

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUTOMATIZAÇÃO NA COLETA DE INDICADORES DE PRODUÇÃO

Área de Engenharia Elétrica

por

Luan de Lima Santos

Débora Meyofer Ferreira, Mestre
Orientadora

Itatiba (SP), Dezembro de 2009

UNIVERSIDADE SÃO FRANCISCO
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

AUTOMATIZAÇÃO NA COLETA DE INDICADORES DE PRODUÇÃO

Área de Engenharia Elétrica

por

Luan de Lima Santos

Monografia apresentada à Banca Examinadora
do Trabalho de Conclusão do Curso de
Engenharia Elétrica para análise e aprovação.
Orientadora Débora Meyhofer Ferreira, Mestre.

Itatiba (SP), Dezembro de 2009

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS.....	iv
LISTA DE FIGURAS.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO	9
1.1 A EMPRESA	9
1.1.1 HISTÓRICO DA EMPRESA	10
1.1.2 NÍVEA DO BRASIL	10
1.1.3 MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)	11
1.1.4 OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)	12
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 OBJETIVO GERAL	13
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2. REDES.....	16
2.1 A ETEHRENET	16
2.1.1 HISTÓRICO DA ETEHRENET	16
2.1.2 O PROTOCOLO CSMA/CD	16
2.1.3 PADRÕES ETEHRENET	18
2.1.3.1 ETEHRENET 10Mbps.....	18
2.1.3.2 FAST ETEHRENET	20
2.1.3.3 GIGABIT ETEHRENET	21
2.1.3.3 10 GIGABIT ETEHRENET	22
2.2 PROFIBUS	22
2.2.1 COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL	23
2.2.2 TECNOLOGIA PROFIBUS	24
2.2.3 PERFIL FISICO (PHISICAL PROFILES).....	25
2.2.4 PERFIL DE COMUNICAÇÃO (COMMUNICATION PROFILE).....	26
2.2.5 PERFIL DE APLICAÇÃO (APPLICATION PROFILE).....	27
2.3 WIRELESS	27
2.3.1 FUNCIONAMENTO	28
2.3.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS	29
2.3.3 PROTOCOLOS	29

3. EFICIÊNCIA PRODUTIVA	31
3.1 PROCESSO PRODUTIVO	33
4. ESTUDO DE CASO	36
4.1 SITUAÇÃO ANTIGA	36
4.1.1 APONTAMENTO MANUAL	36
4.1.2 PAMCO-PLANT AND MACHINE CONTROL (CONTROLE DE MÁQUINAS E PLANTA)	37
4.2 SITUAÇÃO ATUAL	38
4.2.1 CUSTO	40
4.2.2 DESCRIÇÕES TÉCNICAS DA SOLUÇÃO ATUAL	40
4.2.3 AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS	40
4.2.4 INTERFACE GERENCIAL.....	42
4.2.5 TREINAMENTOS.....	44
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS	45
5.1 PROGRAMAS DE MELHORIA CONTÍNUA	45
5.1.1 FOCO EM MANUTENÇÕES PREVENTIVAS	46
5.1.2 ADEQUAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA	46
5.1.3 PADRONIZAÇÃO DE FORNECEDORES DE MÁTERIA PRIMA	46
5.1.4 ADEQUAÇÃO E MODIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS	46
5.2 ACOMPANHAMENTO DOS RESULTADOS.....	47
5.2.1 DISPONIBILIDADE	47
5.2.2 PERFORMANCE	48
5.2.3 QUALIDADE	49
5.2.4 ÍNDICES DE OEE	49
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	51
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE ABREVIATURAS

- CSMA - "Carrier Sense Multiple Access" (Acesso Múltiplo de Sentido da Portadora)
- FDDI - "Fiber Distributed Data Interface" (Interface de Dados Distribuído por Fibras)
- FMS - "Fieldbus Message Specification" (Especificação de Mensagem do Profibus)
- IEEE - "Institute of Electrical and Electronic Engineers" (Instituto dos Engenheiros Elétricos e Eletrônicos)
- IFG - "Interframe Gap" (Abertura e Afastamento dos Meios)
- KPI - "Key Performance Indicator" (Indicador Chave de Performance)
- LAN - "Local Area Network" (Rede de Área Local)
- MAC - "Medium Acces Control" (Controle de Acesso ao Meio)
- MAN - "Metropolitan Area Network" (Rede de Área Metropolitana)
- Mbps - "Mega Bits por Segundo"
- MIC - "Medium Interface Connector" (Conector Médio de Interface)
- MII - "Media Independence Interface" (Relação Independente dos Meios)
- OEE - "Overall Equipment Effectiveness" (Eficácia Global do Equipamento)
- PA - "Process Automation" (Automação do Processo)
- PLC - "Programmable Logic Controller" (Controlador Lógico Programável)
- STP - "Shielded Twisted Pair" (Par Trançado Blindado)
- TPM - "Total Maintenance Productive" (Manutenção Produtiva Total)
- UTP - "Unshielded Twisted Pair" (Par Trançado Não Blindado)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vista aérea da planta BDF Nívea na cidade de Itatiba S/P.....	11
Figura 2 – Diagrama de transmissão do CSMA/CD.....	17
Figura 3 – Especificação física do padrão Ethernet de 100mbps.....	20
Figura 4 – Comunicação Industrial.....	24
Figura 5 – Profibus e Ethernet.....	25
Figura 6 – Rede Wirelles LAN típica.....	28
Figura 7 – Enchedora.....	33
Figura 8 – Tampadora.....	34
Figura 9 – Rotuladora.....	34
Figura 10 – Empacotadora.....	35
Figura 11 – Planilha de apontamento manual.....	37
Figura 12 – Índices monitorados.....	38
Figura 13 – Arquitetura proposta.....	39
Figura 14 – Roteadores.....	41
Figura 15 – Dispositivo móvel.....	42
Figura 16 – Tela principal do dispositivo.....	42
Figura 17 – Relatório de indicadores monitorados pela companhia.....	43
Figura 18 – Relatório de quantidade e duração de eventos.....	44
Figura 19 – Índices de disponibilidade.....	47
Figura 20 – Índices de performance.....	48
Figura 21 – Índices de qualidade.....	49

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Os tipos mais comuns de LANs Ethernet 10Mbps de banda básica.....	19
Tabela 2 – Comparação dos parâmetros de transmissão para 100Mbps e 1000Mbps.....	21
Tabela 3 – Custos de implementação do projeto.....	40
Tabela 4 – Crescimento da empresa.....	50

RESUMO

SANTOS, Luan de Lima. **Automatização na coleta de indicadores de produção**. Itatiba, 2009. 54 f. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade São Francisco, Itatiba, 2009.

A necessidade incessante das empresas por melhores resultados e criar produtos influentes no mercado, focando sempre o baixo custo atrelado a uma boa qualidade, faz com que gestores busquem cada vez mais dados confiáveis que suportem tomadas de decisões rápidas e estratégicas em processos produtivos. Este trabalho tem como objetivo explicar a implantação de um sistema de automação de coleta de dados numa indústria do ramo de cosméticos como base para inserção de programas de melhoria contínua. Como ferramenta será utilizada o indicador de eficácia global do equipamento, conhecido mundialmente como OEE (*Overall Equipment Effectiveness*). Além disso será mostrado como o uso correto desta ferramenta, tanto na coleta dos dados como na análise dos resultados obtidos, suportados pelas áreas envolvidas no processo, pode ser considerado um fator diferencial para o sucesso da companhia na busca por maiores índices de produção, aumento de visibilidade de operações e redução de custos operacionais, desde que se tenha o controle dos recursos disponíveis.

Palavras-chave: OEE (Overall Equipment Effectiveness), Automação, Melhoria Contínua.

ABSTRACT

The incessant necessity of the companies for better resulted and to always create influential products in the market, looking the low together cost to a good quality, makes with that more than trustworthy managers search each time given whom they support taken of fast and strategical decisions in productive processes. This work has as objective to explainer the implantation of a system of automation of collection of data in an industry of the cosmetic branch as base for insertion of programs of continuous improvement. As tool the pointer of global effectiveness of the equipment, known will be used world-wide as OEE (Overall Equipment Effectiveness). Moreover it will be shown as the correct use of this tool, as much in the collection of the data as in the analysis of the gotten results, supported for the involved areas in the process, it can be considered a distinguishing factor for the success of the company in the search for bigger indices of production, increase of visibility of operations and reduction of operational costs, since that if it has the control of the available resources.

Keywords: OEE (Overall Equipment Effectiveness). Automation. Continuous Improvement.

1. INTRODUÇÃO

Devido concorrência eminente no mercado, todas as empresas garimpam diferenciais capazes de melhorar seus indicadores. Investir em metodologias de processos que no qual tragam melhorias contínuas e capacitar o profissional, são esforços cada vez mais frequentes nas grandes companhias de sucesso. Aliados a esses investimentos, as inovações tecnológicas e o avanço da informatização dos sistemas podem ser considerados recursos indispensáveis para o sucesso de uma empresa na busca de produtos com qualidade e influência no mercado.

Neste trabalho será abordado a implementação de um projeto de automação relacionado à área de manufatura dentro de uma indústria de produção de cosméticos, mais conhecida como Nívea Cosméticos. Será demonstrado como a automação da coleta de dados do chão de fábrica, tem influência positiva no desempenho dos KPIs (*Key Performance Indicator*) operacionais, visualização, custo e controle da qualidade e principalmente a disponibilidade da fábrica.

1.1 A EMPRESA

A Beiersdorf é uma empresa mundial de origem alemã voltada para a fabricação de bens de consumo, no ramo de cuidados e higiene pessoal. Dentre suas principais marcas, podemos citar:

NÍVEA – Marca líder mundial na fabricação de cosméticos e cuidados com a pele, presente no Brasil desde meados de 1970 com mais de 120 anos de história desde o surgimento. Nela se destacam produtos para cuidados com o rosto, cuidados com o corpo, maquilagens, protetores solares e labiais e desodorantes.

EUCERIN – Marca voltada ao mercado farmacêutico, para cuidados específicos com a pele, rosto, corpo e cabelo, presente no Brasil desde o ano de 2000.

ELASTOPLAST / HANSOPLAST – Marca líder do mercado europeu, voltada ao desenvolvimento e comercialização de produtos auto-adesivos industriais e farmacêuticos, dentre eles fitas adesivas, emplastos, curativos e ataduras.

1.1.1. HISTÓRICO DA EMPRESA

A História da NIVEA começa com Oskar Troplowitz, proprietário do grupo Beiersdorf que iniciou em 1911 o desenvolvimento de um creme para pele baseado em emulsão resultante da descoberta do Eucerite, o primeiro agente emoliente. Em dezembro desse mesmo ano, juntamente com o químico Isaac Lifschutz e o dermatologista Paul Unna, era comercializado no mundo o primeiro creme estável para a pele, sendo nomeado por Oskar de Nívea, da palavra latina "*nivius*", que significa "branco como a neve".

Logo após décadas de intensa pesquisa descobriu-se que esse agente era baseado na cera retirada da lã e permitia a junção da água e do óleo. Com essa descoberta o mercado de cosméticos logo reconheceu o grande potencial que nascia ali e Lifschutz o denominou de Eucerite, "a cera da beleza" (NÍVEA, 2007).

1.1.2. NÍVEA DO BRASIL

A Nívea está presente no Brasil desde meados de 1970, onde iniciou seu processo de importação do então famoso Creme Nívea, que vinham originalmente da Europa. A partir daí investimentos em importações e muita agressividade em marketing para o lançamento de novos produtos no mercado fizeram com que no ano de 1995 o Brasil fosse o sexto mercado mais lucrativo do grupo no mundo.

Com o aumento do volume e a alta variação cambial valeram esforços de se justificar a construção de uma fábrica da Beiersdorf no Brasil. Inaugurada em abril de 2003, a unidade fabril da Nívea tinha como meta em três anos conquistar o quarto lugar entre as maiores vendas do grupo. O grupo alemão é um dos dez maiores fabricantes de produtos de beleza do mundo e após sua inauguração o Brasil passou a não ser apenas mais um negócio comercial do grupo, e sim a mais nova área operacional da empresa, com enormes possibilidades de aumento de lucratividade, pois com a produção local os custos de toda a organização em relação a impostos e logísticas de importações seriam eliminados.

Na figura 1 vemos a planta BDF Nívea na cidade de Itatiba/SP, numa área total de 73.000 m² e capacidade de produção de 9500 toneladas/ano.



Figura 1: Vista aérea da planta BDF Nívea na cidade de Itatiba/SP

Fonte: BDF Nívea

1.1.3. MANUTENÇÃO PRODUTIVA TOTAL (TPM)

A Manutenção Produtiva Total, mais conhecida como TPM surgiu no Japão na década de 60, embora, ainda existam alguns estudiosos que acreditem que a mesma é oriunda das indústrias de manufatura norte-americanas há mais de 40 anos. A técnica chegou aos EUA em 1987 e logo em seguida foi difundida no Brasil a partir de várias visitas do especialista Seiichi Nakajima. Dentro de um processo de melhoria contínua essa técnica pode ser considerada como peça chave devido ao efeito causado em qualidade, produtividade, segurança e pontualidade (NAKAJIMA, 1989).

A TPM pode ser definida como uma ferramenta que executa a integração da manutenção com a produção dentro de uma indústria, com total envolvimento dos operadores na limpeza, conservação e manutenção das máquinas. Entre os primeiros conceitos, destaca-se o de Nakajima, referente ao assunto, definindo TPM como "manutenção conduzida com a participação de todos, referindo se à operação, manutenção, supervisão e gerencia de uma organização" (NAKAJIMA, 1989).

No Brasil, existem várias empresas que já adotaram o processo de TPM, sempre focando seus objetivos no verdadeiro significado da palavra, ou seja, Falha Zero/Quebra Zero das Máquinas ao lado de Perdas Zero no Processo e Defeito Zero nos Produtos. Ela pode ser considerada como uma ferramenta chave no desenvolvimento de processos de otimização de indicadores dentro de um determinado setor sempre buscando a eficiência plena do maquinário disponível.

Essa técnica pode também ser considerada como uma ferramenta de nível comportamental, pois através da sua aplicação, é possível alterar o foco das pessoas com envolvimento de todos na busca de maior produtividade, mantendo assim a competitividade da empresa no mercado.

Os objetivos da TPM são voltados para processos de melhoria continua dentro de uma organização, como a implementação de um programa de gerenciamento de manutenção, com criação de rotas de lubrificação, calibração e inspeção, incentivo a princípios de trabalho em equipe com a criação de times ou frentes de trabalho e principalmente na busca da garantia plena da eficiência das linhas de produção.

Para garantir a máxima eficiência das máquinas e conseqüentemente do processo é necessário ter conhecimento da real capacidade de produção, ou seja, o quanto realmente pode-se exigir do maquinário. Esse é um problema que atinge muitas empresas no Brasil que não tem conhecimento real da verdadeira velocidade do projeto e taxas de produção. Como conseqüências disso, alguns valores aceitáveis são incorporados e aceitos, mas que podem ser simplesmente alteradas por operadores, manutentores ou supervisores devido á dificuldades e problemas decorrentes durante o processo.

1.1.4. OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS (OEE)

A organização onde se realiza este estudo de caso possui várias ferramentas e atividades voltadas para o nível comportamental estimulando o desenvolvimento e o envolvimento das pessoas no processo. Visando um estudo mais detalhado da real capacidade de cada equipamento ou linha de produção, realizaremos o estudo sobre a implantação de um projeto de automação de coleta de dados do chão de fábrica a fim de otimizar KPIs operacionais.

Mais conhecido como *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), esse indicador de classe mundial, calcula e exibe em tempo real o índice global de eficácia de equipamentos, baseado nos seis grandes e perigosos "inimigos" que acarretam em perdas de tempo (ALTELINO, 2003). São eles:

- Falhas e quebras
- Ajustes (*set-up*)
- Pequenas paradas e ociosidades
- Queda / Redução de velocidade
- Defeitos no processo
- Rendimento reduzido

Oriundo da TPM, o OEE auxilia na imediata correção dos problemas com base na combinação entre outros três índices padrões, e seu cálculo é baseado em:

- Disponibilidade – nesse índice é calculada a porcentagem do tempo em que o equipamento é utilizado efetivamente na produção.
- Performance – nesse índice é calculado a relação percentual entre a produção real e a produção padrão.
- Qualidade – nesse índice é calculada a porcentagem de peças produzidas pela máquina que atenderam todos os requisitos e exigências de qualidade.

O cálculo exato e preciso do OEE nos permite sucesso na tomada de decisões buscando sempre ações que possam elevar os indicadores produtivos. Embora ainda seja pouco conhecido no Brasil, muitas empresas já possuem este recurso e seus resultados são amplamente positivos (ALTELINO, 2003). Para a operação, os benefícios obtidos são:

- Redução do *downtime* (pequenas paradas).
- Redução de custos de manutenção
- Redução de perdas
- Aumento da visibilidade de operações (aumento de produtividade)
- Identificação de gargalos
- Aumento da taxa de qualidade
- Redução de refugos
- Suporte as atividades de melhoria contínua
- Aumento da utilização dos ativos

Para a corporação, os benefícios são:

- Redução do custo operacional.
- Maior suporte à tomada de decisões.
- Aumento do retorno sobre ativos.
- Melhoria dos serviços prestados aos clientes.
- Maior confiabilidade das entregas.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GERAL

Tem-se como objetivo estudar a melhoria de eficiência produtiva através da implantação do OEE (*Overall Equipment Effectiveness*), pois atualmente é necessário saber a real tendência de uma

linha de produção em relação à sua eficiência, independentemente da variedade de produtos fabricados. No entanto, para saber quais ações devem ser tomadas em um processo de melhoria contínua, devemos ter indicadores confiáveis, que mostrem informações reais sobre os possíveis eventos.

1.3 METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada é a de um estudo teórico e de um estudo de caso numa empresa do ramo de cosméticos onde sua escolha tem como objetivo principal fundamentar a pesquisa desenvolvida, que neste trabalho é estudar as melhorias de indicadores produtivos através da automação da coleta de dados de chão de fábrica.

Devido ao problema acentuado de eficiência produtiva que se tinha nessa empresa, índices de desempenho das linhas de produção, desempenho dos operadores e outros índices de ordem gerencial que eram indicados manualmente em planilhas de papel e posteriormente encaminhados aos responsáveis das áreas para serem inseridas em planilhas eletrônicas.

Inicialmente eram coletado esses dados e lançados manualmente para futuras análises quanto à precisão e detalhes, a fim de termos um histórico, embora não confiável, para possíveis análises logo após a implantação do sistema. Posteriormente com o projeto implantado, os relatórios eletrônicos emitidos pelo software em tempo real serão estudados e acredita-se que através dele possamos identificar os pontos fracos crônicos e que antigamente não eram considerados, pois esses podem ser os principais motivos que impactam de maneira direta na eficiência produtiva da organização.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

Nesse capítulo consta de uma maneira geral, a metodologia a ser utilizada, os objetivos, uma apresentação da empresa e os tópicos do projeto.

No capítulo 2 abordaremos as redes que compõem o projeto, sendo elas: Ethernet, PROFIBUS e Wireless, demonstrando suas principais características, padrões, históricas e aplicações.

No capítulo 3 abordaremos a eficiência produtiva numa organização, suas reais tendências e relação com o projeto.

Nos capítulos 4 e 5 abordaremos a execução do projeto em detalhes, incluindo toda a infraestrutura e modificações em equipamentos, análise e acompanhamento dos resultados.

Por fim, efetuaremos a conclusão do projeto, analisando os resultados obtidos e avaliando os benefícios para a operação e corporação.

2 REDES

Redes são sistemas de comunicação de dados que permitem troca de informações entre vários usuários, independente de onde os mesmos estejam. Para um sistema de comunicação são necessários três componentes mínimos: um emissor, um receptor e um meio físico. O emissor e o receptor podem ser, por exemplo, duas pessoas conversando, um computador e o servidor de dados ou um satélite e uma antena parabólica. O meio físico pode ser uma linha telefônica, um cabo ou o ar por onde as ondas eletromagnéticas se propagam.

Neste capítulo em específico, serão estudadas duas tecnologias de rede: Ethernet e PROFIBUS, já que as mesmas serão as utilizadas no estudo de caso.

2.1 A ETHERNET

Esta seção explica o que é uma rede Ethernet, seus padrões e topologias utilizadas, desde sua concepção a cerca de 30 anos atrás, suas evoluções até os padrões utilizados atualmente.

2.1.1 HISTÓRICO DA ETHERNET

A Ethernet surgiu a partir de um sistema conhecido como Network Alto Aloha, em 1972, nos laboratórios da Xerox com Robert Metcalfe, e consistia em comunicar várias máquinas espalhadas pelas Ilhas Havaianas (TANEMBAUM, 1997).

Alguns anos mais tarde, em 1976, acrescentou-se a detecção de portadora e a Xerox criou um sistema CSMA/CD (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* - Acesso Múltiplo de Sentido de Portadora com Detecção de Colisão) de 2,94 Mbps, que conectava 100 estações de trabalho em um cabo de 1km. Esse sistema foi chamado de Ethernet, em referência ao éter, no intuito de descrever o meio físico que transporta as informações. Durante uma época acreditava-se que a radiação eletromagnética se propagava pelo éter.

2.1.2 O PROTOCOLO CSMA/CD

O protocolo CSMA/CD organiza a forma como os computadores compartilham o canal, pois possui uma técnica de detecção da portadora e um método que controla colisões que funciona da

seguinte forma: o computador ouve a mídia e, se nota que está havendo algum tráfego na rede, aguarda até esse tráfego desaparecer. A partir do momento que não há mais tráfego, então é inserida a informação no cabo. Analogamente pode-se comparar com uma conversa entre duas pessoas: enquanto uma fala a outra escuta e, somente quando a pessoa que falava pára de falar, a outra pode então começar (TANENBAUM, 1997).

A figura 2 mostra o diagrama de transmissão do CSMA/CD.

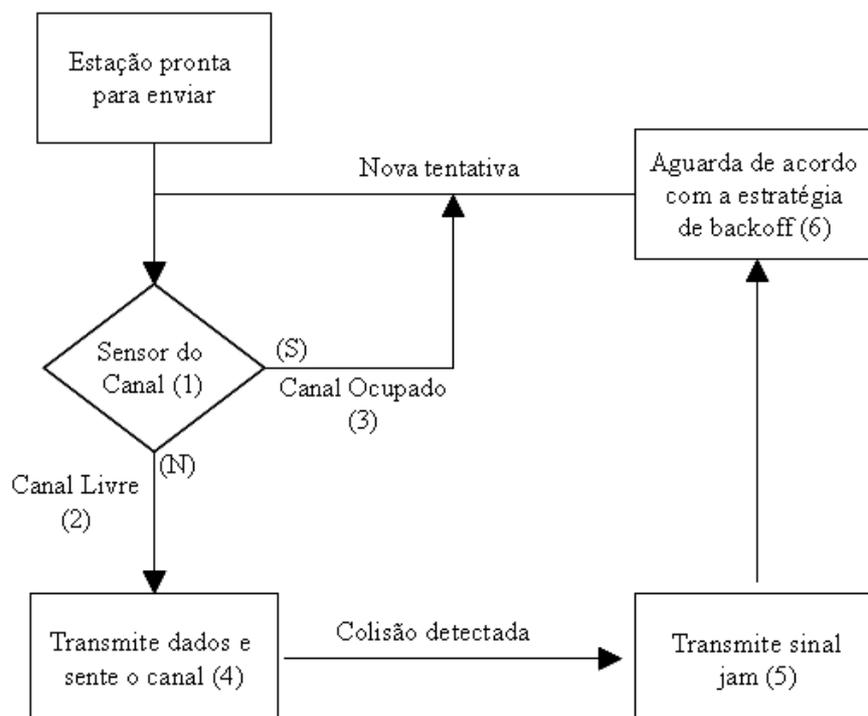


Figura 2: Diagrama de transmissão do CSMA/CD

Fonte: COELHO, 2003.

Analisando a figura 2, obtêm-se os seguintes dados:

- 1) Sensor do canal: para iniciar a transmissão de um pacote de informação, a estação precisa garantir que não há outros nós ou estações transmitindo no mesmo meio físico, então ela “ouve” o canal antes de iniciar a transmissão.
- 2) Caso o canal esteja livre, sem sinal por um período de tempo (chamado *InterFrame Gap* – IFG), a estação inicia a transmissão.
- 3) Caso o canal esteja ocupado, o mesmo será monitorado continuamente até se tornar livre por um período de tempo mínimo de IFG. Então, a transmissão é iniciada.
- 4) Detecção de colisão: uma colisão ocorre quando duas ou mais estações estiverem aguardando o canal, e assim que o mesmo estiver liberado, iniciam a transmissão

simultaneamente. Esta colisão destrói ambos os pacotes de dados enviados. A Ethernet monitora continuamente o canal durante uma transmissão para detectar colisões.

- 5) Caso uma estação detecte uma colisão durante a transmissão, a mesma é interrompida. Um sinal de “congestionamento” (*jam*) é enviado ao canal para garantir que todas as estações daquele segmento detectem a colisão e rejeitem qualquer pacote de dados que possam estar recebendo, pois os mesmos podem conter erros.
- 6) *Multiple access*: após um período de espera (*backoff*), uma nova tentativa de transmissão é feita pelas estações que precisam transmitir. Um algoritmo de *backoff* determina um atraso, de modo que diferentes estações tenham de esperar tempos diferentes antes que uma nova tentativa de transmissão seja feita.
- 7) A sequência retorna ao passo 1.

Em 1980, após enorme sucesso, a Digital Equipment Corporation – DEC, a Xerox e a Intel se uniram e fizeram um padrão para uma rede Ethernet de 10Mbps. Com isso, o *Institute of Electrical and Electronic Engineers* (IEEE – Instituto dos Engenheiros Elétricos e Eletrônicos), uma instituição sem fins lucrativos compostos de engenheiros das áreas de telecomunicação, computação, eletrônica e ciências aeroespaciais em mais de 150 países, utilizou esses documentos como referência e criou o padrão IEEE 802.3.

Hoje a Ethernet é a arquitetura de rede mais utilizada no mundo, e utiliza topologia estrela, taxa de transferência de 10Mbps, 100Mbps e 1000Mbps, utilizando cabos UTP (*Unshielded Twisted Pair* – Par Trançado Não Blindado), STP (*Shielded Twisted Pair* – Par Trançado Blindado) e fibras ópticas (ETHERNET, 2007).

2.1.3 PADRÕES ETHERNET

2.1.3.1 ETHERNET 10Mbps

Dentre todos os padrões Ethernet existentes, o padrão de 10Mbps é o que mais possui especificações na camada física. Atualmente são utilizadas, basicamente, as especificações relativas a cabos UTP e fibras ópticas.

Em relação ao tipo de cabeamento, a Ethernet 10Mbps pode ser classificada da seguinte forma:

- 10Base5 – foi o primeiro tipo de rede Ethernet utilizada. É também conhecida como Ethernet grosso (thick Ethernet). O meio de transmissão é um cabo coaxial com identificações a cada 2,5m, indicando onde devem ser feitas as conexões. Essas conexões são feitas com conectores de pressão, os *vampire taps*, onde um pino é inserido até a metade no centro do cabo coaxial. Necessita de um *transceiver* externo para ser conectado a placa. A notação 10Base5 informa que ele trabalha a 10Mbps, utiliza a sinalização de banda básica e aceita distâncias de até 500m.

- 10Base2 – veio após o 10Base5, e é também conhecido com Ethernet fino (*thin Ethernet*), pois é mais flexível. Neste padrão as conexões são feitas através de conectores BNC padrão, formando junções “T”, muito mais confiáveis e fáceis de usar. O 10Base2 é mais barato e mais fácil de instalar, mas aceita distâncias de apenas 200m e somente pode conectar no máximo 30 máquinas por *slot* de cabo.

- 10BaseT - esta tecnologia tornou obsoleta as demais que eram baseadas em cabos coaxiais, como a 10Base5 e 10Base2. Sua topologia física passou a ser estrela, utilizando um *hub* no centro e utilizando cabos UTP de dois ou quatro pares para comunicação. Nessa tecnologia há um mecanismo chamado *Link Integrity*, que possibilita o processo de identificação de problemas muito mais facilmente. O comprimento máximo entre *hub* e estação é de 100m.

- 10BaseF - nessa tecnologia, que se tornou padrão em 1993, é utilizado cabos de fibra óptica multimodo, onde um circuito é para transmitir (Tx) e o outro para receber (Rx). Esta tecnologia é mais cara em função dos conectores e terminadores utilizados, mas possui uma grande vantagem que é a excelente imunidade a ruídos, sendo melhor utilizada para edifícios e *hubs* centrais muito distantes. O *link* possui até 2000m e utiliza conector do tipo ST.

Tabela 1: Os tipos mais comuns de LANs Ethernet 10Mbps de banda básica

Nome	Meio Físico	Slot Máximo (m)	Pontos de rede	Vantagens
10Base5	Coaxial grosso	500	100	Ideal para <i>backbones</i>
10Base2	Coaxial fino	200	30	Sistema mais barato
10BaseT	Par Trançado	100	1.024	Fácil manutenção
10BaseF	Fibra ótica	2.000	1.024	Melhor para edifícios

Fonte: TANEMBAUM,1997. p.316.

2.1.3.2 FAST ETHERNET

No começo da década de 90, as redes de 10Mbps não eram rápidas o suficiente para suportar as aplicações e serviços que eram compartilhados em redes maiores. Isso fazia com que os *backbones* se tornassem saturados com muito tráfego. Nesta época existiam outras tecnologias consideradas de alta velocidade, mas eram e ainda são muito caras, o que inviabilizava a sua implantação. Foi então que em 1995, quando foram publicadas as especificações para redes de 100Mbps (o *Fast Ethernet*), as empresas perceberam que implantar a tecnologia de alta velocidade tinha se tornado mais viável. A diferença entre a Ethernet de 10Mbps e a de 100Mbps é o novo padrão para a interface física, que possuía novas regras para topologias físicas e de repetição, e o modo de transmissão que passou a ser *half-duplex* ou *full-duplex* (COELHO, 2003).

A partir da figura 3, nota-se que a *Fast Ethernet* utiliza uma interface chamada *Media Independence Interface* (MII), que especifica o padrão de interface elétrica e mecânica entre o *Media Access Control* (MAC) e os outros tipos de camada física. No entanto essa interface nunca se popularizou, pois os fabricantes incorporaram os *transceivers* internamente nos equipamentos e placas de rede, assim como na tecnologia 10BaseT.

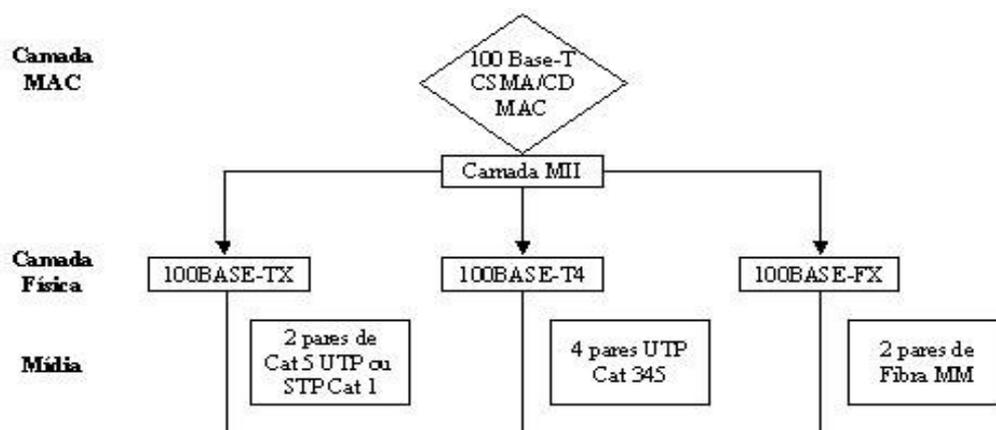


Figura 3: Especificação física do padrão Ethernet de 100Mbps

Fonte: COELHO, 2003

O padrão *Fast Ethernet* subdivide-se, quanto aos tipos de cabeamento, da seguinte forma:

- 100BASETX – é idêntico ao Ethernet de 10Mbps, exceto pela velocidade, que é de 100Mbps. Neste utiliza-se cabos UTP de Categoria5 (cabos de 100 MHz).

- 100BASEFX – criado para atender grandes distâncias, locais com problemas de ruídos e exigência de altas velocidades. A transmissão e recepção é feita através de fibras ópticas monomodo ou multimodo, utiliza conectores MIC/FDDI ou ST, e pode operar em distâncias de até 2000m para fibras monomodo e 3000m para fibras multimodo.

- 100BASET4 – padrão utilizado com cabos de quatro pares de categorias 3, 4 ou 5. Utiliza três pares para transmitir e um par para detectar colisão.

- 100BASET2 – criado para permitir a comunicação utilizando cabos de categoria 3 de dois pares, mas acabou não sendo utilizada por nenhum fabricante, por exigir uma placa com nível muito alto de integração, como *Digital Signal Processor* – DSP, que era muito cara na época. Foi essa tecnologia que permitiu a utilização de 1000Mbps em cabos UTP.

2.1.3.3 GIGABIT ETHERNET

O aumento da utilização de multimídias e intranets fez com que surgisse o Gigabit Ethernet, com uma taxa de transmissão de 1Gbps. Este padrão agregou valor não só ao tráfego de dados, mas também de voz e vídeo. Ele segue o padrão Ethernet e Fast Ethernet, com detecção de colisão, regras de repetidoras e modo de transmissão *half-duplex* e *full-duplex*. Porém, o CSMA/CD precisou de algumas alterações para trabalhar a 1Gbps, como o *Slot Time* (Tempo necessário para transmitir *frame* completo), que passou a ser de 512 bytes (em Ethernet e *Fast Ethernet* o *Slot Time* é de 512 bits). (COELHO, 2003).

Na tabela 2 temos uma comparação dos três padrões:

Tabela 2: Comparação dos parâmetros de transmissão para 10Mbps, 100 Mbps e 1000 Mbps.

Parâmetro	IEEE802.3	IEEE802.3u	IEEE802.3z
<i>Slot-time (bits)</i>	512	512	512
<i>InterFrameGap (bit-time)</i>	96	96	96
<i>AttempLimit</i>	16	16	16
<i>BackoffLimit</i>	10 exponencial	10 exponencial	10 exponencial
<i>JamSize (bits)</i>	32	32	32
<i>MaxFrameSize(bytes)</i>	1518	1518	1518
<i>MinFrameSize</i>	64 bytes (512 bits)	64 bytes (512 bits)	64 bytes (512 bits)
<i>AddresSize (bits)</i>	48	48	48

Fonte: COELHO, 2003. p.40.

Os tipos de cabeamento Gigabit Ethernet se subdividem da seguinte forma:

- 1000BASE-SX – utilizado em pequenos *links* de *backbone* ou cabeamento horizontal, de 220m a 550m, conforme a fibra ótica utilizada.
- 100BASE-LX – utilizada em grandes *backbones*, podendo operar com fibras multimodo ou monomodo que necessitam de laser.
- 1000BASE-CX – desenvolvido para conexão de *switches* e *servers farms* em Armários de Telecomunicações. Permite a utilização de um cabo balanceado do tipo Twinax de 150ohms e 25m de comprimento máximo.
- 1000BASE-T – especificado para operar com cabos UTP categoria 5 de quatro pares, com comprimentos de até 100m. Este padrão usa quatro pares para transmitir e receber simultaneamente, a uma velocidade de 250Mbps.

2.1.3.4 10 GIGABIT ETHERNET

Desde que foi lançada, a tecnologia Ethernet vem sempre evoluindo. Começou com uma velocidade de 2,4Mbps, passou por 10Mbps, 100Mbps, 1000Mbps e hoje já existe a Ethernet com velocidade de 10Gbps. O padrão 10 gigabit Ethernet é parecido com o Gigabit Ethernet, porém seu único meio físico de transmissão é a fibra ótica multimodo ou monomodo (está em estudo a padronização em par trançado) e a transmissão é feita somente em full-duplex. O 10Gigabit Ethernet é uma ótima alternativa para redes WAN (*Wide Area Network*) e redes MAN (*Metropolitan Area Network*) (COELHO, 2003).

2.2 PROFIBUS

Esta seção explica o que é uma rede de comunicação Profibus, sua tecnologia, perfil físico, perfil de comunicação e perfil de aplicação.

2.2.1 COMUNICAÇÃO INDUSTRIAL

No desenvolvimento da tecnologia da automação, um fator muito importante é a utilização da tecnologia da informação. Essa tecnologia deixou de estar apenas em ambientes de escritórios e chega agora ao ambiente industrial nas suas mais diversas áreas. A capacidade de comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados abertos e transparentes são componentes indispensáveis do conceito de automação atualmente.

A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (*field level*), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos

De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação, tais como Ethernet, PROFIBUS e AS-Interface, oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais. No nível de campo, a periferia distribuída, tais como módulos de E/S, transdutores, acionamentos (*drivers*), válvulas e painéis de operação, comunicam-se com sistemas de automação via um eficiente sistema de comunicação em tempo real, o PROFIBUS DP ou PA. A transmissão de dados do processo é efetuada ciclicamente, enquanto alarmes, parâmetros e diagnósticos são transmitidos aciclicamente, somente quando necessário (MENDONÇA, 2005).

No nível de célula, os controladores programáveis, tais como CLPs e PCs comunicam-se uns com os outros, o que requer grandes pacotes de dados e um grande número de funções poderosas de comunicação. Além disto, uma integração eficiente aos sistemas de comunicação corporativos existentes, tais como: Intranet, Internet e Ethernet é um requisito absolutamente mandatório, o que o PROFIBUS FMS e o PROFINet podem suprir.

O PROFIBUS é hoje um dos padrões de rede mais empregados no mundo. Esta rede foi concebida a partir de 1987 em uma iniciativa conjunta de fabricantes, usuários e do governo alemão (SEIXAS, 2001).

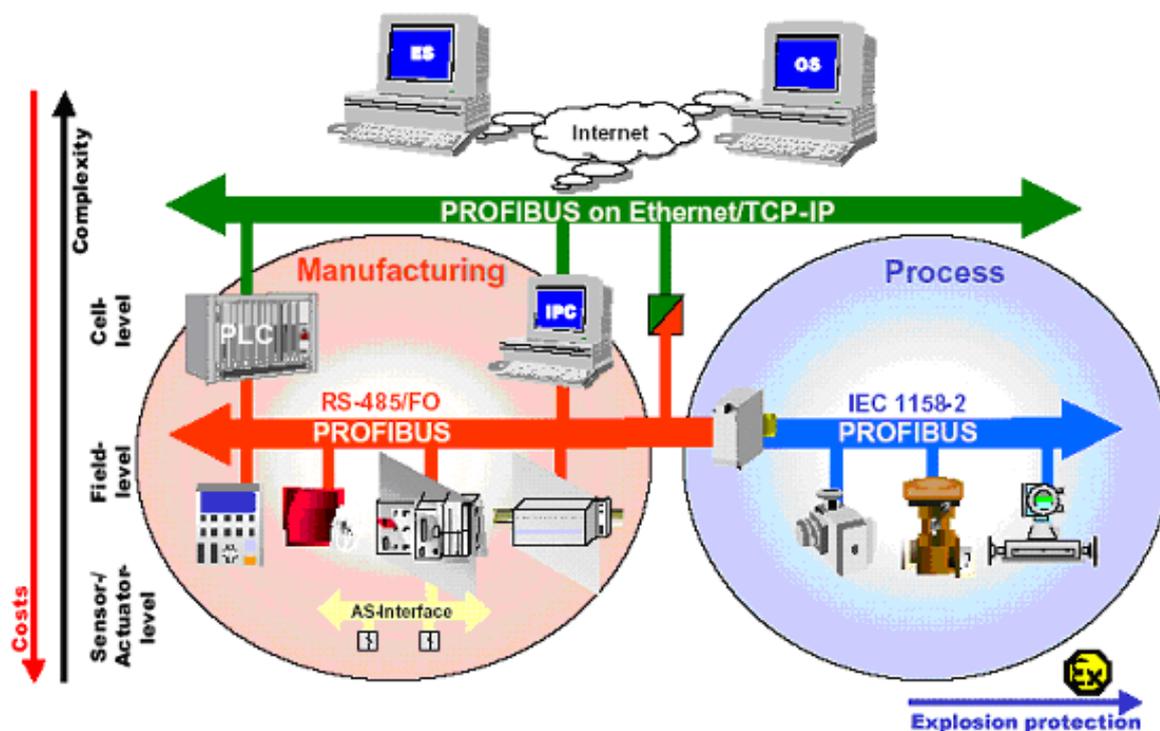


Figura 4: Comunicação Industrial

Fonte: CASSIOLATO, 2003.

2.2.1 TECNOLOGIA PROFIBUS

O PROFIBUS pode ser usado tanto em aplicações com transmissão de dados em alta velocidade como em tarefas complexas e extensas de comunicação. Oferece diferentes protocolos de comunicação (*Communication Profile*): DP e FMS.

De acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão (*Physical Profile*) qualquer um dos seguintes padrões: RS-485, IEC 61158-2 ou Fibra Ótica. O Perfil da Aplicação (*Application Profile*) define as opções do protocolo e da tecnologia de transmissão requerida nas respectivas áreas de aplicação e para os vários tipos de dispositivos. Estes perfis também definem o comportamento do dispositivo.

Com o PROFIBUS, dispositivos de diferentes fabricantes podem comunicar-se sem a necessidade de qualquer adaptação na interface (MENDONÇA, 2005).

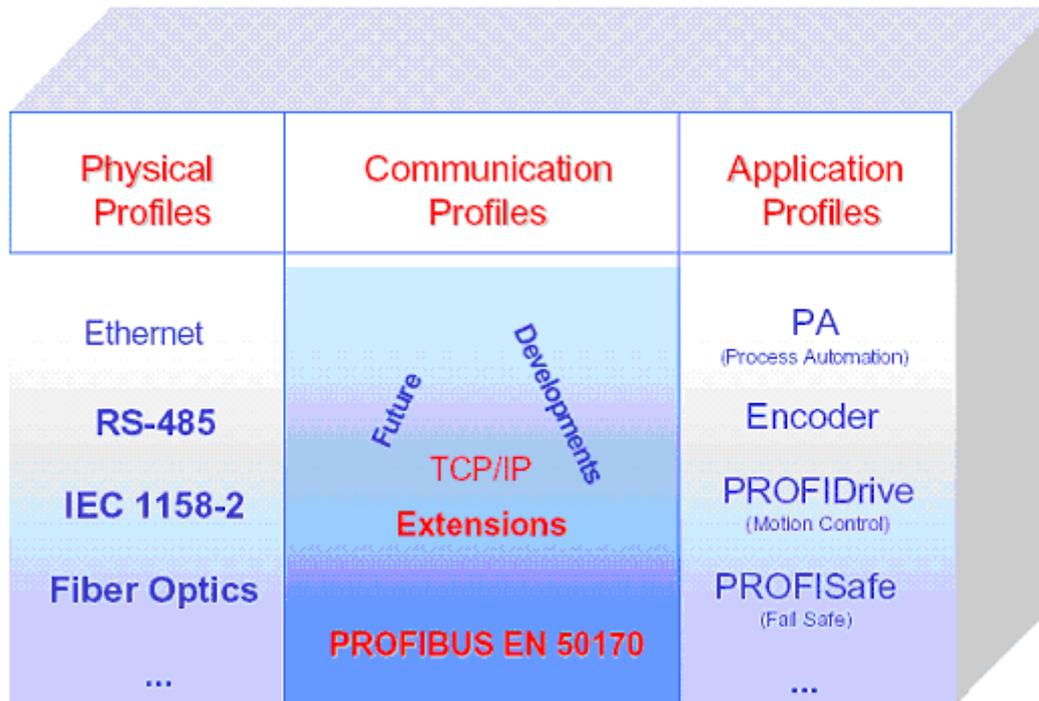


Figura 5: PROFIBUS e Ethernet

Fonte: MENDONÇA, 2005.

2.2.2 PERFIL FÍSICO (PHYSICAL PROFILES)

A aplicação de um sistema de comunicação industrial é amplamente influenciada pela escolha do meio de transmissão disponível. Assim sendo, aos requisitos de uso genérico, tais como alta confiabilidade de transmissão, grandes distâncias a serem cobertas e alta velocidade de transmissão, soma-se as exigências específicas da área automação de processos tais como operação em área classificada, transmissão de dados e alimentação no mesmo meio físico, etc. Partindo-se do princípio de que não é possível atender a todos estes requisitos com um único meio de transmissão, existem atualmente três tipos físicos de comunicação disponíveis no PROFIBUS:

- RS-485: tecnologia de transmissão mais frequentemente encontrada no PROFIBUS. Sua aplicação inclui todas as áreas nas quais uma alta taxa de transmissão aliada à uma instalação simples e barata são necessárias. Um par trançado de cobre blindado com um único par condutor é o suficiente neste caso.
- IEC 61158-2: tecnologia bastante utilizada em sistemas de automação em controle de processo.
- Fibra Ótica: tecnologia utilizada em sistemas que demandam grande imunidade a interferências e grandes distâncias.

Com relação ao data link layer, define o protocolo de acesso ao meio e a camada, definindo as funções da aplicação, FMS ou DP.

2.2.3 PERFIL DE COMUNICAÇÃO (COMMUNICATION PROFILE)

O perfil de comunicação PROFIBUS define como os dados serão transmitidos serialmente através do meio de comunicação.

O PROFIBUS-DP (*Decentralized Periphery* - Periferia Descentralizada) é o perfil de comunicação que será utilizado neste trabalho. Otimizado para alta velocidade e conexão de baixo custo, foi projetado especialmente para a comunicação entre sistemas de controle de automação e seus respectivos I/Os distribuídos em nível de dispositivo. O PROFIBUS-DP pode ser usado para substituir a transmissão de sinal em 24 V em sistemas de automação de manufatura assim como para a transmissão de sinais de 4 a 20 mA em sistemas de automação de processo.

O PROFIBUS-DP permite sistemas mono e multi-mestre oferecendo um alto grau de flexibilidade na configuração do sistema. Até 126 dispositivos (mestres ou escravos) podem ser ligados a um barramento. Sua configuração consiste na definição do número de estações, dos endereços das estações e de seus I/Os, do formato dos dados de I/O, do formato das mensagens de diagnóstico e os parâmetros de barramento. Cada sistema de PROFIBUS-DP pode conter três tipos de dispositivos diferentes:

- Classe-1 DP *MASTER* é um controlador central que troca informação com as estações descentralizadas (por ex.: DP *slaves*) dentro de um ciclo de mensagem especificado. Dispositivos mestres típicos incluem controladores lógicos programáveis (PLC) e PC.
- Classe-2 DP *MASTER* são terminais de engenharia, programadores, dispositivos de configurações ou painéis de operação. São utilizados durante o comissionamento para configuração do sistema DP e também para a manutenção e diagnóstico do barramento e/ou de seus dispositivos.
- DP *SLAVE* é um dispositivo periférico (dispositivos de I/O, *drivers*, IHM, válvulas, etc.) que coleta informações de entrada e enviam informações de saída ao controlador . Pode haver dispositivos que possuem somente informações de entrada e outros com somente informações de saída A quantidade de informação de I/O depende do tipo de dispositivo. Um máximo de 246 *bytes* de entrada e 246 *bytes* de saída são permitidos (CASSIOLATO, 2006).

O PROFIBUS-FMS (*Fieldbus Message Specification*) é o perfil de comunicação universal para tarefas de comunicação complexas. O FMS oferece muitas funções sofisticadas de

comunicação entre dispositivos inteligentes. Atualmente, com o advento do Profinet, o FMS tem um papel menos significativo.

2.2.4 PERFIL DE APLICAÇÃO (APPLICATION PROFILE)

O perfil de Aplicação descreve a interação do protocolo de comunicação com o meio de transmissão que está sendo utilizado, além de definir o comportamento do dispositivo durante a comunicação. O mais importante perfil de aplicação PROFIBUS é, atualmente, o perfil PA, que define os parâmetros e blocos de função para dispositivos de automação de processo, tais como transmissores, válvulas e posicionadores. Existem ainda alguns outros perfis disponíveis, tais como: acionamentos (*drivers*), interface homem máquina e encoders, os quais definem a comunicação e o comportamento destes equipamentos de uma maneira independente do fabricante.

Em 2004 estimava-se que existiriam mais de 10 milhões de pontos instalados no mundo, o que correspondia a mais de 60% do mercado de automação industrial, tornando o PROFIBUS o tipo mais popular de sistema de comunicação em rede FIELDBUS.

2.3 WIRELESS

A tecnologia Wireless está sendo usada como uma alternativa as redes convencionais com fio, oferecendo as mesmas funcionalidades, mas de fácil configuração e com boa mobilidade e conectividade em áreas prediais ou de *campus*. Essa tecnologia permite a conexão entre pontos e dispositivos sem a necessidade de cabos, um acesso mais eficiente a internet por banda larga, dando a facilidade de acesso imediato sem utilização de senhas e sem discagem. Este é um conceito já amplamente difundido nos Estados Unidos, em parte da Ásia e em alguns países europeus.

Recentemente, através de um provedor de internet, começou-se a perceber os primeiros passos no Brasil. Foi quando uma rede de restaurantes, hotéis, aeroportos, centro de eventos e convenções demonstraram interesse e usabilidade da rede.

A definição do padrão desta tecnologia é definida pelo IEEE. O padrão mais usado pertence à família de especificação batizada de 802.11.

2.3.1 FUNCIONAMENTO

A Comunicação do sistema é por meio do uso de rádio frequência ou infravermelho, onde as informações trocadas entre os computadores e dispositivos da rede são estabelecidas pelas WLANs (*Wireless Local Area Network* - Redes Locais Sem Fio), podendo utilizar várias tecnologias para permitir a conexão entre os meios, tendo cada uma suas limitações, o que as diferem das outras.

As WLANs estabelecem a comunicação de dados entre os pontos da rede, que são modulados na portadora do rádio e transmitidos através de ondas eletromagnéticas. Várias conexões podem existir em um mesmo ambiente sem que as mesmas sejam interferidas, podendo existir várias redes em um mesmo prédio. Para isso, basta cada rede ser operada em frequências diferentes.

Na Figura 6 visualisa-se um sistema com o dispositivo (transmissor/receptor) ou ponto de acesso conectado a um protocolo de rede convencional que utiliza em sua estrutura cabos, conhecida como Ethernet. A comunicação é fornecida pelos pontos de acessos à rede convencional, que também intermedeiam o tráfego com os pontos de acesso vizinhos.

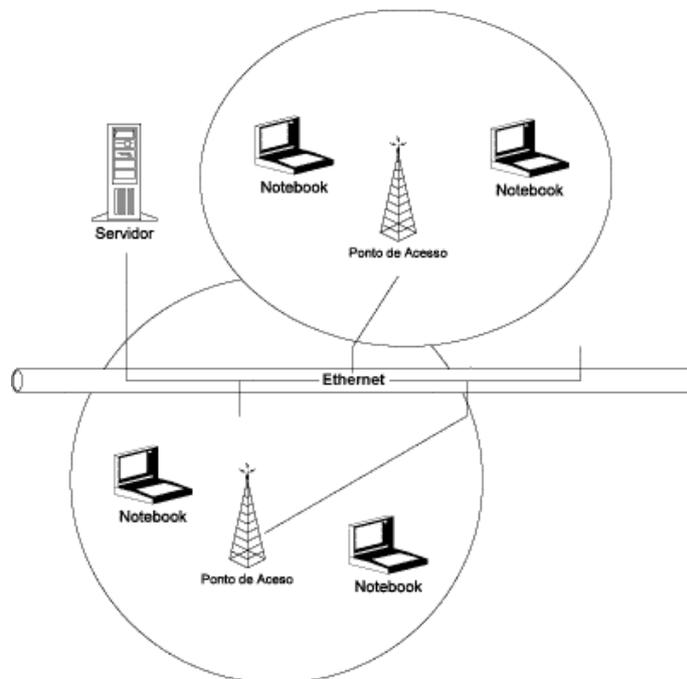


Figura 6: Rede *Wireless LAN* típica

Fonte: SILVA, 1998.

2.3.2 TECNOLOGIAS EMPREGADAS

As WLANs podem utilizar algumas tecnologias para a comunicação de dados entre os pontos, cada uma com suas particularidades, vantagens e suas limitações. Dentre as tecnologias empregadas, as mais utilizadas são as seguintes:

Tecnologia *Spread Spectrum* - Utilizam a técnica de espalhamento espectral com sinais de rádio frequência de banda larga, tornando-se menos sensível a interferências e com a capacidade de atravessar paredes, dando mais segurança, integridade e confiabilidade.

Tecnologia *Narrowband* – (banda estreita), tecnologia via rádio, operam em frequência específica, deixando o sinal o mais estreito possível, o suficiente para a comunicação.

Tecnologia *Infrared* - Esta tecnologia, baseada em infravermelho, é a mesma que encontramos em produtos como controle remoto. Utilizam frequências muito altas, oferecendo uma grande largura de banda, podendo atingir até 16 Mbps, operando a faixas de 100 THz. O infravermelho pode ser facilmente obstruído não podendo penetrar em objetos opacos.

2.3.3 PROTOCOLOS

A responsabilidade pela definição da arquitetura para as redes sem fio, que é baseada na divisão da área coberta pela rede em células, é do grupo de trabalho IEEE 802.11. Segue abaixo as versões de protocolos:

802.11a – Utiliza a faixa de frequência de 5GHZ e taxa de transferência de até 54Mbps com alcance de até 100m. Devido ao alto custo de equipamentos compatível com esse protocolo, torna-se deficitário comparado com as versões 11b e 11g. A vantagem da utilização dessa versão deve-se a redução de interferência originária de fornos de microondas, telefones sem fio, entre outros equipamentos emissores de sinais eletromagnéticos.

802.11b – Utiliza a faixa de frequência de 2,4GHZ e taxa de transferência de até 11Mbps com alcance de até 300m, podendo ser expandida com o uso de amplificadores de potência e antenas

específicas. Trás como vantagem seu custo de hardware que é baixo, e desvantagem por ser mais sensível a sofrer interferência por aparelhos domésticos.

802.11g – Utiliza a faixa de frequência de 2,4GHz e taxa de transferência de até 54Mbps. Esta é a versão mais difundida atualmente, pois diversos aparelhos estão saindo com esse protocolo, o que proporciona a compatibilidade com os equipamentos da versão 802.11b, porém com uma taxa de transferência maior.

Neste projeto está sendo utilizada a versão de protocolo 802.11g, aplicada para a comunicação dos dispositivos móveis com a rede física (Ethernet), dando ao operador a mobilidade de ter acesso às informações da rede, como índices de eficiência, disponibilidade e performance, tempo de quebra de equipamentos, defeitos apresentados e todos os outros eventos ocorrentes durante o processo produtivo, sem o desconforto de fios, podendo estar em qualquer lugar da fábrica apenas obedecendo a limitação da rede.

3 EFICIÊNCIA PRODUTIVA

Após a revolução industrial, com a substituição do homem pela máquina, a eficiência produtiva em processos industriais passou a ser um dos principais focos das organizações na busca pelo sucesso e influência no mercado. Entende-se que a produtividade estabelece principalmente a relação entre tudo que se obtém a partir dos recursos disponíveis e a plena eficiência produtiva ocorre quando esses recursos estão operando no limite máximo de seus verdadeiros potenciais.

A produtividade em uma indústria é relacionada à mão de obra do ser humano e pode ser calculada através da relação entre o que se produz, em um determinado tempo utilizando determinados meios, pelo que deveria ser produzido, com resultado em % (Porcentagem), podendo sofrer variações dentro das faixas estabelecidas abaixo:

121 a 130% - Super

111 a 120% - Excelente

91 a 100% - Normal

71 a 90% - Regular

51 a 70% - Fraca (CÉSPEDES, 2007).

Quando a produtividade estiver acima de 130% é considerada fora das condições humanas, portanto o ritmo não é mantido. Produtividade abaixo de 50% mostra uma deficiência total, e providências imediatas devem ser tomadas.

Geralmente são encontradas as seguintes produtividades nas indústrias:

- Até 50 % - em indústrias desorganizadas, sem controle de produtividade;
- Até 80% - em indústrias organizadas, com controle de produtividade;
- Até 100% - em indústrias organizadas, com controle de produtividade e incentivos salariais na produção;
- Acima de 100% - dificilmente a média da produtividade geral em uma indústria atingirá essa faixa. O que pode acontecer são casos esporádicos de pessoas ou setores que consigam atingi-la. Em trabalhos estritamente manuais isso é possível, mas em trabalhos que dependem de máquinas não existe essa possibilidade.

A eficiência produtiva em uma indústria é relacionada ao trabalho da máquina e é calculada pela relação entre a produção obtida e a produção esperada, e pode ser definida como:

$$\text{Eficiência Produtiva} = \frac{\text{Produção Realizada}}{\text{Produção Potencial}} \times 100\% \quad (\text{CÉSPEDES, 2007})$$

Uma máquina é construída dentro de especificações técnicas para produzir uma quantidade de peças por hora e ela somente não produzirá se estiver parada por algum motivo. Portanto, esta máquina pode atingir no máximo uma eficiência de 100%, que é sua capacidade, porém é aceitável uma eficiência de 80%, sendo os 20% restantes destinados a paradas inevitáveis, para manutenção, trocas de ferramentas e dispositivos entre outros fatores.

Existem muitos fatores que podem contribuir para um índice de eficiência não aceitável:

- Frequência e duração das paradas programadas para manutenção/trocas;
- Dados operacionais não imputados corretamente;
- Má disponibilidade de sobressalentes;
- Confiabilidade em vida útil de equipamentos;
- Equipamentos fornecidos para o processo com características diferentes das especificadas (NAEGELI, 2007).

Organizações de sucesso que conseguem obter uma alta margem de lucro sobre seus produtos são consideradas eficientes, para isso trabalham basicamente com três fatores:

1. A escolha do produto que maximize o lucro.
2. A escolha da combinação que minimize os custos de produção e elevem o nível do produto acabado.
3. A produção com o mínimo de insumos possíveis e a utilização total da tecnologia disponível (CÉSPEDES, 2007).

Para obtermos um índice aceitável de eficiência produtiva existem alguns fatores que devem ser considerados e um dos principais é o acompanhamento dos possíveis eventos que ocorrem no processo onde seja necessária a tomada de decisão em tempo real na busca da imediata resolução dos problemas.

O sistema de produção no qual será implantado o projeto é um sistema disciplinado, flexível e com máquinas automatizadas, contendo um conjunto de atividades que suportam seus colaboradores na tomada de decisão, onde o objetivo individual de cada um está diretamente relacionado com as expectativas da organização, ou seja, na produção e entrega de produtos que atendam e excedam as reais expectativas de cliente e consumidores, independentemente dos benefícios esperados com qualidade, custo e tempo.

3.1 PROCESSO PRODUTIVO

O conceito de linha de produção pode ser considerado um dos pilares fundamentais para o desenvolvimento da indústria permitindo a popularização dos produtos fabricados onde a execução correta e linear de operações subsequentes é que permite um elevado índice de produtividade.

A planta BDF Nívea no Brasil possui atualmente três linhas de produção totalmente automatizadas, compostas basicamente por quatro máquinas cada uma, sendo uma Enchedora (*Fillpack*), uma Tampadora (*Capper*), uma Rotuladora (*Etipack*) e uma Empacotadora (*Skinetta*). As máquinas são constituídas por sistemas mecânicos, hidráulicos, pneumáticos e eletrônicos sendo controladas por PLC Siemens Simatic S7 300 interligados em rede Profibus DP. Inversores de frequência, servodrivres, coletores, encoders e IHMs também fazem parte do sistema de controle e se comunicam via rede Profibus DP.

A operação ocorre através de uma IHM (Interface homem máquina) por onde é possível executar todo tipo de ajuste e controle necessário assim como visualizar todos os eventos que ocorrem durante o processo produtivo. As linhas permitem uma produção de até 8 formatos diferentes totalizando uma variedade de mais de 50 produtos a uma velocidade média de 100 frascos / minuto.



Figura 7: Enchedora

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 8: Tampadora
Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 9: Rotuladora
Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 10: Empacotadora

Fonte: Elaborada pelo autor

4 ESTUDO DE CASO

A unidade fabril na qual se realiza esse estudo de caso é uma planta nova, com apenas seis anos de operação. A performance produtiva está em 64% de sua real capacidade, sendo que a meta estipulada é de atender 80%. A diferença de 16% da eficiência real em relação à meta estipulada pela companhia representa uma margem de lucro elevada, motivo principal pelo qual se notou a necessidade de um estudo para análise de possíveis soluções. Focados nesse problema muito acentuado de deficiência produtiva e embasados na área de Engenharia, será estudado através de um processo de automação, visualizar possíveis soluções para melhorarmos os indicadores produtivos dessa companhia.

4.1 SITUAÇÃO ANTIGA

4.1.1 APONTAMENTO MANUAL

Analisando o processo, verificamos que os colaboradores do departamento de manufatura são diretamente responsáveis por todas as atividades relacionadas à fabricação, o envase e o empacotamento de cremes, desodorantes e protetores, pelo acabamento, codificação e paletização de todos os bens produzidos e principalmente pelo monitoramento dos lançamentos de paradas rotineiras, programadas e inesperadas ocorrentes nesta planta fabril durante o processo produtivo.

O apontamento manual trouxe para a companhia alguns problemas que dificultavam muito a inserção de programas de melhoria continua no chão de fábrica, tais como:

- Tempo grande entre reporte das falhas, inserção de dados no sistema, tomadas de decisões;
- Análise dos dados que geram decisões estratégicas feitas somente no mês seguinte;
- Falta de confiabilidade nos índices.

Abaixo visualiza-se a planilha utilizada pelos operadores, onde temos todos os dados dos lançamentos de paradas que ocorrem durante o processo, assim como dados do produto, lote e velocidade da linha. Estas planilhas são editadas diariamente pelo responsável da área de acordo com os lançamentos manuais que são preenchidos pelos técnicos responsáveis pelas linhas de produção.

Para possíveis análises futuras, verifica-se nesse gráfico representativo (Figura 12), retirado do PAMCO, o índice dos indicadores monitorados num período de seis meses entre setembro de 2006 e fevereiro de 2007.

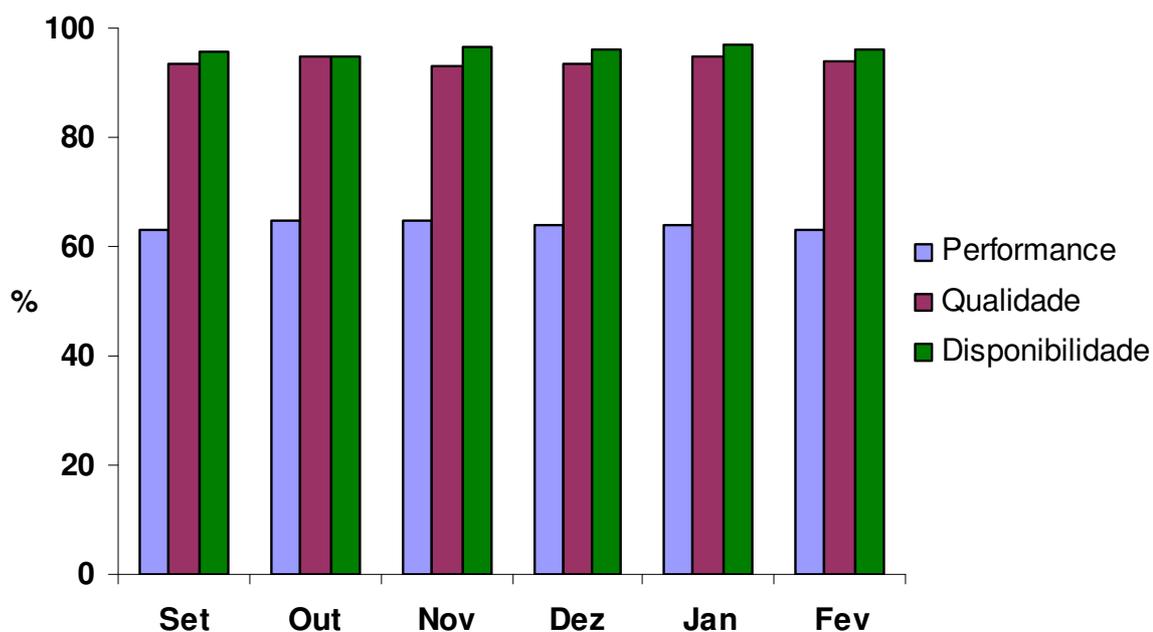


Figura 12: Índices Monitorados

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da empresa

Como já citado anteriormente, o índice de performance encontrava-se em 64%, qualidade em 94% e disponibilidade em 96%.

4.2 SITUAÇÃO ATUAL

Devido à necessidade de se elevar todos índices e conseqüentemente avançar no mercado, melhorando visibilidades de perdas, gargalos, retrabalhos, horas homem - máquina utilizada, a solução que mais chamou a atenção foi à proposta da automação da coleta de dados de chão de fábrica, pois ela nos permite visualizar com precisão e detalhes os eventos reais que ocorrem durante o processo produtivo. A partir dessa decisão, foi realizado inúmeras pesquisas a empresas

que já possuíam um sistema como esse implantado, definindo também desta maneira as empresas que seriam responsáveis por prover e integrar o sistema.

Dentre as empresas pesquisadas destacaram-se a unidade da Faber Castell na cidade de São Carlos S/P, com produção de EcoLápis e exportação para mais de 70 países e a ALSTOM do Brasil, situada na cidade de São Paulo, sendo uma empresa líder mundial em energia e transporte.

Embora os processos não sejam semelhantes aos de uma fábrica de cosméticos, a versatilidade do sistema para adequações necessárias foi também um dos fatores primordiais para a implantação do mesmo.

Foi formulado uma solução de automação de apontamento de dados que permitisse avaliar de forma eficaz a eficiência das linhas produtivas, fornecendo aos gestores uma visão ampla das características.

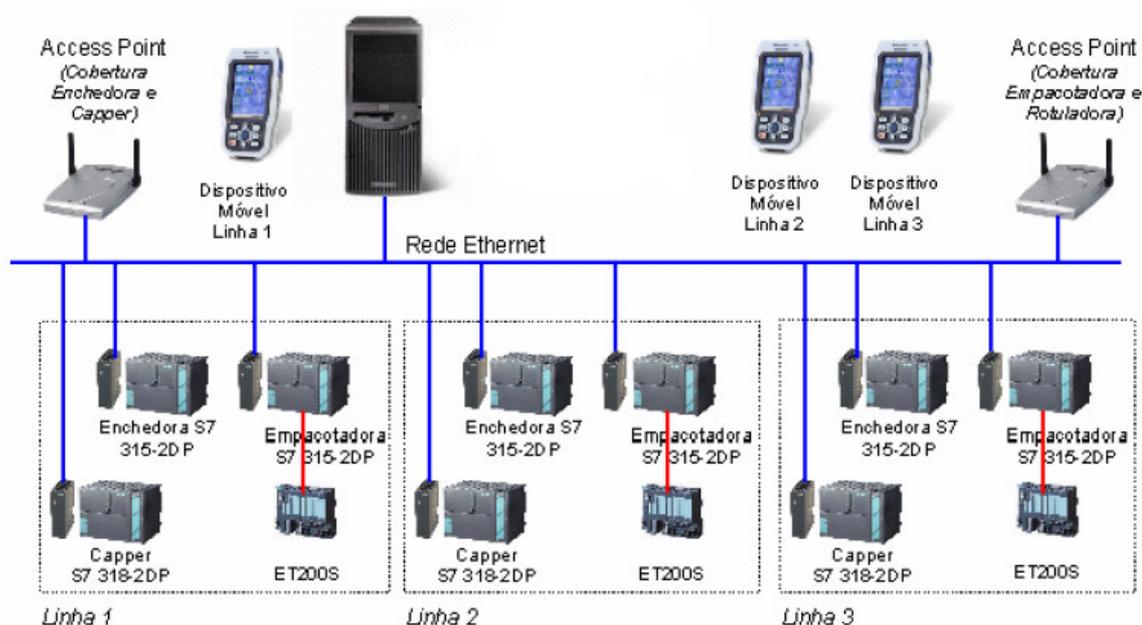


Figura 13: Arquitetura atual

Fonte: BDF Nívea

4.2.1 CUSTO

Veja abaixo a tabela de custos inicial do projeto:

Tabela 3: Custos de implementação do projeto

DESCRIÇÃO	VALOR
Serviços HSI	R\$ 100.176,00
Mão de obra instalação	R\$ 7.960,00
Hardware + Software	R\$ 59.800,00
Total	177.936,00

Fonte: BDF Nívea

4.2.2 DESCRIÇÕES TÉCNICAS DA SOLUÇÃO ATUAL

AQUISIÇÃO DE DADOS E INTERFACE DO USUÁRIO - Esta camada é constituída pela aquisição automática de dados através dos PLCs existentes, coleta de dados manuais através dos dispositivos móveis e apresentação de informações aos operadores através dos mesmos dispositivos.

TRAKSYS – *Software* responsável pelo armazenamento, processamento, validação e apresentação dos dados via WEB. Os principais componentes desta camada são:

Logic Manager - Monitora constantemente os dados da planta, detectando eventos significativos, armazenado-os no banco de dados da aplicação. Possibilita métodos para cálculos de performance, disponibilidade, qualidade, OEE, contagem de produção, retrabalho, *downtime* e *runtime*.

Banco de dados - Todas as configurações e as informações de *downtime* são armazenadas em banco de dados *SQL Server*, permitindo fácil uso, manutenção e *backup*.

4.2.3 AQUISIÇÃO AUTOMÁTICA DE DADOS

Como já citado anteriormente, as máquinas são todas controladas via rede Profibus DP, e para se realizar a coleta automática dos dados a arquitetura Ethernet consiste na adição de interfaces para os PLCs das linhas de forma a prover a integração dos PLCs existentes ao servidor da aplicação através de uma rede Ethernet Industrial. Os dados automaticamente adquiridos são enviados ao servidor da aplicação para armazenamento e processamento sendo que o mesmo estará conectado a

rede corporativa da Nívea, possibilitando a obtenção de uma vasta gama de relatórios disponíveis no sistema.

As soluções de aquisição de dados dos PLCs existentes estão baseadas na utilização e padronização de equipamentos Siemens, garantindo a manutenção dos padrões de automação da planta e facilitando a compreensão e suporte da equipe de manutenção. As soluções adotadas não utilizam equipamentos que alterem os protocolos de comunicação nativos dos equipamentos e possam restringir a velocidade de aquisição de dados.

Em conjunto com o departamento de IT (Tecnologia de Informação) da companhia, foi instalada a rede Wireless seguindo os padrões de segurança da corporação. Ela é responsável pela coleta dos dados lançados nos dispositivos móveis e pela transmissão dos mesmos para o banco de dados da aplicação. Dois roteadores geram área de cobertura para utilização de um dispositivo móvel por linha e a rede é protegida por sistema de criptografia, ou seja, a troca de dados é codificada. Foi procurado instalar os roteadores em pontos estratégicos, sendo um na área de envase e outro na área de embalagem, possibilitando assim uma excelente área de cobertura para transmissão dos dados.

Estes dispositivos apresentam a interface com os operadores para informação e aquisição de dados manuais como paradas rotineiras, inesperadas e programadas, assim como a justificativa dos maiores eventos ocorrentes durante o turno. É possível também visualizar no dispositivo a velocidade real da linha, a quantidade produzida em tempo real e todos os índices desejados pela companhia, como qualidade, performance, disponibilidade e OEE.

O usuário do sistema será identificado através dos dados cadastrados e todos terão o mesmo nível de acesso, ou seja, possuirão os mesmos privilégios no aplicativo e o acesso ao sistema será através da leitura de um código de barras por operador.

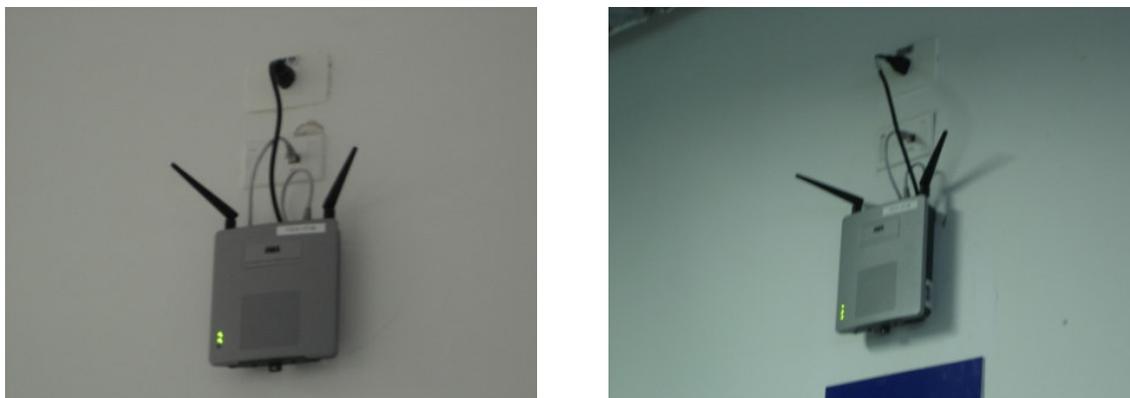


Figura 14: Roteadores

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 15: Dispositivo móvel

Fonte: Elaborada pelo autor



Figura 16: Tela principal do dispositivo

Fonte: BDF Nívea

4.2.4 INTERFACE GERENCIAL

O Traksys é uma ferramenta que representa a interface de nível gerencial e está disponível na rede corporativa da companhia permitindo visualização em tempo real dos eventos que realmente estão ocorrendo nas linhas de produção oferecendo um completo repositório de conhecimento com mais de 800 relatórios prontos para uso.

O usuário consegue selecionar os equipamentos que serão monitorados, mapeando dados do chão de fábrica e de outras fontes de dados, definindo eventos, configurando KPIs, descrevendo equipes de trabalho e perfis de produtos.

No modelo de relatório mostrado na Figura 17 visualiza-se todos os indicadores monitorados pela companhia, como qualidade, performance, disponibilidade e OEE, Temos também a quantidade detalhada e precisa de tempo e quantidade de produção.

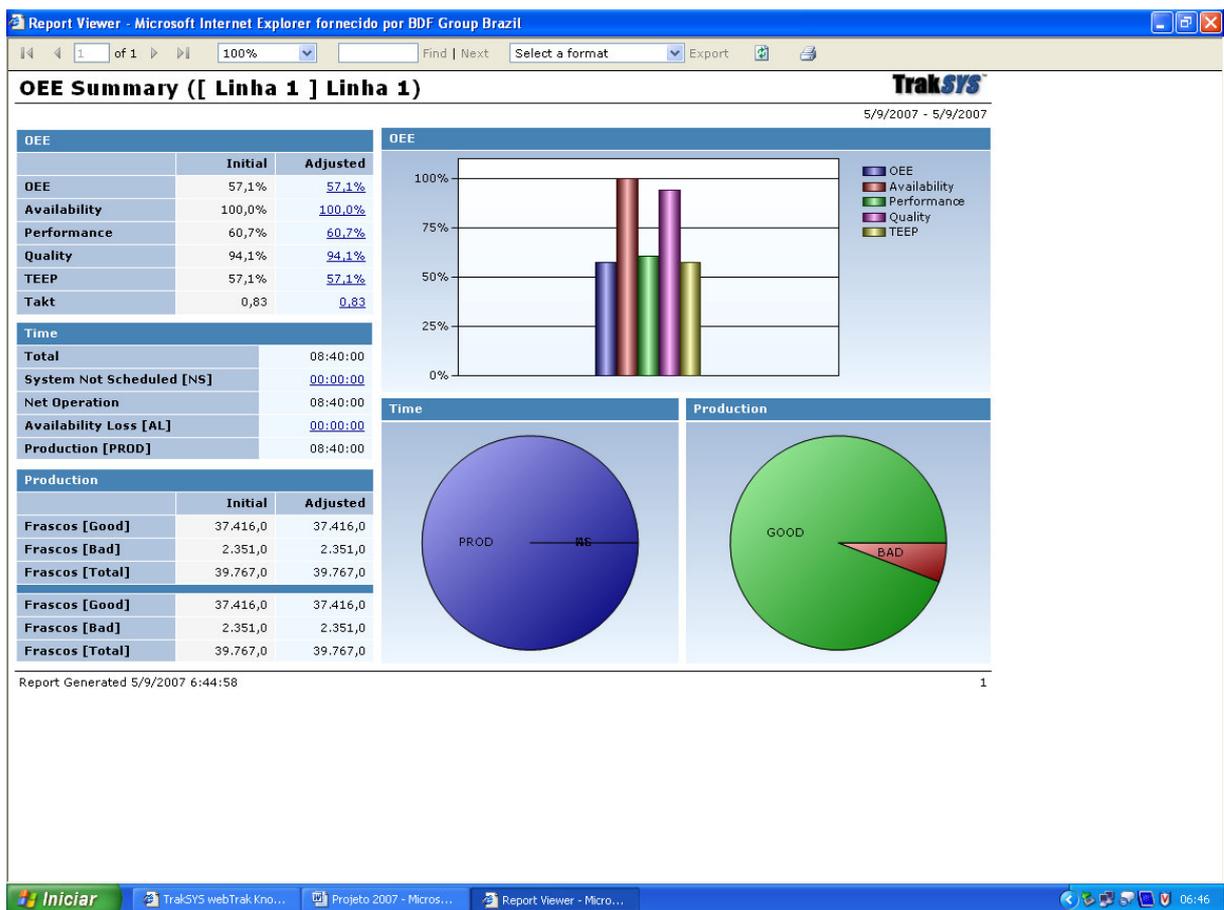


Figura 17: Relatório de indicadores monitorados pela companhia

Fonte: BDF Nívea

Na Figura 18 é possível identificar a quantidade e a duração de todos os eventos que ocorreram em uma linha por um período pré-determinado. Por ser um relatório que nos fornece informações detalhadas, é um dos principais utilizados pelos gestores para visualização de paradas de equipamentos.

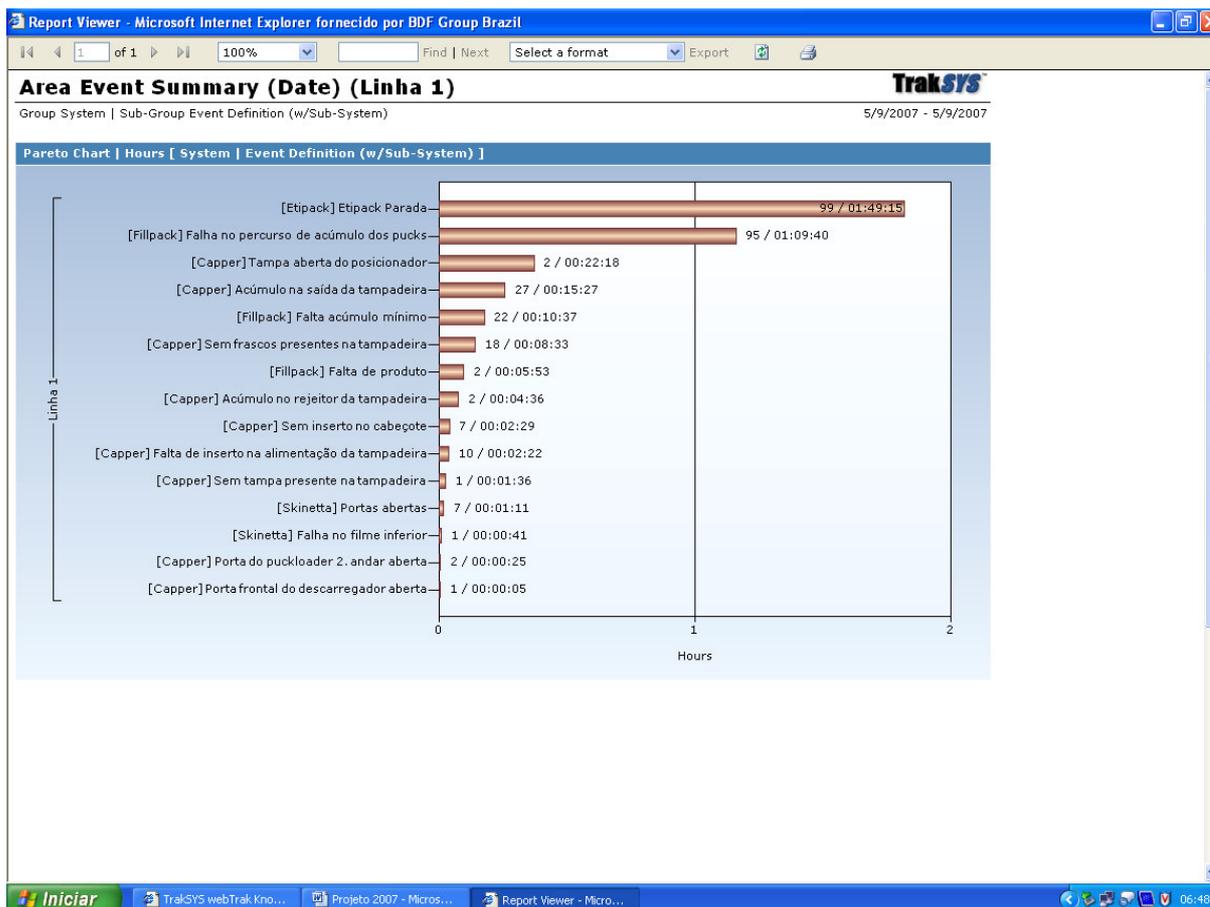


Figura 18: Relatório de quantidade e duração de eventos

Fonte: BDF Nívea

4.2.5 TREINAMENTOS

Com a implantação do projeto, uma das premissas que está diretamente ligada com o assunto é a dos treinamentos. O treinamento pode ser considerado um fator fundamental para um bom desempenho e obtenção de bons resultados.

Com o objetivo de instruir corretamente os envolvidos direta e indiretamente no processo montou-se um programa de treinamento com duração de um mês buscando padronização no modo de operação e da maneira mais eficiente possível tentamos atualizar os conhecimentos dos operadores em relação a novas tecnologias utilizadas.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Com a ferramenta disponível para utilização em nível operacional e gerencial, o primeiro passo foi acompanharmos o comportamento do sistema para posterior estratificação das principais perdas de produção.

Junto com especialistas, foi adotado um método proposto pela empresa provedora, no qual buscaram avaliar todas as possibilidades para identificação de gargalos e dos pontos crônicos antes não identificados. A ferramenta nos permite um mapeamento completo das linhas de produção, subdividindo-as por agrupamentos, como por exemplo:

- Agrupamento por nome de áreas.
- Agrupamento por nome de sistemas.
- Agrupamento pelo nome do evento.
- Agrupamento por turno de trabalho.
- Agrupamento por produto.
- Agrupamento por lote.
- Agrupamento de acordo com a data dos eventos.
- Agrupamento de acordo com a semana na quais os eventos ocorreram.
- Agrupamento de acordo com o mês no quais os eventos ocorreram.

Embasados nesse recurso, durante um mês foi acompanhado e monitorado os indicadores com objetivo de identificar os pontos crônicos que realmente impactavam a eficiência produtiva e visualizar que muitos eventos estavam relacionados com o tipo de material que se utilizava no processo, mas existiam também problemas relacionados com habilidade de operação e necessidades de manutenção.

5.1 PROGRAMAS DE MELHORIAS CONTÍNUAS

Com a identificação dos principais pontos de paradas de linha que impactavam na eficiência, algumas atividades de melhoria contínua foram implantadas na tentativa de reduzir essas falhas e consequentemente elevar os indicadores da companhia.

5.1.1 FOCO EM MANUTENÇÕES PREVENTIVAS

Muitas paradas estavam relacionadas com pequenas quebras que poderiam ser minimizadas com intervenções preventivas. Em conjunto com as equipes técnicas de operação e manutenção foi montado um plano de ação para tentar minimizar o problema e junto ao departamento de planejamento acordamos que mensalmente haveria uma parada nas linhas de produção para manutenções preventivas e análises de quebras e falhas.

5.1.2 ADEQUAÇÃO E QUALIFICAÇÃO DE MÃO DE OBRA

Através dos dados extraídos do sistema percebeu-se que havia uma perda de tempo muito grande em ajustes de equipamentos nas linhas de produção. Foi desenvolvido um programa de treinamento com divisão das equipes de trabalho focando a redução do tempo nos eventos significativos. Esse programa foi de extrema importância, pois foram criados procedimentos técnicos, buscando padronização no modo de operação onde se buscou também atualizar os conhecimentos do chão de fábrica em relação a novas tecnologias.

5.1.3 PADRONIZAÇÃO DE FORNECEDORES DE MATÉRIA PRIMA

Com base nos dados de pequenas paradas notou-se que existiam inúmeros eventos causados por defeitos de materiais como frascos, tampas, insertos e filme. Como a companhia trabalhava com muitos fornecedores, em conjunto com o departamento de qualidade e desenvolvimento foi iniciado um processo de padronização de apenas dois fornecedores de matéria prima que atendessem as especificações técnicas de acordo com os padrões necessários.

5.1.4 ADEQUAÇÃO E MODIFICAÇÃO DE EQUIPAMENTOS

Com o recurso da subdivisão das linhas por máquinas, a empresa conseguiu visualizar as que mais impactavam negativamente no processo e algumas ações foram tomadas para tentar eliminar pontos ociosos. Existiam condições que reduziam a velocidade da linha em momentos críticos, fazendo com que a performance caísse consideravelmente por tempo indeterminado. Os pontos foram identificados e várias modificações e adequações foram executadas em equipamentos

eliminando dessa maneira dois dos grandes inimigos que acarretam em perdas de tempo: rendimento reduzido e ociosidade.

Como exemplos de adequações pode-se citar:

- A implantação de um sistema eletro pneumático para retirada de frascos caídos durante o transporte de frascos pela rotuladora. A queda de frascos era um problema rotineiro que impactava diretamente na performance pois era necessária a parada da máquina para retirada dos mesmos.

- A instalação de um sensor para detectar espaçamento entre frascos na entrada da enchedora, pois como podemos visualizar na Figura 7, o transporte de frascos na parte interna da máquina é realizado por duas roscas sincronizadas, e o espaçamento causado por quedas de tampas ou insertos na esteira ocasionava a perda do sincronismo e posteriores paradas da linha.

5.2 ACOMPANHAMENTO DOS RESULTADOS

Dentro da proposta de analisar os dados após a implantação do projeto, temos nos tópicos seguintes as análises dos indicadores monitorados.

5.2.1 DISPONIBILIDADE

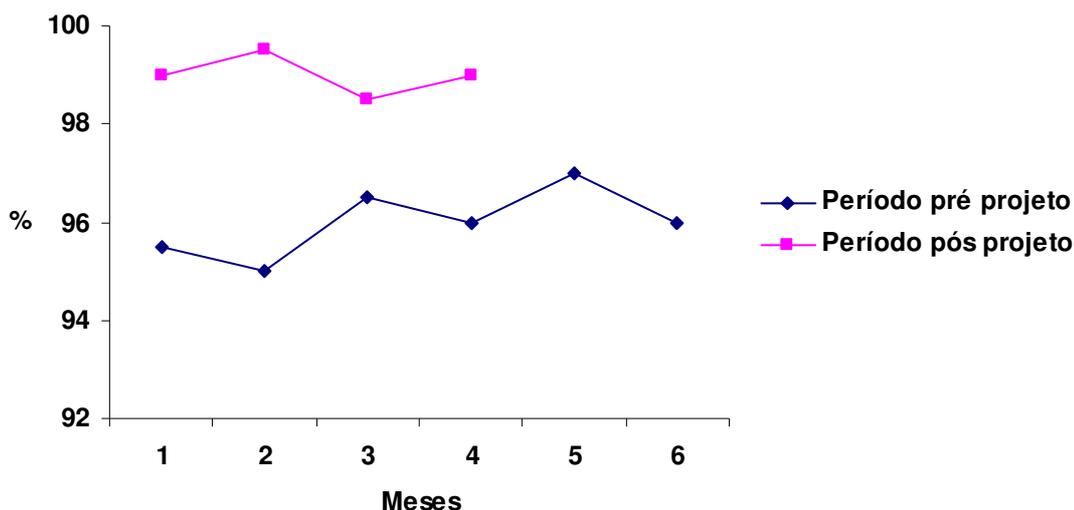


Figura 19: Índices de Disponibilidade

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da empresa

O índice de disponibilidade passou de 96% para 99%. Os motivos principais desse crescimento estão relacionados com o estudo dos relatórios dos principais motivos de paradas, através do qual conseguiram reduzir o tempo de manutenção corretiva, ajustes, regulagens e *setup* de equipamentos.

O ganho que se obteve em disponibilidade é que permitiu que programas de melhoria contínua fossem implantados, como as paradas programadas para manutenções preventivas e adequações em equipamentos.

5.2.2. PERFORMANCE

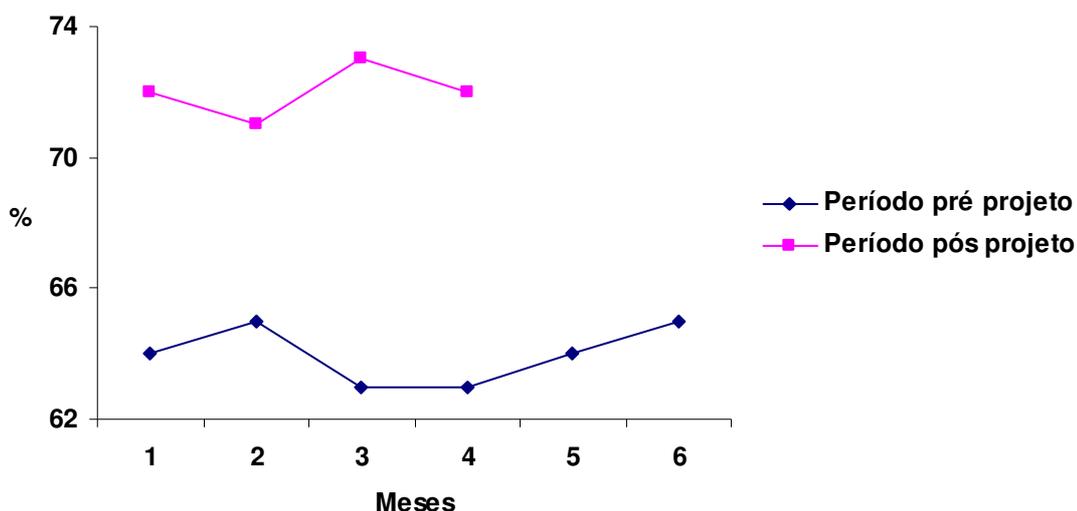


Figura 20: Índices de Performance

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da empresa

Como é possível observar no gráfico, o índice de performance passou de uma média de 64% para 72% devido principalmente a análise dos dados relacionados a pequenas paradas e quedas de velocidade, que eram os principais motivos que impactavam esse indicador. Correção e otimização de parâmetros de controle de equipamentos nos auxiliaram na elevação desse índice tornando a unidade fabril 12.5% mais produtiva nos quatro primeiros meses em relação à média de produção dos seis meses anteriores.

5.2.3 QUALIDADE

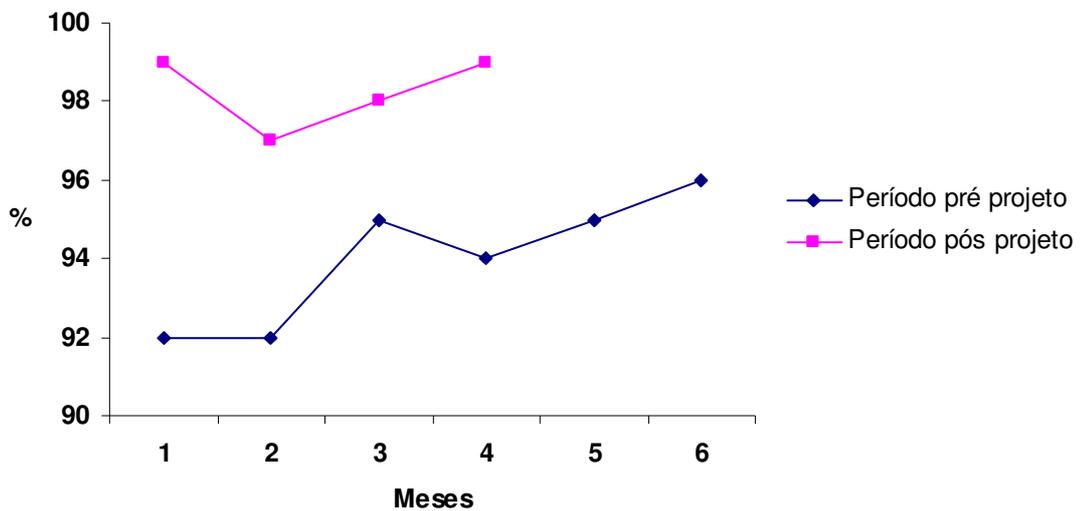


Figura 21: Índices de Qualidade

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da empresa

O índice de qualidade passou de 94% para 98,5%. O ganho de 4,5 pontos percentuais nesse indicador ocorreu principalmente devido às atividades de melhoria contínua que foram implantadas nos pontos que mais geravam retrabalho nas linhas. Isso impactou diretamente na área financeira da empresa, pois reduziram os muitos retrabalhos que eram executados por empresas terceiras e ocasionavam um custo elevado. Com o avanço desse indicador, atingimos também outra meta da empresa que é o aumento da satisfação do cliente final.

5.2.4 INDÍCES DE OEE

Com base nos dados dos índices monitorados, o OEE encontra-se na média de 70,1%. Segundo Nakajima, indicadores aceitáveis de OEE devem estar entre 80% e 85%, e as metas para os índices que compõem o cálculo devem ser maiores que 90% para índices de disponibilidade, maior que 95% para performance e maiores que 99% para qualidade.

A companhia trabalha com uma média de produção de cinco milhões de unidades ao mês e através da tabela abaixo conseguimos visualizar o crescimento da empresa nos quatro primeiros meses após a implantação do sistema.

Tabela 4: Crescimento da empresa

Mês	Produção (pré projeto)	Produção (pós projeto)	Crescimento	OEE
1	5.000.000	5.650.000	13%	71,50%
2	4.850.000	5.600.000	17%	72,40%
3	5.000.000	5.550.000	11%	68,10%
4	5.200.000	5.700.000	9%	68,70%
5	4.950.000	—	—	—
6	5.000.000	—	—	—
Média	5.000.000	5.625.000	12,50%	70,10%

Fonte: Elaborada pelo autor com base nos dados da empresa

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Concluem-se através desse estudo de caso realizado na área de manufatura dentro dessa indústria de produção de cosméticos que as empresas as quais possuam recursos tecnológicos, independentemente do ramo de atuação, em busca de excelência e diferenciais capazes de elevar seus indicadores produtivos, necessitam investir não só na capacitação de profissionais, mas também em tecnologia.

A implantação e a utilização do indicador de eficácia global do equipamento como forma de gestão e base para processos de melhoria contínua e a automação da coleta de dados de chão de fábrica, aliados a metodologia TPM, demonstraram uma influência positiva no resultado do desempenho da disponibilidade, performance e qualidade, provando ser a base para o crescimento dos indicadores produtivos.

O crescimento obtido até o momento não é fruto somente do sistema, mas também das ações estratégicas que foram tomadas em conjunto com outros setores da empresa no decorrer das análises efetuadas durante os principais problemas encontrados. Para que possamos continuar a elevar esses índices, é de fundamental importância o uso correto da ferramenta por parte dos operadores de linha aliados ao suporte dos gestores.

Deve se ressaltar que o índice de performance, embora tenha sofrido um crescimento muito bom nos quatro primeiros meses após a implantação do projeto, ainda é o fator que mais influencia no cálculo do OEE, merecendo desta maneira uma análise mais detalhada para possíveis estudos futuros.

Tentamos demonstrar nesse trabalho como a tecnologia e a automação da coleta de dados de chão de fábrica podem influenciar em indicadores produtivos quando se tem o controle dos recursos disponíveis. Os índices obtidos até o momento comprovam a necessidade da constante busca por melhores resultados dentro de um processo produtivo e o crescimento e a evolução da informatização e dos sistemas de automação podem ser considerados fatores essenciais para esse crescimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

NÍVEA. **A História da Nívea**. Disponível em <<http://www.nivea.com.br>>. Acesso em 06 jun. 2009.

ALTELINO, José Luiz. **Análise de Indicadores de Manufatura: A Implementação do Indicador de Eficiência Global do Equipamento em uma Empresa Automobilística**. Taubaté, 2003. 78f Monografia (Especialização pelo Curso de Pós Graduação MBA em Gerência de Produção e Tecnologia) – Departamento de Economia, Ciências Contábeis, Administração e Secretariado da Universidade de Taubaté.

CABEAMENTO para Gigabit Ethernet. Disponível em: <<http://www.metrored.com.br>>. Acesso em: 25 set. 2009.

CASSIOLATO, César; TORRES B. H, Leandro; CAMARGO, Paulo R. **Associação PROFIBUS**. Descrição Técnica: julho 2006. Artigo em PDF.

CÉSPEDES, Juliana G. Eficiência de Produção: Um enfoque Bayesiano. Disponível em: <www.teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11134/tde-25032004-141721> .Acesso em: 25 Ago. 2009.

COELHO, Paulo Eustáquio. **Projetos de Redes Locais com cabeamento estruturado**. Belo Horizonte: Instituto Online, 2003

GELLERMAN, Saul W. **Motivação e Produtividade**. São Paulo: Melhoramentos, 1963.

HANSEN, R. C. **Overall Equipment Effectiveness: A Powerfull Production / Maintenance tool for Increased Profits**. New York: Industrial Press, 2002.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Sistemas de redes para controle e automação**. Rio de Janeiro: Book Express, 2000.

MENDONÇA, Diogo; FERREIRA, Fernando Santos; MORAES, Thyago Antônio. **Tecnologia Profibus**.

Disponível em: <www.ene.unb.br/~gaborges/disciplinas/ca/seminarios/2005.1/profibus.doc>. Acesso em 08 out. 2009. Artigo em DOC.

NAEGELI, Guilherme S.T. **Seminário de Confiabilidade de Projetos de E&P**. Disponível em: <www.abemi.com.br/seminario_prominp/AnaliseRAM_PROMINP2004.pps>. Acesso em: 13 ago. 2009.

NAKAJIMA, Seiichi. **Introdução ao TPM – Total Productive Maintenance**. Tradução Mário Nishimura. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

PROFIBUS. **Soluções Abertas para o Mundo da Automação**. Disponível em: <<http://www.profibus.com.br>>. Acesso em: 11 out 2009.

SEIXAS, F. Constantino. **Profibus Process Fielbus**. Departamento de Engenharia Eletrônica da Universidade Federal de Minas Gerais, 2001. Artigo em PDF.

SILVA, Adailton J. S. **As tecnologias da rede Wireless**. Disponível em: <<http://www.rnp.br/newsgen/9805/wireless.html>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

SMAR. **Automação Industrial**. Disponível em: <<http://www.smar.com/brasil2>>. Acesso em: 19 jul. 2009.

SOBRAL, Alex Eduardo Ribeiro; COSTA, Marcel Augusto; LIMA, René Ferreira. **Análise da evolução dos indicadores produtivos em função da aplicação de ações de enriquecimento de cargos**. 2005 41 f. Trabalho de conclusão de Curso do Curso de Engenharia de Produção da Faculdade Politécnica de Jundiaí.

SOUZA, José Carlos. **A Manutenção Produtiva Total na indústria extrativa mineral: a metodologia TPM como suporte de mudanças**. 2001. 137f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina. 2001.

STEVENSON, Willian J; FRANKEL, Roger. **Administração das operações de produção** 6ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 3.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

TAKAHASHI, Y. Osada, T. **Manutenção Produtiva Total**. São Paulo: IMAM SP, 1993.

VASCONCELLOS, Eduardo; HEMSLEY, James R. **Estrutura das organizações: estruturas tradicionais, estruturas para inovação, estrutura matricial**. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2002.

YIN, R. K. Estudo de Caso: **Planejamento e Métodos**. 2 ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.