 08:00h até as 08:00h do dia seguinte), com exceção do último registro de cada local, que correspondia ao período das 18:00h do dia anterior às 08:00h do dia seguinte, por não haver, na empresa, atividade fora do expediente administrativo.

Foram identificados alguns espectros de frequência nas zonas de interrogação, porém todos os espectros estavam fora da faixa de trabalho da frequência UHF – *Ultra High Frequency* (Ultra Alta Frequência).

Já para a captura itinerante, não foi registrado, pelo analisador de espectro, nenhum espectro dentro da faixa de 902 a 907,5MHz e da faixa de 915 a 928MHz.

Figura 3 – Zonas de captura estática



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Figura 4 – Preparação do KIT (zona 1)



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Figura 5 – Geração de NF (zona 2)



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Figura 6 – Entrada de matéria-prima (zona 3)



Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Foi desenvolvida uma antena dipolo meia onda para captar a frequência de 915 MHz, visto que a etiqueta definida foi a UHF passiva com faixa de frequência entre 902 a 928 MHz.

O analisador de espectro utilizado, para todos os testes, foi o modelo GSP-810 da GW Instek. A frequência central foi configurada para 915 MHz, com *span* de 10 MHz/div, resolução da largura de banda de 220 kHz e nível de referência de -30 dBm.

#### 4.3.3. Disposição e testes no produto

Após a realização dos testes de *Site Survey*, foram realizados os testes *in-loco*. As etapas deste teste abrangem:

– **Entrada de componentes:** Através da integração de dados com o ERP, o usuário solicitará ao sistema a emissão de etiquetas para os volumes que compreendem um determinado conjunto/lote de componentes. Através das informações contidas na NF de Entrada lançada no ERP, os dados serão associados para posterior rastreabilidade. Nesse momento, será realizado o crédito dos componentes no sistema, liberando-os para utilização, caso necessário.

– **Estoque:** Após a devida etiquetagem das *tags* RFID nos conteúdos dos componentes, os mesmos serão armazenados como de costume.

– **Movimentação:** Com o auxílio de um Coletor de Dados RFID integrado ao ERP, o operador irá localizar a Ordem de Produção, a qual listará quais componentes, e respectivas quantidades, devem ser separados e enviados para a linha de Produção. Nesse momento, os componentes separados e lidos pelo Coletor RFID assumirão o status de “Reservado”, significando que os mesmos serão utilizados e debitados do estoque a qualquer momento.

– **Produção:** Através de integração com o ERP, e mediante informações contidas na Ordem de Produção, etiquetas RFID serão impressas com as informações do Produto Acabado e número do Lote em questão. As etiquetas RFID estarão associadas à Ordem de Produção, cujo número também será associado à Movimentação dos Componentes, garantindo a associação de Produto Acabado e Componentes.

– **Apontamento de produção:** Todos os produtos acabados devidamente acomodados de forma padronizada em um pallet passarão por um Portal RFID. Nesse exato momento, a confirmação da leitura do RFID do produto acabado mudará o status dos componentes utilizados de “Reservado” para “Debitado”, gerando o débito dos componentes no estoque, ao mesmo tempo que realizará um crédito de produto acabado no estoque.

Vale salientar que as ações recomendadas foram implementadas nos testes de validação da tecnologia RFID na empresa XYZ e não como ações de melhoria para uso definitivo nas etapas do

processo fabril da mesma. As etapas que dependiam de integração com o sistema ERP da empresa não foram implementadas, em virtude do fornecedor do sistema ERP da empresa XYZ não colaborar com alterações do sistema para a tecnologia RFID.

## 5. Resultados

Após o teste *in-loco* foi aplicado novamente o formulário FMEA para avaliar a eficiência do sistema RFID. A Tabela 3 apresenta os novos valores de NPR para as funções que foram trabalhados.

Tabela 3 – Formulário FMEA

IT E M	AÇÕES RECOMENDADAS	RESPONSABILIDADE E PELAS AÇÕES RECOMENDADAS E PRAZOS DE EXECUÇÃO	AÇÃO TOMADA	SEVERID.	OCORR.	DETEC.	NPR
1	Realizar Inventário em tempo-real (Etiquetas RFID nos Estoques de Material Crítico e Produto Acabado)	CIMATEC/ Empresa JAN/2011 (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	5	5	2	50
11	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011 (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35
28	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC/ Empresa (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	4	2	56
30	Identificar os dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los com a máquina para embalagem	CIMATEC/ Empresa (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	8	3	2	48
31	Identificar os dispositivos I/O com etiquetas RFID e agrupá-los com a máquina para embalagem	CIMATEC/ Empresa JAN/2011 (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	8	3	2	48
34	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011 (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35
43	Substituir etiquetas CBs por RFID	CIMATEC JAN/2011 (1 dia)	Realizados testes de validação na empresa com etiquetas RFID	7	5	1	35

Fonte: (Araújo Filho, 2011)

Com isso, os resultados imediatos obtidos com a implantação da metodologia desenvolvida para integração da tecnologia RFID na empresa em questão foram:

- Redução de um operador de estoque, em virtude da substituição da leitura manual em código de barras por portal RFID. A tecnologia RFID mostrou-se mais eficiente que a tecnologia atual (código de barras), nos testes realizados, reduzindo o tempo médio de leitura de *pallets*, no processo de composição da Nota Fiscal, de um minuto e meio (leitor óptico) para sete segundos (portal RFID);

- Redução da substituição de componentes indevidos por outros de equivalência superior, em razão da prática do controle de estoque em tempo real.

## 6. Conclusões

Neste artigo ficou evidenciado que a metodologia apresentada para implementação da tecnologia RFID em empresas montadoras de microcomputadores é viável e sua implementação traz vantagens no que se refere à melhoria da eficiência de algumas funções do processo produtivo.

A utilização da análise FMEA para a identificação e redução de causas de modos de falha no processo foi adequada, pois possibilitou demonstrar que o emprego da tecnologia RFID em substituição às etiquetas com Código de Barras nas funções do processo produtivo investigadas reduz o risco de falhas e aumenta a eficiência produtiva.

Outro ponto importante do estudo foi a oportunidade de realizar avaliações técnicas para a seleção de etiquetas e equipamentos RFID e para a análise do ambiente fabril e de seus ruídos eletromagnéticos. Tais avaliações comprovaram a eficácia da tecnologia nos testes realizados *in-loco* da empresa, com garantia de leitura em todos os pontos onde foram definidas as capturas de dados. A tecnologia RFID mostrou-se tão eficiente em relação à tecnologia atual (código de barras) que o tempo utilizado para leitura de um *pallet* na etapa de composição da Nota Fiscal, foi reduzido de um minuto e meio (leitor óptico) para sete segundos, em média, com a utilização do portal RFID. Essa redução de tempo de leitura teve um impacto expressivo na eficiência e nos custos daquela etapa do processo produtivo.

Vale salientar também que existem outros ganhos significativos, que são inerentes à implantação da tecnologia RFID, porém difíceis de serem mensurados. Tais ganhos são refletidos na cadeia produtiva como um todo, pois com o controle do estoque em tempo real, o fornecedor da empresa investigada poderá monitorá-lo de forma a atender precisamente a necessidade do seu cliente (a empresa). Este monitoramento em tempo real entre fornecedor e empresa é replicado nos elos à jusante da cadeia, o que garante melhor qualidade de atendimento ao consumidor final e redução dos custos logísticos e de operações. Desta forma, o componente poderá ser rastreado do fabricante ao consumidor final.

### **Abstract**

This paper aims to develop a methodology for implementing RFID's technology, in industries manufacturers of personal computers for stock control and traceability of materials/products and customer satisfaction. This paper performed a brief literature review on the issues: RFID technology and Failure Modes and Effects Analysis (FMEA) methodology, with specific focus on Process FMEA. The methodology for the integration of RFID technology has been developed to identify and evaluate the process of a manufacturer, apply the FMEA process to analyze potential failures and propose improvement using RFID technology, considering the reality of the regional pole of computing of Ilhéus/BA. The methodology was then applied to a pole's assembler for validation. In this study, it was possible to prove the technical feasibility of RFID technology for inventory control and traceability of the product, and economically feasible. Such evidence was obtained

through: reduction of a job in shipping, reducing the costs of replacement by higher equity component, reducing the time to read the pallet of finished products. It is noteworthy that other improvements were introduced to the company with the use of RFID technology.

**Key-words:** RFID; process FMEA; site survey; process automation; operation.

## Referências

AGUIAR, D.C. **Avaliação de sistemas de prevenção de falhas em processos de manufatura na indústria automotiva com metodologia de auxílio à decisão**. 2007. 131 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, SP, 2007.

ALIEN. **RFID Tags**. Disponível em: <<http://www.alientechnology.com/tags/index.php>>. Acesso em: 11 dez. 2010.

ARAUJO FILHO, F. W. C. **Automação da Cadeia de Suprimentos das Empresas Montadoras de Microcomputadores no Pólo de Informática de Ilhéus/BA Utilizando Tecnologia RFID**. 2007. 152 f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Gestão e Tecnologia Industrial) – Faculdade Tecnologia SENAI CIMATEC, Salvador, BA, 2011.

BERNARDO, C. G.. **A Tecnologia RFID e os Benefícios da Etiqueta Inteligente para os Negócios**. Revista Eletrônica Unibero de Produção Científica, Anhanguera, ano 2, n. 2, Set. 2004. Disponível em: <[http://www.unibero.edu.br/download/revistaeletronica/Set04\\_Artigos/A%20Tecnologia%20RFID%20-%20BSI.pdf](http://www.unibero.edu.br/download/revistaeletronica/Set04_Artigos/A%20Tecnologia%20RFID%20-%20BSI.pdf)>. Acesso em: 07 mar. 2009.

CONFIDEX. **Product Datasheets**. Disponível em: <<http://www.confidex.fi/downloads>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

DEAVOURS, D.D.; RAMAKRISHNAN, K. M.; SYED, A. **RFID Performance Tag Analysis**. Technical Report ITTC-FY2006-TR-40980-01, October 2005. Disponível em: <<http://www.rfidalliancelab.org/publications/FY2006-TR-40980-01.pdf>>. Acesso em: 18 dez. 2010.

MARTINS, S. S. **Qualidade no atendimento**. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998\\_ART434.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP1998_ART434.pdf)> Acesso em: 10 dez. 2010.

MOTOROLA. **ANTENA AN400**. Disponível em:<[http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Reader+Antennas/AN400\\_US-EN#](http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Reader+Antennas/AN400_US-EN#)>. Acesso em: 01 jul. 2011b.

MOTOROLA. **COLETOR MC9090-G**. Disponível em< [http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/MC9090-G\\_RFID\\_US-EN#](http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/MC9090-G_RFID_US-EN#)>. Acesso em: 01 jul. 2011c.

MOTOROLA. **LEITOR XR450**. Disponível em:<[http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/XR450+Fixed+RFID+Reader\\_US-En](http://www.motorola.com/Business/US-EN/Business+Product+and+Services/RFID/RFID+Readers/XR450+Fixed+RFID+Reader_US-En)>. Acesso em: 01 jul. 2011a.

PINHEIRO, J. M. S.. **Identificação por Radiofrequência: Aplicações e Vulnerabilidades da Tecnologia RFID**. Caderno UniFOA, Volta Redonda, ano 1, n. 2, Nov. 2006. Disponível em: <<http://www.unifoa.edu.br/pesquisa/caderno/edicao/02/18.pdf>>. Acesso em: 11 mar. 2009.

SOARES, R. S. et al. O impacto da tecnologia de etiqueta inteligente (RFID) na performance de cadeias de suprimentos – Um estudo no Brasil. **Revista Jovens Pesquisadores**, Ano V, n. 9, jul./dez. 2008. Disponível em: <<http://www.mackenzie.br/dhtm/seer/index.php/jovenspesquisadores/article/viewFile/820/344>>. Acesso em: 10 dez. 2010.

SWEENEY II, P. J. **RFID for Dummies**. Ed. Wiley Publishing Inc., Indianapolis, Indiana 2005, 409 p.

## Dados dos autores:

Nome completo: **Frederico Wergne de Araújo Castro**

Filiação institucional: SENAI CETIND

Função ou cargo ocupado: Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial e Analista de Processos Tecnológicos do SENAI CETIND

Endereço completo para correspondência: Avenida Luiz Tarquínio Pontes, 938 - Lauro de Freitas - BA, 42700-000

Telefones para contato: (0xx)71 3287-8200

*e-mail:* [wergne@fiab.org.br](mailto:wergne@fiab.org.br)

Nome completo: **Xisto Lucas Travassos Junior**

Filiação institucional: SENAI CIMATEC

Função ou cargo ocupado: Coordenador do Curso de Mestrado em Gestão e Tecnologia Industrial e Professor Adjunto da Faculdade SENAI CIMATEC

Endereço completo para correspondência: Avenida Orlando Gomes, 1845 - Salvador - BA, 41650-010.

Telefones para contato: (0xx)71 3462-8449

*e-mail:* [lucas.travassos@fiab.org.br](mailto:lucas.travassos@fiab.org.br)

Nome completo: **Francisco Uchoa Passos**

Filiação institucional; SENAI CIMATEC

Função ou cargo ocupado: Professor adjunto da Faculdade SENAI CIMATEC

Endereço completo para correspondência: Avenida Orlando Gomes, 1845 - Salvador - BA, 41650-010.

Telefones para contato: (0xx)71 3462-8449.

*e-mail:* [francisco.uchoa@fiab.org.br](mailto:francisco.uchoa@fiab.org.br)

*Submetido em: 08/06/2012*

*Aceito em: 30/09/2013*