

**FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS
CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA
CURSO DE MESTRADO EXECUTIVO**

**AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA NAS
INDÚSTRIAS BRASILEIRAS
UM ESTUDO EXPLORATÓRIO**

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO
PÚBLICA E DE EMPRESAS PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE

BRUNO SOUZA GOMES

Rio de Janeiro 2004

**FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS
ESCOLA BRASILEIRA DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA E DE EMPRESAS
CENTRO DE FORMAÇÃO ACADÊMICA E PESQUISA
CURSO DE MESTRADO EXECUTIVO**

*Automação e Robótica nas Indústrias Brasileiras
Um estudo exploratório*

Dissertação de Mestrado apresentada à
Escola Brasileira de Administração
Pública e de Empresas da Fundação
Getulio Vargas – EBAPE, como requisito
para obtenção do grau de Mestre em
Gestão Empresarial.

BRUNO SOUZA GOMES

PROFESSOR ORIENTADOR ACADÊMICO: PROF. DR. ALEXANDRE LINHARES

Rio de Janeiro, 2004

AGRADECIMENTOS

Muitas pessoas contribuíram para a realização deste trabalho, entre as quais, merecem o meu agradecimento especial:

Meu orientador Alexandre Linhares por ter me guiado durante o processo de aprendizado e de pesquisa e por ter se tornado um amigo durante nossa convivência;

Minha família que sempre me deu apoio e suporte desde o início do curso de Mestrado. Minha querida Júlia que se mostrou dedicada e compreensiva com as muitas horas dedicadas ao estudo e desenvolvimento deste trabalho.

Os entrevistados que se dispuseram a doar um pouco de seu tempo e de suas experiências para que eu pudesse realizar este trabalho e que com disposição fizeram relatos importantes;

SUMÁRIO

RESUMO	5
ABSTRACT	6
CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO	7
1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DO PROBLEMA	7
1.2 O PROBLEMA.....	7
1.3 OBJETIVOS.....	8
1.4 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	10
1.5 RELEVÂNCIA DO ESTUDO	10
CAPÍTULO 02 – REFERENCIAL TEÓRICO	12
2.1 REVOLUÇÃO INDUSTRIAL E ROBÓTICA.....	12
2.2 INFORMAÇÃO E INTEGRAÇÃO INDUSTRIAL, A TERCEIRA REVOLUÇÃO	22
2.3 CRESCIMENTO ECONÔMICO DA INDÚSTRIA DE ELETRO-ELETRÔNICOS NO BRASIL	28
CAPÍTULO 03 - UM ESTUDO NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS	32
3.1 METODOLOGIA DE PESQUISA.....	32
3.2 INTRODUÇÃO.....	36
3.3 A EVOLUÇÃO DA AUTOMAÇÃO E ROBÓTICA INDUSTRIAL.....	37
3.3.1 <i>Necessidades de Processo e Produto</i>	39
3.3.2 <i>Desafios Tecnológicos em Automação e Robótica</i>	41
3.3.3 <i>Processo de Capacitação Profissional</i>	46
3.3.4 <i>Manutenção Industrial de Sistemas Automatizados</i>	50
3.3.5 <i>Competitividade Industrial</i>	52
3.4 FUTURO TECNOLÓGICO DAS INDÚSTRIAS	55
3.4.1 <i>Investimentos em Tecnologia de Automação e Robótica industrial</i>	55
3.4.2 <i>Nacionalização Tecnológica</i>	57
3.4.3 <i>Diversidade tecnológica em ambientes industriais</i>	59
3.4.4 <i>Tendências Tecnológicas</i>	61
CAPÍTULO 04 – CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E FUTURAS PESQUISAS	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
ANEXO 01	75
ESTRUTURAÇÃO DA PESQUISA – QUESTIONÁRIO	75

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Robótica aplicada a indústria automobilística (Whitfield, 2002)	19
Figura 2 - Divisão dos tipos de redes industriais (Filho, 1998).....	24
Figura 3 - Pirâmide de Automação – Sistemas Integrados de Produção (Filho, 1998)..	25
Figura 4 - Participação nas Exportações 2001 – 2002 – 2003 (ABINEE)	30
Figura 5 - Participação nas Importações 2001 – 2002 – 2003 (ABINEE)	31
Figura 6 - Processo de Capacitação Profissional do SENAI-RJ 2002-2004	47

ÍNDICE DE QUADROS e TABELAS

Tabela 1 - Produtividade e Qualidade Industrial - 1730 – 1870 (Greenwood, 1999)	14
Tabela 2 - Produtividade e Preço de Produção - 1800 – 1870 (Greenwood, 1999)	15
Tabela 3 - Taxa de Importação e Exportação – Período 1996-2003 (ABINEE).....	29
Tabela 4 – Como está a empresa em termos de atualização tecnológica em automação e robótica?.....	41
Tabela 5 – Quais são os principais motivos para se investir em tecnologia de automação e robótica?.....	43
Tabela 6 – Quais são as vantagens e dificuldades da aplicação da Automação e Robótica?	45
Tabela 7 – Quais são os meios utilizados para capacitar a equipe nas tecnologias de automação e robótica?	49
Tabela 8 - Quais os meios utilizados pela empresa para realizar a manutenção industrial de seus sistemas automatizados?	51
Tabela 9 – A tecnologia de automação e robótica é uma tendência ou uma realidade no segmento de atuação da sua empresa?	53
Tabela 10 – A empresa é competitiva diante de mercados internacionais?	54
Tabela 11 – A tecnologia de automação e robótica é garantia de competitividade industrial?.....	55
Tabela 12 – A empresa pretende investir em tecnologia de automação e robótica industrial?.....	56
Tabela 13 - Nacionalização tecnológica, uma realidade ou tendência na sua empresa?	59
Tabela 14 - Quais são os principais vantagens e desvantagens da diversidade tecnológica em automação e robótica?	60
Tabela 15 - Quais são as tendências tecnológicas de automação e robótica nas indústrias?	64
Tabela 16 - Quais são os fatores de diferenciação das indústrias no futuro?	65

LISTA DE SÍMBOLOS, ABREVIATURAS E SIGLAS

ABINEE – Associação Brasileira da Indústria de Elétrica e Eletrônica
ALADI – Associação Latino-Americana de Integração
ANP – Agência Nacional do Petróleo
BPM – Boletim de Produção Mensal
CEPAL - Comissão Econômica para América Latina e Caribe
CENPES – Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo M. de Mello
CLP - Controladores Lógico Programáveis
COPPE – Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia
ETHERNET INDUSTRIAL – Protocolo de comunicação de dados
FIRJAN – Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro
PDAI – Plano Diretor de Automação Industrial
SAP – Marca registrada de um tipo de Sistema Integrado de Gestão
SENAI – Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
SISTEMA MES – *Manufacturing Executions Systems*
SISTEMA ERP – *Enterprise Resource Planning*
SISTEMA SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*
TCP/IP – *Transfer Control Protocol/ Internet Protocol*
REDE WIRELESS – Rede para comunicação sem fio.

RESUMO

A Automação e o processo de Robotização vêm, cada vez mais, se tornando pauta nas discussões de centenas de indústrias brasileiras, onde a tendência clara e identificada é a de investimentos expressivos na melhoria de processos e produtos, por intermédio dessas tecnologias; com foco, sempre que possível, na nacionalização de equipamentos. O presente trabalho tem como objetivo avaliar o modelo proposto por Paul Kennedy (1993) com relação à tendência de Automação e Robotização nas Indústrias Mundiais, analisando o estudo realizado diante de uma economia emergente como a brasileira. Para tanto, foram pesquisadas empresas no Brasil, em diferentes segmentos industriais, o estado da arte em termos de tecnologia de automação e robótica aplicada a processos industriais, e sugerido um modelo diferente do idealizado originalmente por Kennedy. A análise do autor se baseou no teorema que, na matemática discreta, chamamos de “*law of the excluded middle*”, ou seja, segundo Kennedy, o Brasil estaria vivendo hoje uma migração gradual das indústrias para os países ricos. O Brasil é um exemplo de país industrializado, de economia emergente, que investe intensamente em processos automatizados, mas que não é classificado dentro do grupo desses países ricos. Através da pesquisa realizada será apresentado um novo modelo, no qual países emergentes como o Brasil têm acesso à tecnologia de ponta em automação e robótica, aplicando a mesma em seus processos industriais.

ABSTRACT

The Automation and the process of Robotization come, each come more, becoming guideline in the quarrels of hundreds of Brazilian industries, where the clear and identified trend is investments in the improvement of processes and the products, for intermediary of these technologies; with focus, that always possible, in the equipment nationalization. The present work has as objective to argue the model considered for Paul Kennedy (1993) with relation to the trend of Automation and Robotics in the World-wide Industries, analyzing the study carried through ahead of an emergent economy as the Brazilian. For in such a way, companies in Brazil had been searched, in different industrial segments, the state of the art in terms of automation technology and applied robotics the industrial processes, and suggested a different model of the idealized one originally for Kennedy. The analysis of the author based on the theorem that, in the discrete mathematics, we call "*law of the excluded middle*", or either, according to Kennedy, Brazil would be living today a gradual migration of the industries for the rich countries. Brazil is an example of industrialized country, of emergent economy, that it intensely invests in automatized processes, but that it is not classified inside of the group of these rich countries. Through the carried through research a new model will be presented, in the which emergent countries as Brazil has access to the technology of tip in automation and robotics, applying the same one in its industrial processes.

CAPÍTULO 01 – INTRODUÇÃO

Coube, a este capítulo inicial, a tarefa de contextualizar o problema da pesquisa realizada, fazer a descrição do problema a ser abordado; bem como fazer a apresentação dos objetivos do trabalho e a delimitação do estudo.

1.1 Contextualização do Problema

Em um ambiente de incertezas sociais e econômicas onde hoje vivemos, a tecnologia vem se apresentando como ferramenta de flexibilidade da produção, competitividade nacional e internacional para diversas indústrias instaladas no território nacional. Diante disso, o “agir local” e o “pensar global” são mais do que um diferencial estratégico; torna-se uma necessidade imediata para sobrevivência em mercados cada vez mais flexíveis e inconstantes. A inserção das tecnologias de automação e robótica no chão de fábrica das empresas surge como agente facilitador em todo este cenário.

O presente trabalho visa a estudar a evolução da Automação e Robótica nas empresas brasileiras em cinco grandes segmentos industriais que se destacam mundialmente, seja por sua importância operacional ou financeira. São eles:

- Indústria automobilística;
- Indústria farmacêutica;
- Indústria de transformação;
- Indústria de bebidas;
- Indústria petroquímica.

1.2 O Problema

Como os parques industriais brasileiros estão em relação aos demais parques existentes no mundo em termos de tecnologia de automação e robótica industrial?

Para responder esta pergunta, o presente estudo faz uma análise empírica de cinco grandes segmentos industriais brasileiros, questionando a tecnologia instalada em seus processos produtivos, e inferindo a respeito da competitividade tecnológica brasileira.

1.3 Objetivos

A proposta deste trabalho é estudar a evolução da Automação e Robótica no Brasil nos últimos anos e comparar os resultados obtidos com o modelo sugerido por Paul Kennedy, no livro *Preparing for Twenty-First Century (1993)*, onde o autor avalia e sugere uma tendência de investimentos em automação e robotização das indústrias mundiais para os anos que se seguiram.

O modelo proposto por Kennedy sugere, com relação à automação industrial e robótica:

- (i) A migração gradual de indústrias para países ricos;
- (ii) A queda no valor do trabalho humano (já que, além da implosão da demanda por trabalho gerada pela automação, há uma explosão da força de trabalho mundial, na qual seriam necessários 40.000.000 de empregos por ano para sua absorção).

Apesar do baixo custo de mão de obra dos países do terceiro mundo, segundo Kennedy, as empresas multinacionais migrariam para países desenvolvidos, considerados de primeiro mundo, motivados por melhores condições de instalação e operação. Ainda segundo o autor, os países ricos teriam uma melhor infra-estrutura com relação aos sistemas de comunicação, sistemas de transporte, tais como rodovias, ferrovias e portos para distribuição da produção; diminuindo assim seus custos logísticos além da estrutura do sistema de utilidades (água e energia) capazes de proverem serviços adequados.

Fator diferencial também destacado é a melhor qualificação da mão-de-obra nos países ricos sendo técnicos e engenheiros de sistemas e manutenção, para instalar, operar e manter os sistemas automatizados instalados nas empresas robotizadas.

Quanto à segunda inferência do modelo de Kennedy, segundo o autor, em decorrência do investimento intenso em tecnologia de automação e robótica industrial, o mundo enfrentaria uma desvalorização da mão-de-obra, que seria substituída pela tecnologia de chão de fábrica. Analisaremos, neste estudo, apenas a primeira inferência de Kennedy.

Foram utilizados também dados técnicos, como embasamento teórico ao modelo de Kennedy, do relatório sobre “*Technological Divides*” desenvolvido pelo Clube de Roma em 2003 na Espanha. Segundo Pleuss (2003), os países subdesenvolvidos apresentam uma série de barreiras para adquirir e utilizar novas tecnologias existentes. Conforme o autor explica, muitas dificuldades existem para a otimização dos recursos tecnológicos existentes devido a pouca escolaridade, a falta de articulação governamental e infra-estrutura para a utilização desses novos recursos. Será demonstrado no presente estudo, que o Brasil, apesar de ser considerado um país subdesenvolvido e de terceiro mundo, vem apresentando bons resultados tecnológicos não se enquadrando nas afirmações dos dois autores.

Para isso, definimos como objetivo central:

Avaliar a evolução tecnológica existente nos parques industriais brasileiros, demonstrando que há um nível elevado de automação e robótica em indústrias de segmentos distintos.

Para atingir o objetivo central mencionado acima, foram definidos alguns objetivos intermediários:

A – Apresentar um “modelo nacional” que seja comparado com o “modelo mundial” proposto por Kennedy, analisando somente sua proposição (i):

B – Avaliar o processo de nacionalização tecnológica em Automação e Robótica no Brasil;

- C – Avaliar a competência tecnológica instalada nas empresas pesquisadas e;
- D – Inferir sobre o futuro tecnológico dos segmentos industriais pesquisados para os próximos anos.

1.4 Delimitação do Estudo

O estudo é centrado em grandes empresas, que utilizam automação e robótica em seus processos produtivos como ferramentas facilitadoras de produção. É possível considerar a automação e robótica como sendo segmentos horizontais de mercado que têm grande interação com todos demais segmentos verticais, tais como: indústria petroquímica, siderúrgica, farmacêutica, alimentícia, papel celulose, automobilística; dentre outras.

A automação e robótica são áreas meio e não fim de uma indústria; ou seja, as indústrias de uma maneira geral não produzem automação, mas utilizam-se da mesma para melhoria de qualidade e produtividade.

Apesar da abrangência do estudo, o mesmo apresenta algumas limitações, que são apresentadas abaixo:

1. O pequeno número de empresas e segmentos industriais pesquisados;
2. Indústrias situadas apenas em território nacional, não permitindo assim uma avaliação comparativa com outros países de economia emergente;
3. A rápida ruptura tecnológica (desatualização tecnológica) existente em automação e robótica, não permitindo inferir sobre um futuro tecnológico em longo prazo;
4. Trata-se de um estudo exploratório e, portanto, não podemos concluir a respeito do tema proposto, cabendo uma pesquisa mais aprofundada nos segmentos pesquisados.

1.5 Relevância do Estudo

O estudo se apresenta relevante principalmente sob três aspectos:

- Para o Brasil, este estudo será importante, uma vez que poderá fornecer uma avaliação relacionada à produtividade e competitividade tecnológica diante de

mercados cada vez mais integrados, no qual as exportações já representam grande parcela na geração de receita para as empresas instaladas em território nacional.

- Para o meio acadêmico torna-se um estudo diferencial, uma vez que, com base em um modelo anteriormente proposto por um autor reconhecido, acrescenta novos dados à literatura mundial, fazendo um estudo no mercado brasileiro e incentivando a construção do conhecimento tecnológico. Além disso, ainda há pouca bibliografia a respeito do assunto no Brasil, o que torna mais relevante o estudo realizado. Fora observado a existência de estudos pontuais a respeito de determinados segmentos, mas sempre avaliando o processo tecnológico como um todo.
- Para a área de tecnologia o estudo representa um avanço científico significativo na avaliação do desenvolvimento de tecnologias nacionais em automação e robótica, competitivas suficientes para serem implementadas nas indústrias brasileiras. Avalia também as principais tendências relativas à Automação e Robotização de processos de fabricação industrial brasileira servindo como norteador para diversas indústrias que investem ou pensam em investir na Automação e Robotização de seus parques.

Este trabalho está dividido em três partes. A primeira parte compõe o referencial teórico, apresentando uma breve introdução ao tema e a revisão da literatura disponível compondo. A segunda parte apresenta os resultados da pesquisa realizada em campo com seis empresas de grande porte que atuam em segmentos industriais de destaque no mercado nacional e internacional. Para finalizar, a terceira parte apresenta as conclusões do estudo realizado, buscando apresentar explicações referentes aos objetivos central e intermediário.

CAPÍTULO 02 – REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Revolução Industrial e Robótica

“They were rapid, regular, precise, tireless” (Kennedy, 1994)

A sociedade mundial viveu e vive até hoje grandes mudanças tecnológicas que vêm impactando, não somente no modo de produção de bens, mas também no modo de agir e viver da sociedade. Foram os chamados milagres tecnológicos (Greendwood, 1999) que afetaram desde a produção de algodão até a fabricação de automóveis, mudando assim o “pensar e agir industrial” existente.

Quem poderia vislumbrar, antes de 1760, que grandes máquinas iriam substituir o trabalho manual de inúmeros artesãos e se tornariam ferramentas fundamentais para garantia de produtividade e competitividade industrial? Durante longo período, de 1760 a 1830, as máquinas começaram a ocupar o chão das fábricas industriais, deslocando e até mesmo substituindo, postos de trabalho, provocando alterações em todo o processo produtivo industrial. Essas mudanças tecnológicas, segundo Crafts (1996), foram consideradas como o marco inicial para a chamada primeira Revolução Industrial.

“Durante a era industrial, o sucesso das empresas era determinado pela maneira como se aproveitavam dos benefícios das economias de escala e do escopo. A tecnologia era importante, porém as empresas bem sucedidas eram sempre aquelas que incorporavam as novas tecnologias aos ativos físicos que permitiam a produção em massa eficiente de produtos industrializados”. (Kaplan & Norton, 1997)

A Revolução Industrial impactou não somente o aspecto técnico, mas também o modo de produzir e consumir bens, explodindo uma grande revolução trabalhista e cultural. Segundo Signal (2001), três foram os principais motivos causadores do sucesso deste movimento tecnológico:

- Demanda crescente por bens;
- Inovação técnica-científica; e
- Formação de mão de obra adequada a operar máquinas industriais.

Começava, então, o que o mercado popularizou como sendo produção em série de bens (Mokyr, 1997); ou seja, grandes linhas de montagem com inúmeros trabalhadores distribuídos, que realizavam tarefas repetitivas e contínuas, turno após turno. Segundo Fox (2001), iniciava-se em Ford o conceito de automação da manufatura trazendo-se para o chão da fábrica a tecnologia de processo produtivo através das linhas de montagem.

A Revolução Industrial também foi caracterizada, segundo Greenwood (1999), por um período de aprendizado, onde muitos historiadores vislumbraram como uma época de contínua e gradual inovação técnica. Como toda inovação, a tecnologia implementada levava tempo e, segundo o autor, em média eram necessários muitos meses para operar corretamente, e mais alguns anos para realizar manutenção de forma adequada. Segundo Barret (1999), a Revolução Industrial pode ser considerada uma das mudanças mais significativas que a sociedade mundial enfrentou.

“The Industrial Revolution in Britain was not just the time of the "rise of the factory", it was the period in which the firm as a unit of production was born”.

"It was not the age of cotton, nor the age of steam, nor the age of iron-it was the age of progress". (Mokyr 1997)

Mas a Revolução Industrial não foi um marco de chegada para as indústrias. Ao contrário, foi somente um ponto de partida para muitas outras mudanças conceituais, técnicas, tecnológicas, científicas, mercadológicas e econômicas; que ainda viriam acontecer. Foi muito além, conforme Mokyr (1997), de uma era do algodão, do aço ou das máquinas feitas de ferro. Foi uma era de progresso e inovação técnica.

Inúmeros autores (Barret, 1999; Greenwood, 1999; Black, 2003; Poko, 2000) confirmam que os ganhos de produtividade se deram anos após a implementação das

máquinas no chão de fábrica; visto que, por se tratar de novas tecnologias nunca antes vivenciadas e trabalhadas, a mão-de-obra utilizada era o grande fator limitante no desenvolvimento industrial observado.

Conforme tabela 1, percebe-se que a produtividade cresce muito pouco nos primeiros trinta anos (1730 – 1760) de Revolução Industrial. Após 1760, ocorre um aumento significativo de produtividade, mas associado sempre a um aumento na ineficiência produtiva, ou seja, a qualidade do produto final ainda era muito baixa.

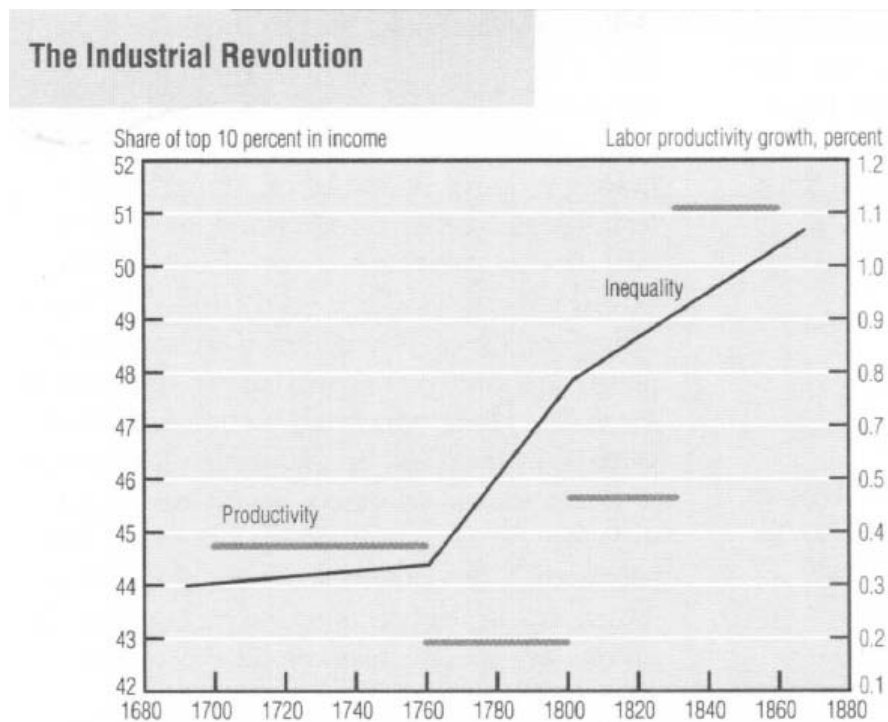


Tabela 1 - Produtividade e Qualidade Industrial - 1730 – 1870 (Greenwood, 1999)

Já na tabela 02, que representa o período de 1800 a 1870, podemos observar uma queda significativa, quase exponencial, no preço dos equipamentos, bem como um aumento significativo de produtividade associada ao aumento de capacitação e especialização dos trabalhadores industriais.

The American Antebellum Period

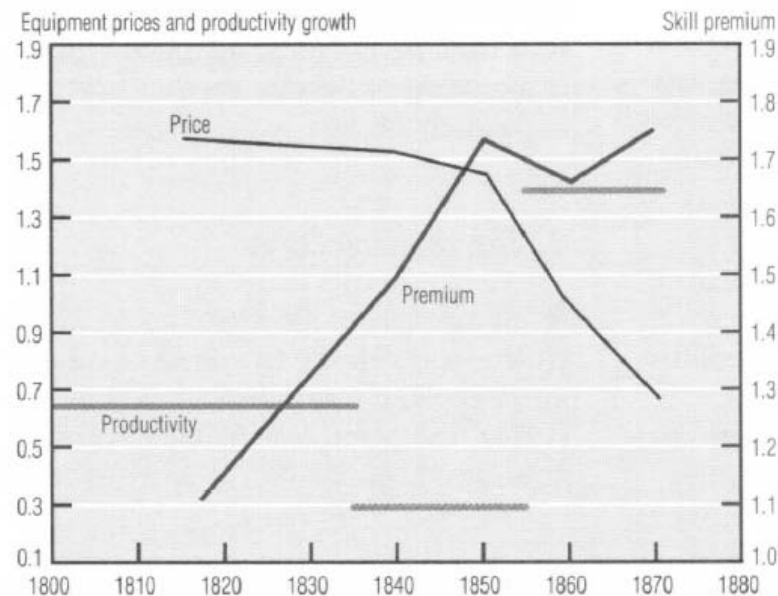


Tabela 2 - Produtividade e Preço de Produção - 1800 – 1870 (Greenwood, 1999)

“They were rapid, regular, precise, tireless...and much more than this”(Kennedy, 1993)

Conforme citação acima, a busca por rapidez, regularidade, precisão e continuidade de produção fizeram com que o investimento em tecnologia fosse uma das principais estratégias para o aumento de produtividade industrial. Mas todas as inovações tecnológicas ocorridas, no período de Revolução Industrial, tinham como fator chave de sucesso a presença humana. Esse paradigma também foi superado com a introdução de novas tecnologias capazes de realizar tarefas nunca antes imaginadas pelo homem. A implementação de robôs no ambiente industrial pelos japoneses revolucionou, pela segunda vez, o modo de produzir bens industriais.

“Recent developments in information and automation technologies, however, have made such human elements less important in production processes; the machines and robots that perform task previously performed by laborers need no motivation”. (Panos & Soong, 1987)

Segundo Panos & Soong (1987), desde o início dos anos 60, a economia japonesa apresentou um fenomenal aumento da taxa de produtividade industrial, comparada a outros países. Qual o motivo para esse salto tecnológico? O incremento produtivo da robotização dos processos de produção, tendo como consequência o aumento da receita.

Coates (1994) afirma que nenhuma outra tecnologia transformou e otimizou o poder de produção como a robotização industrial. Ainda segundo o autor, os robôs surgiram motivados por duas necessidades industriais:

- 1 – para trabalhar em ambientes perigosos para os trabalhadores; e
- 2 – para substituir trabalhadores em tarefas que exigissem força física.

“Using robots to reduce the stress of manual operation and relieve the human of onerous task is good not only for the operator but also for the quality of the product”. (Kochan, 2002)

Tsuchiya (1993) reforça ainda a idéia do uso dos robôs em ambientes hostis. Segundo o autor, as indústrias investem em tecnologia para que seus trabalhadores não sofram riscos operacionais. Weimer (1996) amplia o horizonte, dizendo que a força robótica nos permite uma integração em tempo real da força de produção.

O processo de robotização industrial fora estudado ao longo dos últimos 20 anos, e recebera muitos nomes distintos: revolução pós-industrial, “*technorevolution*”, revolução robótica, robotização industrial, etc. Segundo Levitan & Johnson (1987), o número de robôs na manufatura praticamente quadruplicou no período de 1979 e 1981.

Esse “*boom* tecnológico” fez com que a sociedade mundial vivesse grandes transformações, principalmente no que tange ao trabalho. Segundo Soong (1987), o processo de robotização fez com que diversas mudanças nas características de trabalho e nas competências técnicas fossem necessárias. Novos programas de treinamento e re-treinamento surgiram, fazendo com que o trabalho humano se redirecionasse a outras atividades.

“It is being introduced as a labor-saving process in order to enhance productivity and international competitiveness” (Soong, 1987).

A tecnologia continuava se configurando como ferramenta chave para o sucesso no processo produtivo industrial. A padronização, então, era finalmente alcançada. Robôs tinham condições de operar 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem exaustão, sem greves ou necessidade de incentivos financeiros (Applegate, 2002).

Applegate ainda destaca a questão da robotização industrial com a expressão *“lights-out manufacturing”*, ou seja, produções industriais no escuro, sem a necessidade de participação humana. Tsuchiya (1993) ressalva que, nesse momento, a efetiva relação custo-benefício tornava-se tangível como uma concepção chave para a produção industrial.

“Many companies have began to see that they can use their automated equipment as a competitive weapon”. (Chazin, 2000)

“The humans are off the floor, devising instructions for the machines and monitoring their work by computer. The machines? They work 24 hours a day, seven days a week. They don't get tired, they don't complain”. (Applegate, 2002)

Mas, a robótica industrial não influenciou apenas no aumento de qualidade, produtividade e padronização industrial. Segundo Cork (2003), a robótica industrial trouxe também novas oportunidades para o desenvolvimento de novos produtos, além de manter mercados existentes. Os avanços tecnológicos relacionados à robótica não pararam desde então, novos robôs com novas funções surgem a todo o momento facilitando e ampliando ainda mais o processo produtivo industrial.

Seja com a implementação de novos sistemas de visão mais precisos, seja através de sistemas de comunicação mais inteligentes, novos robôs estão sendo

instalados com sucesso no chão de fábrica mundial, permitindo às empresas ações estratégicas com cada vez menos riscos tecnológicos.

“The ability to bring more intelligence to the robot is giving us new strategic options”. (Teresko 2002)

O Brasil não ficou longe por muito tempo dos avanços tecnológicos vivenciados no mundo. Diante dos efeitos conhecidos da globalização, a abertura de mercado para tecnologias estrangeiras possibilitou ao Brasil a participação de um novo cenário mundial de competitividade e o presente momento tecnológico das indústrias brasileiras é propício à análise num contexto global.

Diversas indústrias aqui instaladas visam mercados além da fronteira brasileira. A tecnologia está cada vez mais presente nas indústrias brasileiras desde o chão de fábrica até os mais altos níveis organizacionais, configurando-se de maneira automática, promovendo a troca e análise do maior bem existente: o processo produtivo.

Aos poucos a cultura da robotização foi conquistando as empresas brasileiras. Seja pela queda dos preços dos equipamentos e instrumentos, seja pela necessidade de melhoria de qualidade e produtividade, mais e mais indústrias investem em seus parques ou até mesmo criam novos, ampliando assim seus mercados consumidores. Mais do que uma tendência, a robotização industrial no Brasil é hoje uma realidade que tende a crescer motivada principalmente pelo surgimento de inúmeras empresas de capital nacional, ou na maioria internacional, que encontram aqui terreno propício para a produção industrial.

Segundo Bulbow (2004) existem cerca de 4.000 robôs instalados em empresas no Brasil, conforme relatório recentemente apresentado pela Comissão Econômica da Organização das Nações Unidas em 2002. Neste mesmo ano, mais 420 robôs estavam sendo instalados. Um número inexpressivo se compararmos com os 350.000 existentes no Japão e os 105.000 existentes na Alemanha, mas que demonstra que o Brasil é um mercado potencial para a implementação de parques industriais robotizados.

“About 800.000 robots populate global manufacturing with almost half working in Japan. About 121.000 industrial robots work in the U.S (...)” (Teresko, 2002)

Segundo Weimer (2001), 90% dos robôs existentes no mundo está na indústria sendo que metade desta quantidade está presente no segmento automobilístico. Ainda segundo o autor, a presença humana nas indústrias está cada vez mais relacionada a trabalhos de supervisão de máquinas e robôs.

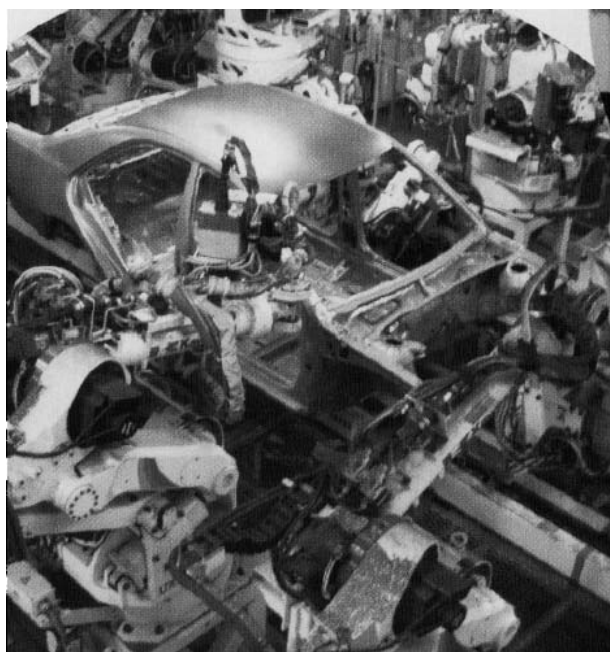


Figura 1 - Robótica aplicada a indústria automobilística (Whitfield, 2002)

O mercado brasileiro é considerado hoje o terceiro maior mercado emergente com um potencial altíssimo para a robotização e automação industrial (Bulbow, 2004). O presidente da Fanuc Robotic no Brasil, Jose Teixeira, relata (Bulbow, 2004) que o Brasil crescerá cerca de 80% nos próximos 2 anos no que tange a parque tecnológico instalado. Segundo a Fanuc, nos últimos oito anos, o preço médio de um robô diminuiu para ¼ do valor aplicado (em média um robô custava cerca de US\$ 100 mil).

“Several factors have made robots more attractive. Costs have dropped dramatically, programming is simpler, vision systems are less costly and complex”. (Aronson, 2004)

Dados recentes divulgados pela CEPAL demonstram que a indústria automobilística é, atualmente, o principal foco de atenção para investimentos estrangeiros diretos na América Latina. Brasil e México são os destaques, pois concentram a produção no setor. Seis das dez principais transnacionais instaladas na América Latina são do setor automobilístico.

Ainda segundo Bulbow, um grande exemplo desses investimentos é a fábrica da Volkswagen/Audi de São José dos Pinhais, no Paraná inaugurada em 1999 que teve, no total, investimentos de cerca de US\$ 1 bilhão. Todos esses investimentos fizeram com que, em menos de cinco anos, a fábrica atingisse a quantia recorde de 400 mil veículos produzidos. Um detalhe importante é que mais da metade da produção foi exportada.

Com uma capacidade de produzir 550 carros por dia a fábrica apresenta um *layout* pioneiro no mundo, onde as áreas de produção convergem para o centro de comunicação, um prédio triangular onde estão concentrados os escritórios. O objetivo desta convergência é a integração total dos setores de produção, tornando assim o fluxo de informação rápido e preciso.

“A good contemporary example of a highly automated manufacturing plant is Jaguar’s X-Type production. 163 operators work alongside 236 robots to manufacture up to 45 cars an hour”. (Lock 2002)

Aproximadamente metade da produção da montadora foi exportada para todo continente americano. Em 2003, a fábrica venceu uma concorrência mundial para exportar peças de reposição do Golf para países como Estados Unidos, China além de países europeus. Dados como estes demonstram toda potencialidade de uma fábrica instalada há cinco anos em território nacional, com equipe de trabalho local e tecnologia mundial de automação e robótica competindo com indústrias já instaladas em mercados desenvolvidos.

Mas a Volkswagen não é o único exemplo no segmento automobilístico, o Complexo Industrial da Ford Nordeste utiliza duzentos e sessenta e cinco robôs para garantir o máximo de qualidade e precisão na linha de montagem. Toda a comunicação de dados entre os controladores e o sistema de supervisão remota é via rede Ethernet, gerando com isso confiabilidade, precisão e uma total integração na informação. (Bulbow 2004)

Além disso, existe um complexo sistema de segurança industrial totalmente automatizado para garantir a integridade dos funcionários e a qualidade no processo. Todas as células de produção trabalham em redundância, ou seja, caso algum equipamento ou instrumento apresente algum defeito, existe um equipamento cópia que assume o processo do ponto em diante. A fábrica possui ainda “*scheduling* automático” na linha e utiliza um sistema próprio onde o software permite à automação corporativa trocar informações com o chão de fábrica.

2.2 Informação e Integração Industrial, a terceira Revolução

“Most manufactures today are making a lot more goods with a lot fewer workers. One big reason is automation. Expect this to continue as technology and software find still more applications not only on the plant floor but in factory management and the corporate office as well” (Betholomew, 2003).

Não foi somente na robótica industrial que o mundo vivenciou avanços tecnológicos significativos. Novos sistemas de controle automático surgiram ao longo dos últimos vinte anos trazendo ao chão de fábrica diversos dispositivos e equipamentos capazes de autoregular processos, gerenciar informações e responder, de maneira rápida, precisa e confiável a mudanças de variáveis exigidas durante a produção. Um detalhe importante nessa evolução, é que tais dispositivos e equipamentos diminuíram não somente de tamanho, mas também de preço devido a produção em escala e a avanços científicos em pesquisa.

A tecnologia, mais uma vez, destaca-se, da mesma maneira que durante a Revolução Industrial e Robótica – conhecidas também como primeira e segunda revolução industrial –, como ferramenta chave e fonte de recursos para o aumento de produtividade industrial. Segundo Bayne (1999) e Berkwitt (1996), as empresas vem desenvolvendo ao longo dos anos habilidades de gerir a tecnologia de automação e robótica como ferramentas estratégicas possibilitando a criação de valor e diferenciação na produção de bens industrializados.

Abetti (1989) destaca que a tecnologia, mais do que simplesmente um hardware ou um *software*, deve ser considerada como um conjunto de ferramentas, técnicas e conhecimentos que é derivada da ciência e da prática operacional e implementada em processos comuns a diversos segmentos industriais.

“Technology is one such resoucers that, like capital, can be developed or acquired, stolen or wasted, disposed of or applied to growth and profitability”.

“Technology: a body of knowledgem , tools, and techniques, derived from science and pratical experience, that is used in the development, design, production, and applicantion of products, processes, systems, and services”. (Abetti, 1989)

Diversos fabricantes de equipamentos e sistemas, centros de pesquisa aplicada, universidades e outros institutos de tecnologia focaram suas ações nos últimos cinco anos para um grande problema enfrentado pelas empresas: a integração de sistemas industriais. Mas quais são os motivos para esse esforço conjunto?

Num primeiro instante, parte desta motivação se deveu a fatores históricos. Vivenciamos nos últimos 20 anos de indústria uma total diversidade tecnológica no chão de fabrica. Centenas de fabricantes de hardware e software de automação vendendo sistemas fechados e proprietários. Quais eram as conseqüências imediatas dessa política tecnológica? Dependência tecnológica. A escolha por uma marca ou fabricante era quase como um caminho de mão única. O custo de mudança era absurdo e o de integração com outros sistemas inviável naquele momento. Qual saída para esse problema?

“We found that communications products are difficult and expensive to install, there is a lot of frustation in trying to get access to the righth data, and there are a lot of incompatible protocols in use which don’t talk to each other”. (Lock 2002)

“Saving space on the factory floor remains a key goal for most conveyor systems, particular in a newer lean or agile systems environment”.

Era necessário dotar os sistemas e instrumentos de inteligência e fazê-los se comunicar em rede (Filho, 1998). Ainda segundo Filho, até o início dos anos 90 os

sistemas de controle eram considerados ilhas de automação. Outro fator chave que alavancou essa mudança, segundo Waurzyniak (2004), foi a necessidade de otimizar os espaços utilizados no chão de fábrica que estão cada vez mais disputados. A partir dessas premissas, diversos foram os esforços em busca da integração industrial. Segundo Fox (2001), uma total automação significava a implementação de um completo sistema de integração da operação industrial. Este sistema deve compor desde o nível de chão de fábrica, sensores e atuadores, passando pelos dispositivos de rede até o controle de processo conforme destacado na figura abaixo.

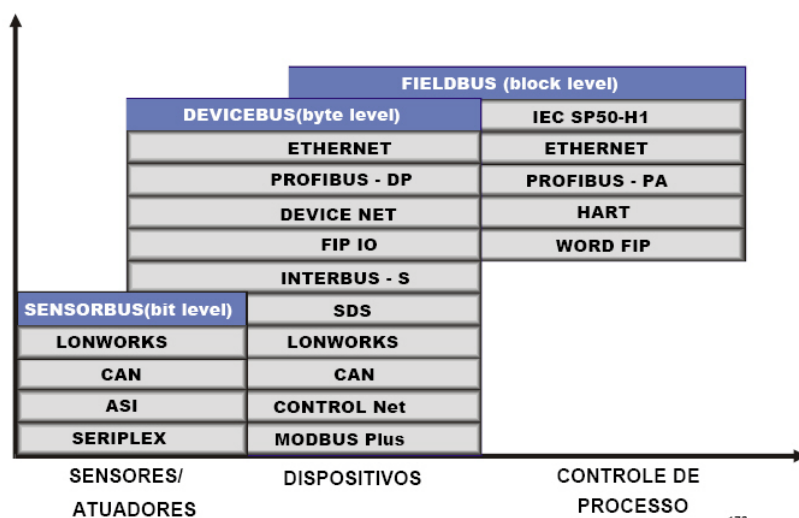


Figura 2 - Divisão dos tipos de redes industriais (Filho, 1998)

“Systems are becoming more efficient, more cost effective, and more open”.

“Integration is the key. Qualified system integrators now have the capability to integrate cross discipline components into one interoperable system”. (Bernstein, 2001).

Sem dúvida a preocupação com a integração industrial evoluiu muito desde então. Foram criadas associações técnicas normativas para discutir o tema e propor soluções padronizadas para a comunicação e troca de dados de equipamentos e sistemas para os mais variados fabricantes. Percebeu-se que, para manter e conquistar novos mercados, era necessário desenvolver produtos e soluções abertas e compatíveis com os padrões existentes no mercado industrial. Com isso, existem hoje, pelo menos uma

dezena de padrões e protocolos de comunicação abertos que possibilitam, até certo ponto, a integração industrial.

Num segundo instante, verificou-se que, mais importante do que possuir sistemas abertos que possibilitassem comunicação com outros sistemas de chão de fábrica era necessário implementar sistemas totalmente integrados desde o ambiente de produção até os sistemas de gestão corporativos (Filho, 1998). Sistemas inteligentes eram capazes de gerar informações de processo de maneira rápida, precisa e confiável e comunicá-las através de protocolos de rede, minimizando riscos e custos industriais. Hoje presenciamos a tecnologia, através da informação, como sendo mola mestra da diferenciação tecnológica das empresas. O último bloco da pirâmide tecnológica, através dos sistemas MES e ERPs, tornava possível uma total integração industrial ampliando assim o sistema de controle para um sistema de gerenciamento de recursos conforme figura 3.

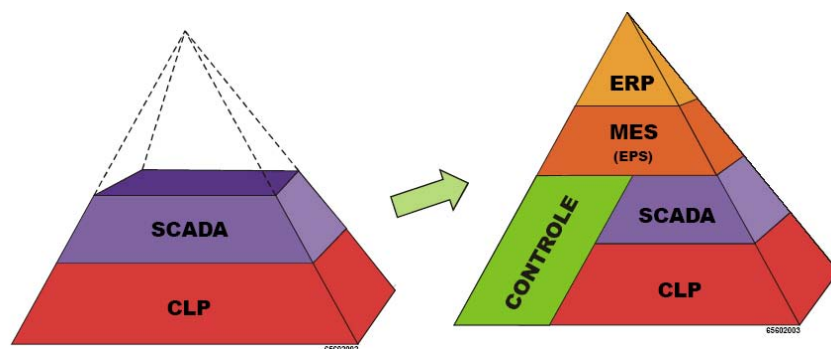


Figura 3 - Pirâmide de Automação – Sistemas Integrados de Produção (Filho, 1998)

“Clearly, communications networks are at the heart of advanced manufacturing, both in the context of getting processes to co-operate more closely within a plant, and scheduling overall plant activity”. (Lock, 2002)

Segundo Lock (2002), todos sistemas mecânicos e elétricos de equipamentos no futuro serão monitorados e mantidos via rede de comunicação, garantindo assim continuidade de processo e alta performance com foco na redução de consumo de

energia. Como prever a falha de um instrumento antes que ela aconteça? Parecia impossível até alguns anos atrás, mas hoje, através de sistemas inteligentes, é possível monitorar diversos instrumentos e verificar a probabilidade de ocorrer uma falha antes mesmo que ela aconteça.

Outras duas vantagens da implementação de sistemas integrados tecnologicamente são, segundo Bayne (1999), relacionados à proteção da qualidade do ar no ambiente de produção e maximização do conforto e produtividade dos empregados.

“A unified structure minimizes space, installation labor, and maintenance”. (Bayne 1999)

Então, estabelecendo duas premissas para a evolução dos sistemas integrados podemos considerar que fatores históricos e o presente momento fizeram com que a necessidade de integração dos ambientes tecnológicos de produção crescesse exponencialmente nos últimos anos. Mas até que ponto as empresas estão capacitadas para esse avanço tecnológico?

Segundo Mendes (1995), todas essas mudanças tecnológicas, ao mesmo tempo em que fazem com que o processo de trabalho se modifique, impulsionam novas formas de abordagem sobre a relação trabalho capital. A conjugação de inovações tecnológica e organizacional coloca novas exigências em termos de qualificação para o trabalhador. Partlett (2003) afirma que, instalar equipamentos e sistemas de alta tecnologia significa ter que ampliar a capacitação dos empregados e desenvolver neles habilidades diferentes das usuais.

“Agora os funcionários devem agregar valor pelo que sabem e pelas informações que podem fornecer. Investir, gerenciar e explorar o conhecimento de cada funcionário passou a ser fator crítico de sucesso para as empresas na era da informação”.

“No final do século XX, a automação e a produtividade reduziram o percentual de funcionários que desempenham funções de trabalho tradicionais, enquanto a demanda competitiva aumentou o número dos que desempenham funções analíticas: engenharia, marketing, gerenciamento e administração. Mesmo os indivíduos envolvidos diretamente na produção e na prestação de serviços são valorizados por suas sugestões sobre como melhorar a qualidade, reduzir custos e diminuir ciclos”. (Kaplan & Norton, 1997)

Capacidades estas que, através dos avanços tecnológicos da automação de sistemas, fazem com que a integração industrial seja não mais um sonho para muitas empresas, mas sim, um processo de evolução gradual entre três principais áreas: a técnica, a operacional e a estratégica. Segundo Seewald (2003) a maioria das grandes empresas já possuem sofisticados sistemas de controle de processos e algumas delas plataformas de gestão corporativas. Segundo o autor, será uma questão de tempo ocorrer a conexão dos dois sistemas num único integrado. Há 10 anos a informação era somente considerada essencial nos sistemas corporativos e era necessariamente ligada à área de negócio da empresa.

“The plant level has much more business-oriented information than it had 5-10 yrs ago, and the thrust now is how to get that information connected to the ERP system”. (Seewald 2003)

Enquanto os avanços tecnológicos na fabricação de equipamentos e instrumentos de medição e controle cada vez mais inteligentes aconteciam, diversos outros foram alcançados no desenvolvimento de softwares capazes de interagir, controlar e operar todo o hardware existente num ambiente de produção industrial. Segundo Mintchell (2003), os avanços no desenvolvimento de programas foram tão grandes que, com o passar dos anos, complexos ambientes de programação pouco amigáveis e dedicados foram sendo substituídos por telas de navegação gráficas de fácil configuração permitindo também operadores e não somente programadores controlarem e visualizarem todas as interconexões de rede.

“The entire network can be displayed and navigated on a single screen, eliminating complex paging structures. Everything needed by a device can be brouth up by a single click”. (Mintchell 2003)

2.3 Crescimento Econômico da Indústria de Eletro-Eletrônicos no Brasil

Para analisar a evolução da automação e robótica no Brasil, faz-se necessário avaliar a evolução econômica da indústria de eletro-eletrônicos nacional. Essa avaliação nos propiciará informações relacionadas à importação e exportação de equipamentos e sistemas de automação pelo Brasil. Logicamente esses dados, juntamente com a literatura pesquisada, nos fornecerão informações relevantes para o entendimento macro do cenário brasileiro.

Segundo dados da ABINEE, pesquisados no período de 1996 a 2003, percebe-se que o nível de importações é consideravelmente superior ao nível de exportações. Deve-se principalmente esse déficit na balança comercial ao baixo índice de nacionalização tecnológica existente em equipamentos e sistemas de automação industrial no Brasil. Paralelamente, o nível tecnológico dos equipamentos nacionais oferecidos ainda está, na maioria dos casos, distante das necessidades encontradas na maioria das indústrias do país e do mundo.

Com isso, ao analisar a tabela 3, que para cada dólar adquirido na exportação de equipamentos e sistemas nacionais de automação industrial, outros dezesseis eram gastos na importação de equipamentos e sistemas estrangeiros. Um déficit bem negativo para o Brasil se somente analisarmos esse mercado. Mas essa variação tem caído e em 2003 atingiu uma relação consideravelmente positiva de 1 para 9.

Essa evolução deveu-se principalmente aos avanços tecnológicos obtidos pelo Brasil no desenvolvimento de equipamentos e sistemas de automação industrial competitivos e eficientes e a uma política de exportação favorável.

Automação Industrial (em milhões de dólares)			
	Exportações	Importações	Variação
1996	53,8	870,9	(817,1)
1997	68,9	900,7	(831,8)
1998	75,7	948,3	(872,6)
1999	69,6	792,4	(722,8)
2000	62,3	784,0	(721,7)
2001	73,1	945,0	(871,9)
2002	66,7	776,1	(709,4)
2003	76,5	707,6	(631,1)

Tabela 3 - Taxa de Importação e Exportação – Período 1996-2003 (ABINEE)

Fazendo um levantamento mais aprofundado nos principais mercados consumidores de equipamentos e sistemas eletro-eletrônicos, nos últimos três anos, pode-se perceber, conforme figura 4 abaixo, a participação representativa dos EUA como principal mercado consumidor de produtos nacionais. Num segundo lugar estão os países da ALADI, não considerando a Argentina, e em terceiro a própria Argentina, que apesar de pouco representativa em 2002, retomou em 2003 a participação se igualando à União Européia.

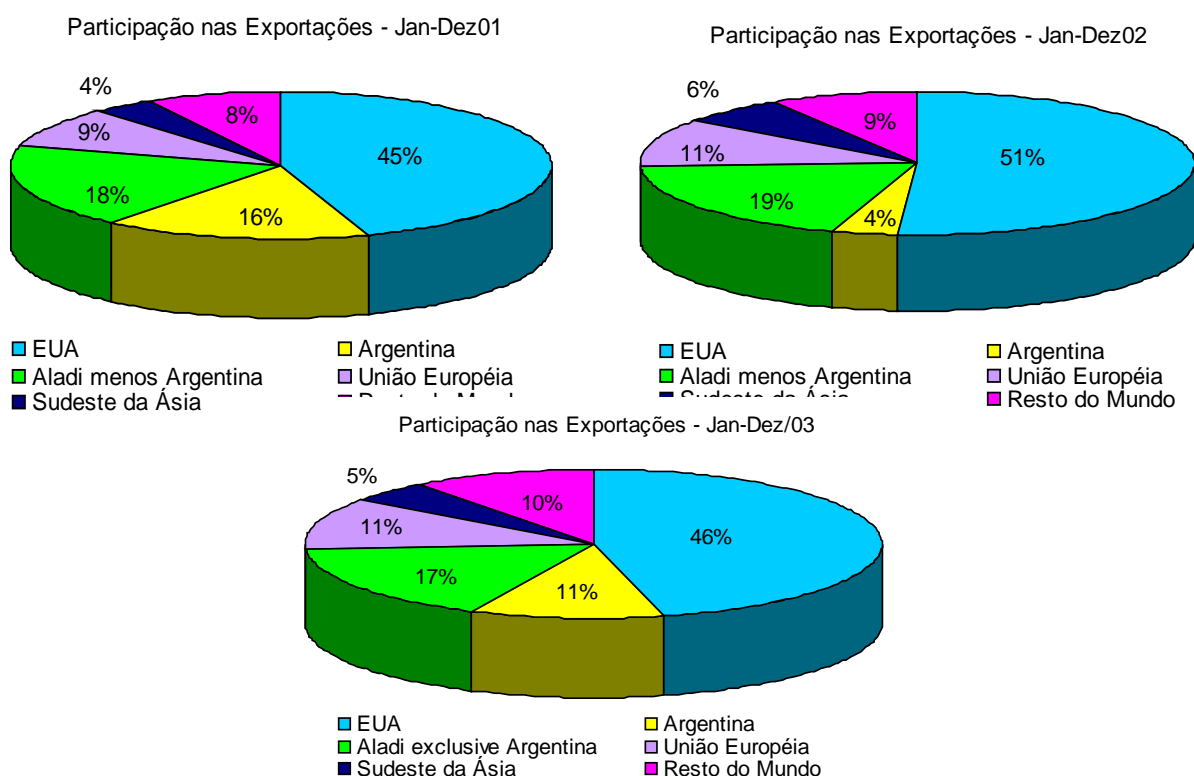


Figura 4 - Participação nas Exportações 2001 – 2002 – 2003 (ABINEE)

Realizando a mesma análise para as importações, percebe-se uma distribuição mais homogênea entre os mercados fornecedores de equipamentos eletro-eletrônicos. Destaque pode ser dado ao crescimento, nos últimos três anos, do Sudeste Asiático que conquistou, em 2003, mais de 40% dos gastos brasileiros. A participação dos EUA, apesar de decrescente, ainda representa parcela significativa que, juntamente com o Sudeste Asiático, atinge em 2003 mais de 70% de todos sistemas e equipamentos eletro-eletrônicos importados pelo Brasil. A participação da Argentina e da ALADI é praticamente inexpressiva. A União Européia da mesma forma que os EUA, vem diminuindo também a participação no Brasil, mas é um mercado fértil no que tange ao desenvolvimento e à inovação tecnológica em eletroeletrônica.

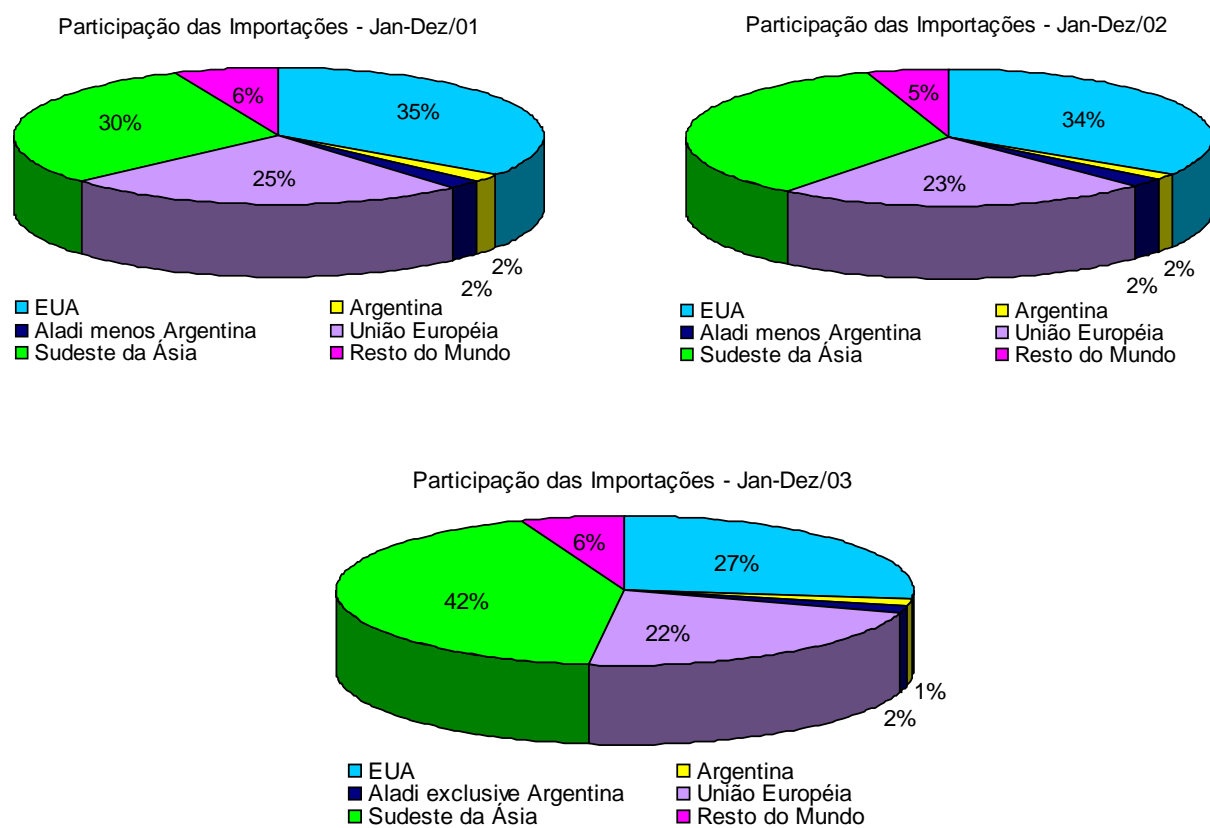


Figura 5 - Participação nas Importações 2001 – 2002 – 2003 (ABINEE)

CAPÍTULO 03 - UM ESTUDO NAS INDÚSTRIAS BRASILEIRAS

3.1 Metodologia de Pesquisa

O tipo de pesquisa escolhida para o presente estudo foi qualitativa. Segundo Malhotra (2002), este tipo de pesquisa tem como objetivo alcançar uma compreensão qualitativa das razões e motivações subjacentes. A amostra é de pequeno número de casos. A coleta de dados é do tipo não estruturada e a análise dos mesmos não estatística servindo sendo seu resultado para desenvolvimento inicial.

A abordagem implementada na pesquisa foi direta e projetiva, tendo os entrevistados ciência dos objetivos do projeto, empregando-se uma forma não estruturada e indireta de questionário onde o entrevistador incentiva os entrevistados a projetarem suas motivações, crenças, atitudes ou sensações subjacentes sobre o problema de estudo (Malhotra, 2002).

Para a elaboração deste estudo, tomou-se também por base o critério de classificação de pesquisa proposto por Vergara (1998), que a distingue quanto aos fins e quanto aos meios. Quanto aos fins, a pesquisa foi exploratória e explicativa. Exploratória, uma vez que não se verificou a existência de estudos que tenham como foco a tecnologia robótica e a automação dos processos nas indústrias brasileiras comparando os resultados com uma perspectiva anterior de outro autor. Explicativa, já que se objetiva aplicar o modelo proposto por Kennedy (1993) em uma economia emergente como a brasileira, analisando seus resultados.

Quanto aos meios, a pesquisa foi de campo, documental e bibliográfica. Foram coletados dados que retrataram a percepção e as expectativas de gestores industriais em relação à tecnologia existente em seus parques industriais e em seus segmentos industriais. O universo da pesquisa de campo foi restrito a algumas empresas que operam com tecnologia de ponta em automação e robótica.

Universo da Amostra

Para avaliar a evolução tecnológica das indústrias brasileiras em automação e robotização industrial faz-se necessário pesquisar em diferentes segmentos industriais, visto que a análise pontual de um determinado segmento poderia nos mostrar uma visão distorcida sobre a evolução das tecnologias nas indústrias como um todo, representando assim, uma realidade não generalizável a outros segmentos. Esse fato é comumente observado quando se avalia economias em desenvolvimento, como a do Brasil, que são orientadas, na maioria das vezes, por mercados externos.

Portanto, a avaliação de diferentes segmentos industriais tem o intuito de reduzir a possibilidade de ocorrência de extremos tecnológicos, ou seja, determinado segmento industrial que por apresentar problemas financeiros, políticos, tecnológicos ou outros diversos, demonstrar uma ausência tecnológica da automação e robotização no controle de processo. Com isso ter-se-ia uma visão distorcida da realidade brasileira. Em contrapartida poderiam existir outros segmentos que estariam recentemente despontando e por isso apresentariam tecnologia de ponta instalada.

Busca-se nessa pesquisa avaliar o país, tendo uma visão macro, mas não superficial, de como está nosso chão de fábrica e compará-lo a mercados internacionais através da percepção dos entrevistados. Para a seleção das empresas, optou-se, além da escolha de diferentes segmentos industriais, por empresas que apresentassem:

- Destaque no mercado nacional;
- Outras bases instaladas no Brasil e, se possível, no mundo; e
- Segmentos industriais que impactassem no desenvolvimento social, econômico e tecnológico no Brasil e no mundo.

Dentre os segmentos escolhidos para análise estão: Farmacêutico, Petroquímico, Bebidas, Automobilístico e de Transformação.

A amostragem da pesquisa de campo em relação às empresas selecionadas foi realizada com profissionais das áreas de engenharia, produção e manutenção industrial, sem estratificação de sexo, idade, grau de instrução ou renda familiar uma vez que não

importava nos resultados previstos. Foram entrevistados seis profissionais de seis empresas de diferentes segmentos industriais relevantes no Brasil.

As empresas e segmentos industriais que participaram da pesquisa foram:

ROCHE – Indústria Farmacêutica

FCC – Indústria de Transformação

BELGO – Indústria de Transformação

PETROBRAS – Indústria Petroquímica

REFINARIA DE MANGUINHOS – Indústria Petroquímica

KAISER – Indústria de Bebidas

Os entrevistados não foram identificados, visto que não é objeto desta pesquisa. Da mesma forma, não serão detalhados a área de atuação de cada empresa entrevistada nem os produtos comercializados, pois se parte da premissa que as mesmas são empresas de referência em seus segmentos e possuem grande destaque em seus mercados. O objeto de estudo focaliza-se na avaliação do segmento industrial e na relação com a temática em si. Outras empresas não responderam diretamente ao questionário proposto, mas através de artigos publicados em revistas especializadas em Automação e Robótica contribuíram com informações relevantes ao tema proposto e serão citadas durante as respostas.

Coleta dos dados

Os dados utilizados pela pesquisa de campo foram obtidos por meio de entrevistas presenciais e não-presenciais. No Anexo I pode ser observado o formulário referencial utilizado nestas entrevistas.

O método utilizado para a realização da pesquisa de campo foi limitado pela seleção das indústrias, tendo em vista a impossibilidade de se abranger à totalidade das indústrias brasileiras. No entanto, vale ressaltar que os instrumentos de pesquisa utilizados foram pré-testados, objetivando assegurar a validade e a fidedignidade dos resultados.

A pesquisa documental foi realizada nos anuários da ABINEE de 1986 – 2003, sendo um fator limitante, visto que foi a única fonte de consulta existente no estudo.

Tratamento dos Dados

Realizou-se a pesquisa em dois momentos:

- Análise da base instalada e aspectos tecnológicos direcionados à competitividade industrial das empresas, relacionando as tecnologias existentes em automação e robótica.

Essa análise busca entender como a Automação e Robótica evoluíram nos últimos anos dentro dessas empresas e de que maneira contribuíram nos processos existentes. Para isso, dividiu-se esse primeiro momento em cinco focos interligados que possibilitam a análise da realidade tecnológica das empresas observadas. São eles:

- a. Necessidades de Processo e Produto.
 - b. Desafios Tecnológicos em Automação e Robótica.
 - c. Processo de Capacitação Profissional.
 - d. Manutenção Industrial de Sistemas Automatizados.
 - e. Competitividade Industrial
- Análise das tendências tecnológicas do mercado industrial brasileiro em automação e robótica.

Objetiva-se assim avaliar, com base em depoimentos de profissionais especialistas em Automação e Robótica, quais são os próximos passos tecnológicos que o Brasil terá nos próximos anos e até que ponto, em âmbito nacional, está preparado para acompanhar esse desenvolvimento técnico. Para isso, dividiu-se esse segundo momento em quatro focos interligados, possibilitando a inferência sobre o futuro tecnológico do mercado brasileiro em automação e robótica. São eles:

1. Investimentos em tecnologia de automação e robótica industrial.
2. Nacionalização tecnológica.

3. Diversidade tecnológica em ambientes industriais.
4. Tendências tecnológicas.

3.2 Introdução

Diante de uma premissa mundial de que é preciso investir no desenvolvimento e implementação de sistemas automatizados, desde novas tecnologias de processos até a tecnologias relacionadas a sistemas de gestão integrados, o Brasil trabalha em passos largos para um novo grande rumo industrial: a automação e robotização dos processos produtivos. É válido destacar que a tecnologia no Brasil sempre foi traduzida como ferramenta de redução de empregos e de alto custo de investimento.

Ao longo dos últimos anos, esse e outros paradigmas foram quebrados e novos conceitos foram estabelecidos a respeito do tema. Novos empregos surgiram com o advento da automação realizando não a retirada de postos de trabalho, mas um redirecionamento estratégico dos mesmos para atividades de maior valor agregado e de melhor remuneração.

É fato que existiu uma migração forçada de mão-de-obra com o advento da robotização do parque industrial mundial, e inclusive o nacional, para a prestação de serviços em geral. Como decorrência de um crescimento desproporcional da indústria, alinhada a altos investimentos em equipamentos, um elevado índice de desemprego foi estabelecido. Em paralelo a este cenário, houve no mundo uma necessidade crescente de capacitação profissional para projetar, operar e realizar manutenção em um parque cada vez mais automatizado.

Transmissores eletrônicos, válvulas inteligentes, redes de comunicação, controladores programáveis, enfim, todas essas novas tecnologias implementadas para processos industriais surgiram com o objetivo de facilitar o acesso, a um custo mais baixo, dos equipamentos antes distantes do chão de fábrica brasileiro. Houve também um processo embrionário de nacionalização tecnológica que até o presente tempo perdura. Mais do que quebrar esses dois paradigmas – alto investimento e diminuição de empregos – a necessidade de ser competitivo no mercado mundial fez com que o

Brasil fosse alavancado, e ao mesmo tempo atropelado, por esse novo mundo de máquinas, equipamentos, instrumentos de medição, robôs e, principalmente, informação desde o chão de fábrica industrial até o nível corporativo da empresa.

3.3 A evolução da automação e robótica industrial

Conforme introduzimos o tema, novas tecnologias surgem a todo o momento trazendo a evolução da ciência e da tecnologia ao chão de fábrica. Grandes investimentos são realizados tanto para modernização de parques industriais atuantes quanto para a instalação de outros: sejam em novos sistemas mecânicos, elétricos, de informação, ou na ampliação dos sistemas existentes tornando-os mais competitivos e eficientes.

“Recentemente a GOODYEAR oficializou seus planos de implantar uma nova unidade industrial no Brasil. Com investimento de R\$15 milhões, sendo R\$10 milhões em equipamentos, a planta deve ser construída em Santana do Parnaíba, em São Paulo. A expectativa é de que a unidade gere 150 empregos diretos”.

“Considerada a maior fabricante de Anidrido Ftálico da América Latina, a PETRON (Petroquímica Mogi das Cruzes) está investindo num grande projeto de expansão de sua capacidade produtiva. Ao final do projeto, que foi dividido em seis etapas e ainda está em andamento, a petroquímica terá capacidade de produção anual de cerca de 80 mil toneladas de Anidrido Ftálico, 90 mil toneladas de Plastificantes e 3.600 toneladas de Ácido Fumárico”.

“Durante esta safra, a Açúcar GUARANI, unidade Cruz Alta, investiu cerca de R\$102 milhões na ampliação da sua capacidade, passando a processar 4,2 milhões de toneladas de cana”.(Revista Controle & Instrumentação, 2004)

Cenários dos mais distintos são desenvolvidos oferecendo a partir daí possibilidades de análise de qual melhor solução aplicar e em que área atuar. Logicamente todo e qualquer investimento tem um prazo médio para retorno e otimização de produção e novos investimentos são previstos também para manutenção e expansão de sistemas de controle de produção. Todos os recursos disponibilizados têm como premissa básica a busca por melhoria no controle de algum equipamento, máquina ou processo, objetivando duas variáveis essenciais à sobrevivência de mercado: produtividade e qualidade.

“Realizando sua primeira safra este ano, a Usina Vertente de Açúcar e Alcool, localizada em Guaraci (SP), implementou um sistema completo de automação, fornecido pela SMAR, que garante altos índices de eficiência e rendimento em todas as etapas de processo de produção de açúcar e álcool. Optamos por instalar em todos os pontos estratégicos da usina, sistemas de automação e controle capacitados a garantir sua melhor performance e eficiência aliada à confiabilidade e segurança”.
(Revista Controle & Instrumentação, 2004)

Ao longo dos anos, diversos dispositivos de controle foram criados para facilitar os sistemas de produção garantindo a repetibilidade, segurança e otimização de matéria prima. Sistemas mecânicos foram substituídos por sistemas pneumáticos, que deram seqüência a sistemas eletrônicos que atualmente verificamos instalados nas maiores empresas do mundo.

Diversos são os fabricantes de equipamentos, softwares que permitem as empresas melhorarem, adaptarem e reinventarem seus produtos garantindo assim diferenciais competitivos. A inovação do produto está geralmente associada a uma diferenciação tecnológica de processo ou produção.

3.3.1 Necessidades de Processo e Produto

Se por um lado os sistemas manuais não apresentam controle complexo facilitando assim, em alguns casos, o gerenciamento do ativo, por outro lado sistemas automatizados permitem diagnósticos mais precisos e rápidos. Muitos são os casos de sistemas híbridos, ou seja, nova e antiga tecnologia atuando em conjunto no processo industrial. Isso geralmente ocorre quando analisamos parques instalados há mais de vinte anos.

1 – Questionou-se as empresas da amostra como estavam, em termos de atualização tecnológica, em robótica e automação industrial, seus parques de produção industrial.

Objetivou-se com isso identificar os “gaps” tecnológicos e o nível de atualização tecnológica existente nos diferentes segmentos analisados.

Segundo a **FCC**, que atua no segmento de transformação, a planta instalada no Rio de Janeiro possui a maioria dos equipamentos mecânicos da época da partida, em 1987. Já os equipamentos relacionados à instrumentação e controle de processos encontram-se sempre atualizados com o mercado.

Tal fato corrobora para a prática comum das empresas com relação à durabilidade tecnológica dos sistemas instrumentados existentes. O período de atualização e melhoria técnica da tecnologia de automação e robótica industrial é cada vez menor fazendo com que a reposição dos mesmos aconteça num espaço de tempo cada vez menor. Alinhado a esse fato existe também uma redução no custo da tecnologia ao longo dos últimos dez anos.

A empresa **ROCHE**, que atua no segmento farmacêutico, busca a atualização tecnológica de seu parque industrial. A empresa possui plano de modernização para a área de Automação e à medida que os projetos são aprovados pela diretoria, novos investimentos são feitos na atualização dos sistemas de controle de processos. A **ROCHE** sinalizou que, com a modernização das plantas, busca-se a melhoria dos

processos de produção para a fabricação de novos produtos. Muitos desses produtos tem vida útil curta e necessitam de substituição freqüente.

A empresa **BELGO**, do segmento de transformação, informou que toda a planta foi modernizada desde 1995, não restando controles manuais. Foram sete anos de mudanças tecnológicas que tornaram os controles e supervisão da produção automáticos.

A pouca durabilidade – relacionada à vida útil no mercado – de um produto é um desafio constante enfrentado por muitas empresas que necessitam aplicar tecnologia em seus processos de produção. Devido à competitividade de mercado, a inovação em produtos é constantemente demandada. Para acompanhar essa inovação são necessárias geralmente alterações no processo de produção. O uso da tecnologia nesse aspecto é fator diferencial.

Segundo a **KAISER**, fabricante de bebidas, a atualização dos sistemas ocorre gradativamente, à medida que o equipamento vai se obsoletando. Percebe-se que grandes empresas possuem o chamado *PDAI* que determina as malhas de controle, a evolução e modernização dos sistemas industriais alinhado com as diretrizes estratégicas da organização visando à implementação de sistemas produtivos cada vez mais otimizados.

Mais uma vez percebe-se uma natural migração dos sistemas de controle antigos para sistemas de controle com maiores recursos que possibilitam a visualização local e remota das variáveis de processo.

A maior empresa de exploração de petróleo do Brasil e uma das maiores do mundo, a **PETROBRAS**, também investe constantemente na atualização de suas plantas para melhoria dos processos e produtos. Segundo a **PETROBRAS**, a empresa verificou a necessidade de modernização dos sistemas de instrumentação e automação através da substituição dos controles pneumáticos por eletrônicos. Além disso, investimentos foram realizados na substituição dos painéis a relés por CLPs.

A empresa passa ainda por um processo de substituição tecnológica para implementar novas tecnologias nos CLPs antigos de fabricação de sistemas que foram instalados de 1987 a 1992.

Empresa	Resposta
ROCHE	Sistemas novos e antigos coexistem
BELGO	Sistemas recentemente modernizados
FCC	Sistemas novos e antigos coexistem
PETROBRAS	Sistemas novos e antigos coexistem
KAISER	Sistemas novos e antigos coexistem
REFINARIA DE MANGUINHOS	Sistemas novos e antigos coexistem

Tabela 4 – Como está a empresa em termos de atualização tecnológica em automação e robótica?

3.3.2 Desafios Tecnológicos em Automação e Robótica

Sempre se buscou verificar as razões pelas quais as empresas investem em automação e robotização de processos. Até que ponto é vantajoso o investimento em tecnologia? Em quanto tempo esse investimento se recupera? Onde investir? Esses são alguns dos muitos questionamentos que centenas de empresas fazem quando pensam em Automação de Robotização de Processos Industriais.

2 – Questionou-se às empresas qual a motivação para investir em tecnologia de automação e robótica. Qual o objetivo com o investimento? De que maneira as empresas medem as vantagens provindas dos sistemas implementados?

Objetivou-se com isso identificar e estruturar quais são as principais vantagens relacionadas às novas tecnologias existentes, em automação e robótica, nos diferentes segmentos analisados.

Segundo a **ROCHE**, o planejamento tecnológico é a chave para o sucesso de muitos projetos, visto que busca alinhar as necessidades presentes com dados e históricos reais de produção com uma expectativa de crescimento futuro.

A permanente busca por respostas está alinhada também à necessidade de justificar os montantes gastos com a aquisição de tecnologia de ponta. As variáveis envolvidas são diversas e devem ser estudadas caso a caso. Muitas empresas ao longo dos últimos anos vêm investindo pesado em tecnologia com o objetivo de redução de custos operacionais (redução de mão-de-obra no chão de fábrica, diminuição do número de paradas de manutenção e um aproveitamento maior da matéria prima).

Outra variável envolvida, segundo a **PETROBRAS**, está relacionada ao uso da tecnologia, à melhoria de processos, à maximização da segurança operacional e do trabalho. A preservação ambiental também deve ser levada em consideração visto que aparece como recente preocupação de centenas de empresas. Até nesse ponto, o uso de processos e tecnologias antigas são fatores que influenciam diretamente na preservação ambiental por parte de alguns processos ou tratamento de rejeitos de produção.

O fato é que sempre que se pensou em automação e robotização se pensou em produtividade e competitividade industrial. A pesquisa apresentada sinaliza essa vertente de mercado, principalmente na atuação conjunta de fatores como: tecnologia, segurança, melhoria de processos e retorno operacional. Muitas empresas que continuam a atuar com seus parques industriais tecnologicamente defasados, ou seja, sem a modernização constante de equipamentos e processos têm apresentado curva decrescente de competitividade industrial bem como elevado crescimento dos custos de produção.

A segurança associada à preocupação de produtividade também foi destacada pela **BELGO** como principais motivos para o investimento em tecnologia de automação. Isso é facilmente explicado visto que utilizando tecnologias defasadas e plantas com idade superior a vinte anos, a tendência de ocorrerem paradas para realização de manutenção, peças de reposição de maior custo de compra e processos não integrados fazem com que esse aumento do custo operacional ocorra.

Essa avalanche tecnológica é percebida também através da qualidade de produção. Novas tecnologias de chão de fábrica conseguem reduzir ainda mais os desvios e erros de máquinas e equipamentos fazendo com que o mercado absorva esta qualidade e que a mesma reflita no aumento das vendas.

O mercado interno e, principalmente, o externo estão cada vez mais exigentes visto que, com o efeito direto da globalização e a queda de barreiras mundiais novos concorrentes se apresentam com produtos semelhantes a preços competitivos. Mas investir em tecnologia de automação e robótica é um bom negócio. Segundo a **FCC**, os investimentos realizados em automação nos últimos anos ajudaram a melhorar a qualidade industrial, diminuir custos de produção e ampliar a produtividade.

Empresa	Resposta
ROCHE	Retorno sobre o investimento, adequações tecnológicas de processo e mercado.
BELGO	Produtividade e Segurança
FCC	Mudanças de processos, melhoria de qualidade de produção.
PETROBRAS	Aumento de segurança e diminuição de custos operacionais.
KAISER	Viabilizar produção, qualidade do produto, segurança operacional e do trabalho.
REFINARIA DE MANGUINHOS	Aumento de produtividade, confiabilidade e redução dos custos com mão de obra.

Tabela 5 – Quais são os principais motivos para se investir em tecnologia de automação e robótica?

Apesar de muitas empresas analisarem a automação e robótica como ferramentas que auxiliam na melhoria de processos industriais, muitas são as dificuldades identificadas nas empresas. Mas afinal quais são os benefícios diretos e indiretos de se automatizar sistemas de produção? E quais são as dificuldades inerentes ao investimento?

3 – Questionou-se às empresas quais são as vantagens e as dificuldades relacionadas à implementação das tecnologias de automação e robótica industrial.

Buscou-se com isso identificar e estruturar quais são as principais vantagens e dificuldades relacionadas à automação e robotização industrial existentes nos diferentes segmentos analisados.

Segundo a **PETROBRAS**, a principal dificuldade é a quantificação dos benefícios advindos da Automação, ou seja, transformar os benefícios em números palpáveis para a diretoria da empresa além da complexidade dos sistemas atuais. Percebe-se com isso que a tecnologia de automação e robótica avançou surpreendentemente, muito mais do que a difusão técnica das vantagens dos produtos em si.

Novos equipamentos com novas e mais poderosas características surgem, mas o usuário final acaba não utilizando toda a potencialidade do equipamento. Muitas vezes pelo desconhecimento, acaba superdimensionando sua escolha.

Outra dificuldade encontrada é a necessidade constante de investimento em assistência técnica, capacitação profissional e peças sobressalentes. A utilização de peças sobressalentes (spare parts) é fato comum entre empresas de médio e grande porte visto que pela falta de um componente, cartão eletrônico, transmissor ou medidor o processo produtivo pode ficar comprometido. São fatores que, segundo a **FCC**, fazem com que se criem barreiras para o investimento. Ainda segundo a **FCC**, existe uma grande resistência da equipe de produção.

A **REFINARIA DE MANGUINHOS** apresentou o mesmo problema destacado pela **FCC**, ou seja, dificuldade da diretoria de quantificar os benefícios que a automação e robótica podem promover. A **BELGO** destaca ainda que a repetibilidade é a principal vantagem do investimento em automação, ou seja, a garantia de continuidade e produção constante com qualidade. Como principal dificuldade, a empresa sinalizou a criação de competências técnicas na equipe pela falta de treinamentos focados na necessidade de processo.

Mas, muitas são as facilidades e vantagens do investimento realizado em tecnologia de automação e robótica. Segundo a **ROCHE**, a principal vantagem é o resultado obtido.

“Quando a planta está instalada você abre a tela de um sistema de supervisão que a controla e tem acesso a todas as

informações de processo, do que foi produzido, como foi produzido, além de ter o controle das variáveis de processo. Você tem uma visão real de como o sistema automatizado é vantajoso” (ROCHE).

A redução de acidentes é também uma grande vantagem que se contabiliza com sistemas automatizados. Em algumas empresas como a **KAISER**, fabricante de bebidas, a cultura de automação já foi criada e com isso a visão de automação em suas vantagens torna a percepção do investimento mais tangível aos setores relacionados (produção, manutenção e operação), facilitando assim qualquer projeto novo nas suas fases de desenvolvimento, implementação, operação e manutenção.

A tabela 6 resume as principais facilidades e dificuldades identificadas da tecnologia de automação e robótica.

Empresa	Facilidades	Dificuldades
ROCHE	Resultados satisfatórios obtidos justificam o investimento.	---
BELGO	Repetibilidade e confiabilidade de processo.	Falta de Competências Técnicas para operar os sistemas
FCC	----	Investimento em <i>spare parts</i> Resistência da equipe em relação à tecnologia Quantificação dos benefícios provindos da automação para a Diretoria.
PETROBRAS	-----	Quantificação dos benefícios provindos da automação para a Diretoria. Constante investimento em assistência técnica. Investimento em <i>spare parts</i> Falta de Competências Técnicas para operar os sistemas
KAISER	Criação de uma cultura de automação. Redução do número de acidentes	
REFINARIA DE MANGUINHOS	----	Quantificação dos benefícios provindos da automação para a Diretoria.

Tabela 6 – Quais são as vantagens e dificuldades da aplicação da Automação e Robótica?

3.3.3 Processo de Capacitação Profissional

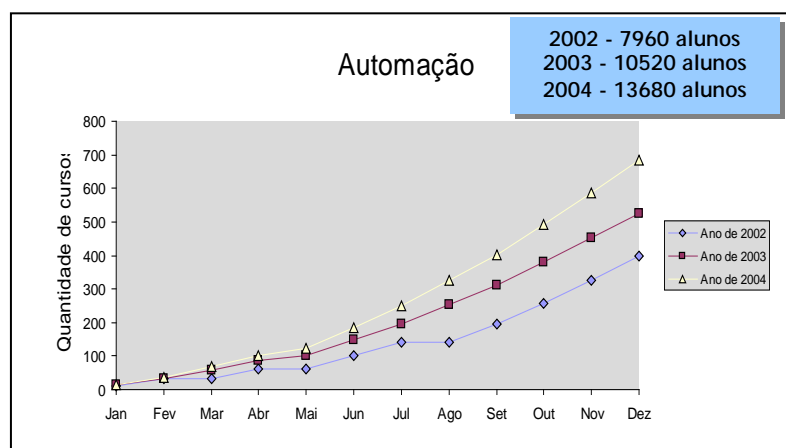
Para estudarmos a evolução da automação e robótica no Brasil é necessário também acompanhar não somente os investimentos realizados na aquisição de novas máquinas, equipamentos, sistemas ou modernizações de processos industriais. É importante traçarmos um paralelo sobre a evolução do processo de capacitação tecnológica em automação e robótica industrial no Brasil. Novas tecnologias requerem profissionais capacitados a dimensionar, especificar, instalar e realizar manutenção em instrumentos e sistemas cada vez mais flexíveis.

4 – Questionou-se às empresas quais os meios utilizados para capacitar suas equipes de trabalho em relação à tecnologia de automação e robótica industrial.

Buscou-se com isso identificar como as empresas questionadas constroem e sustentam suas competências técnicas e tecnológicas existentes nos diferentes segmentos analisados.

Segundo dados da **FIRJAN**, o novo profissional de automação deve ser capaz de atuar em diferentes processos, facilitando assim integração dos sistemas existentes às novas tecnologias de mercado.

Percebe-se um crescimento significativo na capacitação de profissionais em automação e robótica nos últimos dois anos, o que leva à inferência sobre uma carência de mão-de-obra especializada. Segundo o gráfico abaixo, o número estimado de profissionais treinados, somente no SENAI-RJ, quase duplicou nos últimos três anos.



Fonte: BPM 2002-2003-2004 SISTEMA FIRJAN

Figura 6 - Processo de Capacitação Profissional do SENAI-RJ 2002-2004

Além de instituições de ensino tecnológico como o SENAI e CEFET, onde as empresas buscam capacitar suas equipes em Automação de Processos e Robotização de funções?

A FCC busca, principalmente treinamento, nos fornecedores de equipamentos. Quando possível que os mesmos realizem treinamento “*on the job*”, ou seja, no próprio ambiente de trabalho do técnico.

Esse tipo de treinamento gera algumas vantagens, tais como:

- Facilidade na assimilação do conhecimento técnico;
- Flexibilidade de horário;
- Treinamentos focados e direcionados à realidade operacional.

Apesar disso, existem desvantagens na realização de treinamentos no ambiente operacional:

- Alto custo de implementação, uma vez que são direcionados e taylorizados;
- Os treinandos nem sempre conseguem “se desligar” das funções uma vez que são rapidamente localizados e principalmente,

- Não interagem com outros processos, limitando assim seus conhecimentos ao ambiente de trabalho.

A **ROCHE** também adota semelhante estratégia para treinamento e valoriza a transmissão de conhecimento técnico entre os funcionários. Observamos que a **KAISER** valoriza o aprendizado diário. Tais empresas conseguem com isso não somente criar, mas sustentar sua competência tecnológica de produto e processo ao longo dos anos.

Percebe-se que várias empresas brasileiras investem e valorizam o desenvolvimento profissional de seus funcionários, conseguindo com isso uma rotatividade cada vez menor de mão-de-obra. Segundo a **FCC**, não chega a 2% em um ano o “*turnover*” de funcionários do setor.

A **BELGO** realiza, normalmente, a maioria de suas capacitações internamente. Alguns treinamentos também são realizados com fornecedores nacionais e internacionais completando assim as competências necessárias para o desempenho adequado das funções operacionais de processo.

A criação de competências auxilia não somente na operação de um novo sistema, mas ajuda principalmente na escolha da melhor opção de automação para um novo projeto, uma modernização necessária, principalmente na hora de avaliar qual a melhor solução técnica a um melhor custo. Todas as empresas entrevistadas demonstram entender e explicar tecnicamente as vantagens e desvantagens das escolhas realizadas pela empresa na instalação dos sistemas existentes. A **FCC** ainda conta com o apoio do **CENPES** para auxiliar a área de projetos da empresa.

A **REFINARIA DE MANGUINHOS** possui diversas ações para capacitar sua equipe. Segundo informações, são realizados treinamentos no SENAI, Escolas Técnicas, COPPE e treinamento em outros estados.

Alinhado a essa análise de mercado, é de fundamental importância que uma empresa de tecnologia consiga manter seu quadro de profissionais que atuem com automação e robótica dando condições de trabalho favoráveis à permanência dos

mesmos na equipe, visto que a demanda de mercado atrai inúmeros profissionais da área para diversos segmentos industriais.

Empresa	Resposta
ROCHE	Treinamentos internos e externos, valorizando o aprendizado diário operacional.
BELGO	Na maioria das vezes realiza treinamentos internos
FCC	Realiza treinamentos “on the job” com fabricantes de equipamentos e profissionais internos
PETROBRAS	Treinamentos internos e externos
KAISER	Treinamentos internos e externos, valorizando o aprendizado diário operacional.
REFINARIA DE MANGUINHOS	Treinamentos internos e externos

Tabela 7 – Quais são os meios utilizados para capacitar a equipe nas tecnologias de automação e robótica?

3.3.4 Manutenção Industrial de Sistemas Automatizados

Grande parte dos investimentos realizados em automação e robótica é relacionada a uma redução dos custos operacionais de produção aliado ao sistema eficiente de manutenção industrial. Mas até que ponto a automação e robótica evoluíram no desenvolvimento de tecnologias capazes de detectar falhas de operação e sinalizar possíveis soluções?

5 – Questionou-se às empresas quais os meios utilizados para realizar a manutenção industrial de seus sistemas de processo e como a tecnologia, tema do estudo, contribui para a eficácia industrial.

Objetivou-se com isso identificar como as empresas atuam na prevenção de problemas operacionais e como utilizam a tecnologia de automação e robótica para a correção de falhas no controle de processos.

Segundo a **FCC**, os sistemas automatizados evoluíram muito. Existem hoje na fábrica da **FCC** controles automáticos normalmente antecipativos, alertando a operação e manutenção para as preventivas antes de uma parada.

Existem três tipos básicos de manutenção industrial:

- Corretiva – quando determinado equipamento apresenta uma falha e necessita de reparo;
- Preventiva – quando, após experiência de manutenção anterior, se estabelece cronograma de verificação de como o equipamento está operando;
- Preditiva – similar à preventiva só que com a definição da vida útil do equipamento ou componente, mesmo que ele não apresente defeito.

A **ROCHE** já atua com sistemas antecipativos em seus processos. Existem sistemas que já sinalizam uma possível falha antes que ela aconteça efetivamente. Apesar disso, ainda existem sistemas que necessitam de manutenção industrial realizada pelo ser humano. Na **PETROBRAS** a manutenção industrial é realizada pelo **CENPES**.

A **FCC**, por filosofia, tem contratos de manutenção com as empresas fornecedoras da tecnologia, prevendo preventivas e corretivas, porém, os funcionários são treinados para executarem estas ações e podem com isso supervisionar, com maior qualidade, os serviços executados por estas empresas. Percebe-se uma tendência de terceirização controlada por parte das empresas visto que na **ROCHE** a existência de terceiros realizando manutenção também acontece, mas muita coisa é realizada dentro da fábrica. Já a **KAISER** e a **BELGO** realizam a manutenção com equipe própria.

Empresa	Resposta
ROCHE	Internamente e Terceiros
BELGO	Internamente
FCC	Internamente e Terceiros
PETROBRAS	Internamente e Terceiros
KAISER	Internamente
REFINARIA DE MANGUINHOS	Internamente

Tabela 8 - Quais os meios utilizados pela empresa para realizar a manutenção industrial de seus sistemas automatizados?

3.3.5 Competitividade Industrial

Mas até que ponto as empresas entrevistadas são exceções em termos de automação e robótica? Até que ponto os demais competidores em seus segmentos industriais apresentam também base instalada em automação e robótica?

6 – Questionou-se às empresas se a base tecnológica, ou seja, se os sistemas automáticos apresentados na entrevista são uma realidade nos demais competidores de seus segmentos.

Objetivou-se com isso identificar se os segmentos industriais analisados possuem também tecnologia de ponta em automação e robótica ou se é apenas uma realidade da empresa entrevistada.

Segundo a **KAISER**, a automação e robótica são um fato corriqueiro dentro da indústria de bebidas. Completa ainda que para as pequenas indústrias do setor, o custo ainda é proibitivo para investimentos. A **FCC** relata que no segmento de atuação é uma tendência, bem como uma necessidade, devido à rapidez que a mesma deve atender ao mercado. No setor farmacêutico, segundo a **ROCHE**, além de ser uma necessidade, é comum existir parques automatizados nos concorrentes. A **REFINARIA DE MANGUINHOS** também sinaliza que a automação e robotização de processos são uma realidade no setor petroquímico.

Percebe-se que independentemente do segmento industrial existe uma relação direta entre tecnologia e competitividade. Dependendo do porte da empresa, mais do que uma necessidade, a tecnologia é uma realidade industrial. O mercado vem exigindo cada vez mais qualidade, preço e prazo. Sistemas manuais de produção, além de não atenderem a curto prazo, não possuem repetibilidade de processo nem otimização de produção apresentando, com isso custos elevados que são alocados no produto final de venda.

Empresa	Resposta
ROCHE	Realidade
BELGO	Realidade
FCC	Realidade
PETROBRAS	Realidade
KAISER	Realidade
REFINARIA DE MANGUINHOS	Realidade

Tabela 9 – A tecnologia de automação e robótica é uma tendência ou uma realidade no segmento de atuação da sua empresa?

Segundo a **PETROBRAS**, os sistemas instalados nas plataformas brasileiras apresentam tecnologia de ponta competitiva diante dos mercados internacionais. Já a **FCC** diz que não há defasagem tecnológica comparando as fábricas da empresa com as demais localizadas em Houston e Amsterdã. A empresa afirma ainda que a **FCC** brasileira é altamente competitiva no mercado Nacional e na América Latina

A **ROCHE** corrobora com esses dois relatos anteriores afirmando a existencia de uma forte competitividade das empresas de remédios brasileiras, ressaltando que hoje a fábrica tem uma capacidade de produção até maior do que o mercado. A **REFINARIA DE MANGUINHOS** é mais um exemplo de competitividade global. Por fabricar produtos que são obrigados a atender as especificações da ANP, acaba atendendo às principais especificações da maioria dos centros mundiais.

Já a **BELGO** atesta que a competitividade nos com mercados nacionais e internacionais é uma realidade, mas ressalta a defasagem de profissionais capacitados a operarem sistemas cada vez mais modernos.

“Somos competitivos nacional e internacionalmente, porém, tecnicamente somos bem inferiores devido à baixa qualificação profissional fornecida pelo mercado”. (BELGO)

Empresa	Resposta
ROCHE	SIM
BELGO	SIM
FCC	SIM
PETROBRAS	SIM
KAISER	SIM
REFINARIA DE MANGUINHOS	SIM

Tabela 10 – A empresa é competitiva diante de mercados internacionais?

Mas até que ponto a tecnologia é garantia de competitividade industrial? O que difere hoje as empresas umas das outras?

7 – Questionou-se às empresas se a tecnologia é garantia de competitividade industrial.

Objetivou-se com isso identificar se a tecnologia é condição fundamental para diferencial produtivo ou se existem outros fatores relevantes que mereçam destaque.

Segundo a **FCC** e a **REFINARIA DE MANGUINHOS**, o fator humano é preponderante, pois a tecnologia por si só não realiza ou concretiza o pensamento humano ou suas necessidades. A **PETROBRAS** também destaca que o fator humano é diferencial, principalmente nas atividades de planejamento e produção.

A **ROCHE** ressalva que investir em tecnologia não necessariamente é garantia de sucesso operacional.

“Todo e qualquer sistema de automação tem que ser bem pensado e planejado para a finalidade do projeto. Pode-se obter alguns desastres em automação onde são feitos alguns investimentos que não obtém o retorno esperado por terem sido mal estimados. É válido sempre verificar a aplicação, quem está desenvolvendo para que se tenha o resultado esperado. O fator humano é um diferencial em todas essas fases”.(ROCHE)

A **BELGO** destaca a importância do crescimento concomitante da tecnologia e da capacitação profissional da equipe para que o planejamento das operações seja realizado de maneira correta. O fator humano é diferencial uma vez que todo e qualquer sistema automatizado deve ser planejado, projetado e implementado. A supervisão dos processos, mesmo que totalmente automatizada, sempre vai necessitar de um controle remoto e de um usuário.

Empresa	Resposta
ROCHE	NÃO, a tecnologia não necessariamente trará diferenciais competitivos, se não bem planejada.
BELGO	SIM, mas a capacitação é fundamental para o sucesso operacional.
FCC	NÃO, o fator humano é preponderante.
PETROBRAS	SIM, mas o fator humano é essencial no planejamento e produção.
KAISER	----
REFINARIA DE MANGUINHOS	NÃO, o fator humano é preponderante.

Tabela 11 – A tecnologia de automação e robótica é garantia de competitividade industrial?

3.4 Futuro tecnológico das indústrias

3.4.1 Investimentos em Tecnologia de Automação e Robótica industrial

Para manter a competitividade e qualidade industrial, as empresas procuram investir na modernização tecnológica de seus parques industriais além de evitar grande defasagem técnica e obsolescência de seus equipamentos.

8 – Questionou-se às empresas quais são os investimentos previstos e realizados em relação à tecnologia de automação e robótica industrial.

Objetivou-se com isso identificar o crescimento tecnológico nos parques nacionais.

Segundo a **PETROBRAS**, a empresa tem projetos de investimentos constantes na melhoria tecnológica de seus processos. A **FCC** também apresenta tendência de investimentos constantes devido ao tipo de produto (catalisador) com vida útil muito curta (máximo de dois anos), necessitando de pesquisas constantes com novas formulações para estar sempre competitivo e atendendo às necessidades de mercado.

“A Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados está iniciando estudos para modernização do controle de processo com a troca da instrumentação e sistema de controle em um projeto que engloba a re-instrumentação e automação. Apenas a aquisição de um SDCD e da instrumentação, a FAVEN deve investir R\$20 milhões”.(Revista Controle & Instrumentação, 2004).

A **BELGO** sinalizou que os investimentos tendem ainda a crescer em busca de controles cada vez mais modernos, objetivando a otimização dos sistemas para obter deles a maximização da produção. A **KAISER** salientou que neste momento, devido ao processo de fusão da matriz, com outra empresa, não existe ainda indicação das tendências de investimento. Porém, há uma clara necessidade de investirmos em sistemas MES.

Empresa	Resposta
ROCHE	SIM
BELGO	SIM
FCC	SIM
PETROBRAS	SIM
KAISER	Em análise
REFINARIA DE MANGUINHOS	Em análise

Tabela 12 – A empresa pretende investir em tecnologia de automação e robótica industrial?

“A OXITENO está implementando tecnologia Foundation Fieldbus na sua planta de Isetionato localizada no pólo petroquímico de Mauá – SP. A empresa foi a primeira a implementar, na América do Sul, Foundation Fieldbus utilizado o modelo de segurança intrínseca FISCO”.(C&I, 2004)

3.4.2 Nacionalização Tecnológica

A cada ano que passa, verificamos uma preocupação crescente sobre a valorização do desenvolvimento de tecnologia de automação e robótica nacional. Até que ponto as empresas estão absorvendo a tecnologia nacional? Ela tem qualidade? Diante dos inúmeros produtos importados existentes em nossos parques industriais, a empresa nacional é competitiva?

9 – Questionou-se às empresas quais são os investimentos realizados em equipamentos e instrumentos nacionais e principalmente, qual a avaliação que fazem sobre a tecnologia nacional existente.

Objetivou-se com isso identificar o crescimento do desenvolvimento de tecnologia nacional e o quanto aderente a mesma está nos parques nacionais.

“Um dos maiores campos de exploração e produção de petróleo na Europa, o Ekofisk – localizado no mar do Norte e operado pela ConocoPhillips da Noruega –, deve ser ampliado com mais uma plataforma, a Ekofisk 2/4M. A SMAR fornecerá mais de 400 transmissores de pressão e temperatura para o projeto (SMAR é fabricante nacional de produtos de automação)”. (C&I, 2004)

Segundo a **ROCHE**, os produtos importados têm maior tradição que os nacionais. A **FCC** é um bom exemplo da quebra desse paradigma. Cerca de 30% do investimento em automação do último projeto, cerca de U\$ 6.000.000,00, foi investido em tecnologia nacional. A **REFINARIA DE MANGUINHOS**, que atua no segmento Petroquímico, também vem investindo em tecnologia nacional. Segundo informações, a montagem de dois tanques dentro da Refinaria foi realizada utilizando tecnologia nacional. Os demais sistemas, grande parte da planta instalada, são de tecnologia estrangeira.

Existe ainda, conforme alguns depoimentos, uma certa restrição ao equipamento nacional. Os motivos são diversos e justificados:

- Pouca base instalada;
- Poucos investimentos realizados em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos nacionais;
- Produtos estrangeiros com vantagens diversas desde preço, prazo e assistência técnica.

Esses são apenas alguns dos fatores que tornam o caminho da nacionalização tecnológica ainda difícil de ser trilhado.

Algumas empresas tentam, heroicamente, competir com produtos estrangeiros. O mercado brasileiro apresenta grande potencial para o desenvolvimento tecnológico mas ainda necessita de ser trabalhado o que depende não somente das empresas, mas do governo e de ações em conjunto com diversos setores econômicos. O presente trabalho procura somente identificar a frequência de utilização e motivação quanto ao uso ou não de tecnologia nacional, não cabendo uma análise profunda dos motivos para o pouco desenvolvimento de tecnologia de automação por parte de empresas nacionais.

Fala-se muito sobre nacionalização tecnológica. Até que ponto a nacionalização tecnológica em automação industrial e robótica é uma realidade no Brasil? O Brasil possui bons fabricantes de tecnologia para atender a um mercado cada vez mais exigente? A qualidade e confiabilidade do produto sejam softwares ou hardwares são boas?

Segundo a **FCC**, devido à globalização, ao fim da reserva de mercado e aos custos altos de produção brasileiros, acaba saindo mais barato importar tecnologia estrangeira (Cingapura, China, Tailândia, etc - que são quintais da produção mundial). A **KAISER** relata que a tecnologia de automação existente na empresa é 90% de origem externa. Ainda, segundo a empresa, o processo de nacionalização tecnológica em automação não é uma tendência no setor.

Poucos são os grupos industriais que apostam em produtos nacionais, apesar de existirem casos raros de fornecedores nacionais com nível de excelência, tais como: ALTUS, SMAR e ELIPSE. Quanto aos serviços oferecidos em Automação, a empresa percebe que é onde a criatividade nacional pode ser empregada e oferecida ao mundo.

A **ROCHE** relata que a nacionalização tecnológica do chão de fábrica industrial vem crescendo gradativamente com bons níveis de competitividade com os produtos internacionais. Ainda existe a tradição dos produtos estrangeiros. As empresas, em último caso, optam por pagar mais por um produto importado, pois o mesmo certamente irá dar um retorno esperado. Mas a tendência é que, com o passar do tempo, os produtos nacionais ganhem mercado nas atividades básicas.

Empresa	Resposta
ROCHE	Tendência
BELGO	Não é confiável ainda
FCC	Tendência
PETROBRAS	Realidade e tendência
KAISER	Não é realidade
REFINARIA DE MANGUINHOS	Não é realidade

Tabela 13 - Nacionalização tecnológica, uma realidade ou tendência na sua empresa?

3.4.3 Diversidade tecnológica em ambientes industriais

Visitando diversas empresas em diferentes setores industriais pôde-se avaliar o quanto heterogêneo é o parque tecnológico nacional. Devido a fatores diversos tais como: gerações das tecnologias, diferenciais técnicos, vantagens econômicas e até mesmo o surgimento ou desaparecimento de determinado produto no mercado, muitas empresas apresentam uma espécie de “salada de frutas tecnológica” em seus processos produtivos. Uns são defensores da homogeneidade tecnológica. Outros, porém, pregam a variedade de equipamentos, mas afinal, quais são as vantagens e desvantagens inerentes dessa escolha?

10 – Questionou-se às empresas quais são as vantagens e desvantagens da diversificação tecnológica desde o chão de fábrica até os sistemas corporativos.

Buscou-se com isso identificar e listar as vantagens e desvantagens dessa diversificação de se possuir equipamentos de fabricantes diferentes em um mesmo parque industrial.

Segundo a **PETROBRAS**, a grande vantagem é não ficar na dependência de uma única tecnologia, preso a um fabricante. Como desvantagem, a empresa apresenta que a diversificação exige mais treinamento e qualificação dos profissionais que acabam tendo que atuar com diversas tecnologias em um mesmo processo.

Da mesma forma a **ROCHE** e a **FCC** destacam que a grande vantagem é não ficar “preso” a um fabricante. Como desvantagens, acrescentam que a empresa pode acabar tendo maiores gastos com: Manutenção, spare parts, treinamento, operação, etc. A **ROCHE** ainda coloca que apesar de ter desvantagens nessa escolha, nos dias de hoje, a integração industrial é extremamente factível através dos diversos protocolos de comunicação de dados.

Empresa	Vantagens	Desvantagens
ROCHE	Não ficar preso a um determinado fabricante.	Maior número de <i>spare parts</i> ; Maior necessidade de treinamento.
BELGO	---	---
FCC	Não ficar preso a um determinado fabricante.	Maior número de <i>spare parts</i> ; Maior necessidade de treinamento.
PETROBRAS	Não ficar preso a um determinado fabricante.	Maior necessidade de treinamento.
KAISER	---	---
REFINARIA DE MANGUINHOS	Não ficar preso a um determinado fabricante.	Maior necessidade de treinamento.

Tabela 14 - Quais são os principais vantagens e desvantagens da diversidade tecnológica em automação e robótica?

3.4.4 Tendências Tecnológicas

Como apresentado anteriormente, os gastos com automação são considerados pela maioria das empresas como investimentos no controle do processo. Muitas delas possuem planos de investimentos constantes, seja na manutenção de equipamentos ou até mesmo realizando expansões dos equipamentos existentes para ampliar assim, a produtividade e a qualidade do produto produzido.

11 – Questionou-se às empresas se, mesmo com grandes investimentos realizados, ainda existiria algo a se fazer para obter com isso maiores e melhores resultados.

Objetivou-se com isso identificar os próximos desafios tecnológicos.

Segundo a **PETROBRAS**, a partir da implantação de instrumentação eletrônica inteligente e de sistemas supervisórios em todas as Unidades da Bacia de Campos, a mesma está trabalhando na adoção de novas estratégias de controle que possam melhorar e otimizar os nossos processos. Segundo a **FCC**, a fábrica ainda poderia ter disponíveis mais recursos para a operação e manutenção na supervisão de processos. Mesmo fato apresentou a **REFINARIA DE MANGUINHOS** salientando que o diferencial está na capacitação técnica da equipe na tomada de decisão em cima dos processos.

Em tecnologia é difícil desenhar cenários para um futuro de cinco anos. Uma das causas para essa dificuldade é a inovação constante de produto e processo que faz com que novas necessidades de equipamentos e sistemas de informação capazes de responder com qualidade e rapidez industrial. Inferindo a respeito, quais seriam as tendências tecnológicas em automação e robótica? O que ainda não foi alcançado? O que está despontando?

12 – Questionou-se às empresas quais são as principais tendências tecnológicas em automação e robótica industrial.

Objetivou-se com isso identificar e listar tais tendências e inferir sobre um futuro tecnológico da indústria nacional.

Segundo a **PETROBRAS**, existe grande tendência para projetos ligados à integração total do chão de fábrica com todos os níveis corporativos da empresa, através de (MES / SAP). Falta trabalhar as camadas intermediárias, a fim de integrarmos a automação ao SAP da companhia. Alinhado com a **PETROBRAS**, a **ROCHE**, também considera que a integração dos processos é cada vez mais uma tendência. No setor farmacêutico, diferentemente de outros processos, há plantas grandes automatizadas, máquinas automatizadas que muitas vezes não se “falam”, e acredita-se ser hoje o grande desafio comunicar as informações em todas as máquinas através de um sistema único ou pelo menos num nível de supervisão como o MES para que todo mundo tenha acesso às informações de chão de fábrica.

A **FCC** acredita ainda ser pouca a diversificação de tecnologia no chão de fábrica. Uma das chaves da diferenciação industrial será ter poucos fornecedores, mas de excelente qualidade, que atendam aos requisitos mínimos de qualidade (certificação ISO9001, por exemplo), tentando inclusive utilizar a mesma tecnologia empregada nas três fábricas (Brasil, EUA e Holanda).

A **KAISER** acredita no processo de "commoditização" do hardware (no futuro compraremos hardware de qualquer fabricante, pois, todos terão qualidade e serão padronizados). Ainda como tendências para o setor ressalta uma maior ênfase no software, especialmente, aqueles mais específicos para MES. Com relação a redes industriais, maior penetração da Ethernet Industrial e utilização da suíte de protocolos TCP/IP no chão de fábrica com a utilização de tecnologia wireless.

Finalizando, acredita que as indústrias do futuro deverão ser totalmente integradas, desde o chão de fábrica, até o nível corporativo.

Segundo a **REFINARIA DE MANGUINHOS** os sistemas híbridos serão cada vez mais uma realidade industrial. Sistemas remotos que sejam confiáveis e seguros também devem cada vez mais aparecer nas indústrias.

A **BELGO** infere a respeito da valorização da mão-de-obra na execução de atividades cada vez mais estratégicas no controle e otimização de processos.

No futuro, ao menos no nosso setor, a qualificação focada na otimização dos processos automatizados será um dos grandes diferenciais. Ou seja, as poucas pessoas que terão a responsabilidade de coordenar os processos, deverão ser profissionais bem qualificados, bem remunerados e bons administradores de Custos e Serviços terceirizados. (BELGO)

Empresa	Resposta
ROCHE	Comunicação das informações em todas as máquinas através de um sistema único ou pelo menos num nível de supervisão como MES para que todo mundo tenha acesso às informações de chão de fábrica.
BELGO	Valorização da mão-de-obra na execução de atividades cada vez mais estratégicas no controle e otimização de processos.
FCC	Unificação dos sistemas, tendo poucos fornecedores, mas de excelente qualidade e que atendam os requisitos mínimos de qualidade.
PETROBRAS	Projetos ligados à integração total do chão de fábrica com todos os níveis corporativos da empresa, através (MES / SAP).
KAISER	Processo de "commoditização" do hardware. Ênfase no software, especialmente, aqueles mais específicos para MES. Maior penetração da Ethernet Industrial e utilização da suíte de protocolos TCP/IP no chão de fábrica com a utilização de tecnologia wireless.
REFINARIA DE MANGUINHOS	Sistemas híbridos serão cada vez mais uma realidade industrial. Sistemas remotos que sejam confiáveis e seguros também devem cada vez mais irão aparecer nas indústrias.

Tabela 15 - Quais são as tendências tecnológicas de automação e robótica nas indústrias?

Segundo a **FCC**, o grau de Automação, a integração da informação e dos diversos seguimentos da empresa, a qualidade dos produtos e o marketing são tendencias tecnológicas para os próximos anos. Os fatores chaves para a diferenciação são: a rapidez nas respostas de produção requeridas pelo mercado (Taylormade), associado à qualidade e ao preço competitivo, possuindo sistemas de automação e controle que permitam agilizar estes requisitos.

Dados da **REFINARIA DE MANGUINHOS** sinalizam que a diferenciação estará nas informações geradas pelo sistema. Precisão, confiabilidade e rapidez, juntamente com agilidade nas decisões estratégicas tornarão as empresas cada vez mais competitivas.

A **ROCHE** relata que o uso da informação que a tecnologia pode proporcionar é um fator de diferenciação no mercado. Com a automação você tem as informações disponíveis, mas grande parte das vezes tem sido observada que as informações são registradas, guardadas, mas não utilizadas. Quando as empresas conseguirem ter um bom uso das informações obtidas nos processos automatizados, de maneira a conseguir produções mais eficientes, aí estarão se diferenciando das demais.

Empresa	Resposta
ROCHE	O uso da informação que a tecnologia pode proporcionar é como as indústrias.
BELGO	---
FCC	A rapidez nas respostas de produção requeridas pelo mercado (Taylormade), associado à qualidade e ao preço competitivo, possuindo sistemas de automação e controle que permitam agilizar estes requisitos
PETROBRAS	---
KAISER	---
REFINARIA DE MANGUINHOS	Precisão, confiabilidade e rapidez, juntamente com agilidade nas decisões estratégicas tornarão as empresas cada vez mais competitivas.

Tabela 16 - Quais são os fatores de diferenciação das indústrias no futuro?

CAPÍTULO 04 – CONCLUSÕES, DISCUSSÕES E FUTURAS PESQUISAS

As transformações técnicas e tecnológicas obtidas desde a primeira Revolução Industrial até o presente momento causaram profundo impacto no desempenho industrial da sociedade de um modo geral. Com advento do robô, significativo aumento de qualidade e produtividade foi percebido, inicialmente no Japão, e logo após em diversos países do mundo.

As novas tecnologias de controle de processos fizeram com que a competitividade industrial aumentasse largamente nos mais diversos segmentos de mercado. A informação é hoje, sem dúvida, o bem mais precioso de todas as empresas existentes no mundo nos mais diferentes segmentos industriais. Saber como, onde e quando está o processo é um diferencial estratégico capaz de maximizar os lucros e paralelamente diminuir custos de processo.

Seja qual for o segmento industrial, a automação e a robotização dos processos continuam sendo ferramentas necessárias para sobrevivência em mercados cada vez mais dinâmicos e flexíveis onde a presença humana é cada vez mais rara e bem remunerada, visto que o nível de especialização exigido dos profissionais se elevou na mesma proporção que o desenvolvimento tecnológico.

A integração da linha de produção com os sistemas corporativos fez com que se conseguisse, em tempo real, saber informações que antes levavam horas e até dias para se obter, facilitando assim todo o processo de comunicação industrial. Ainda estamos longe de uma total integração em termos de automação e robótica no mundo e principalmente no Brasil, mas cada vez mais a tecnologia evolui nesse sentido e ao que parece é um caminho sem volta.

Certamente estamos distantes ainda do grau de robotização e automação de grandes potências mundiais, mas muitas empresas brasileiras apresentam tecnologia de ponta em Automação de Processos e Robotização. Se quantitativamente não apresentamos resultados competitivos ainda, qualitativamente crescemos tecnologicamente e competimos com os grandes países ditos robotizados.

As considerações finais deste trabalho procuram elucidar os principais questionamentos levantados nesta pesquisa. Nesse sentido, as questões trabalhadas serão aqui organizadas de forma a facilitar a compreensão dos resultados bem como formatar um modelo nacional de evolução tecnológica.

Com relação à base instalada e aos aspectos tecnológicos direcionados à competitividade industrial, o estudo apontou que as empresas pesquisadas apresentam sistemas novos e antigos coexistindo, ou seja, desde o início de operação, novos sistemas foram instalados e integrados à planta industrial existente. Tais necessidades tecnológicas são decorrentes de dois fatores principais:

- 1 – Novas necessidades de produto ou de processo;
- 2 – Evolução das tecnologias existentes.

Aprofundando a análise, pode-se listar como motivos principais do investimento contínuo nas tecnologias relacionadas à automação e robótica realizados pelas empresas pesquisadas:

- 1 – melhoria da produtividade,
- 2 – diminuição dos custos operacionais,
- 3 – maximização da segurança industrial,
- 4 – aprimoramento da qualidade do produto,
- 5 – aumento da confiabilidade de processo
- 6 – diminuição dos custos com mão-de-obra.

Apesar das respostas acima destacadas serem favoráveis aos investimentos relacionados às tecnologias de automação e robótica, muitas ainda são as dificuldades citadas pelas empresas quando se pensa no tema dentro do ambiente de trabalho. Pode-se destacar como principais dificuldades a falta de competências técnicas para operar tais tecnologias e a quantificação dos benefícios provindos da automação para a diretoria da empresa.

Realmente percebe-se que a evolução tecnológica se deu nos últimos anos de forma quase exponencial, o que causou uma necessidade de maior capacitação

profissional para operar e manter tais modernos sistemas. Apesar desse “gap” observado, evolução tecnológica e capacitação profissional, muitos são os esforços realizados para acompanhar a evolução dos sistemas de automação e robótica industrial. As empresas pesquisadas apresentaram três meios de capacitação industrial. São eles:

- 1 – Treinamentos internos;
- 2 – Treinamentos externos;
- 3 – Aprendizado operacional – “*on the job*”.

Particularmente o aprendizado operacional merece maior destaque uma vez que foi ressaltado como o modo de maior eficácia no desenvolvimento de competências internas capazes de gerar retorno sobre os sistemas implementados. A criação de competências utilizando o próprio ambiente de trabalho como sala de aula, faz com que a equipe esteja apta a realizar a manutenção dos sistemas automatizados e robotizados.

O estudo indica que as empresas pesquisadas realizam totalmente ou parcialmente a manutenção de seus sistemas internamente. Algumas delas destacaram também a participação de empresas externas somente quando existe algo específico ou pontual que não justifique atuar com a equipe própria. É válido ressaltar que o custo da manutenção dos sistemas de processo industrial é uma das variáveis que influenciam diretamente no resultado e no custo do produto final. Sendo assim, grande preocupação existe dentro das empresas para que se tenha o domínio técnico dos sistemas implementados, evitando assim dependência externa.

Os investimentos em tecnologia, capacitação e manutenção industrial são fatores estratégicos para as empresas pesquisadas. O estudo apontou que tais estratégias são comuns às empresas dos segmentos entrevistados sendo cada vez mais exigidas por eles como condição de sobrevivência industrial. As empresas também destacaram que suas bases tecnológicas fazem com que seu produto final seja competitivo tanto nacionalmente quanto internacionalmente.

Tais investimentos em tecnologia de automação e robótica foram analisados como fator chave na diferenciação do mercado. Mas a tecnologia não foi destacada como única ferramenta para garantia de competitividade. O fator humano foi avaliado

como de fundamental importância para o sucesso corporativo. Algumas das empresas pesquisadas avaliaram o fator humano como preponderante ao fator tecnologia.

Com relação à análise de tendências tecnológicas do mercado industrial brasileiro em automação e robótica, pode-se inferir que as empresas pesquisadas estão em constante processo de modernização e atualização de seus parques de produção. Novos investimentos estão previstos para ampliar a integração dos sistemas e otimizar processos com o objetivo principal de redução de custos e aumento da produtividade. As empresas pesquisadas que não estão com projetos tecnológicos em andamento, estão em fase de estudo de necessidades de processo.

Procuramos identificar também, diante desses investimentos levantados, se o processo de nacionalização tecnológica é hoje uma realidade nas empresas nacionais ou uma tendência tecnológica para os próximos anos. Os resultados tendem a confirmar que a nacionalização ainda é trabalhada com cautela nas empresas pesquisadas. Isso porque os produtos estrangeiros ainda apresentam diversas vantagens técnicas, tecnológicas e econômicas que criam barreiras à implementação do produto nacional. Além disso, perto das empresas internacionais, poucos são os investimentos em pesquisa e desenvolvimento de novos produtos e sistemas voltados para a automação e robótica industrial.

O Brasil vem obtendo, com algumas empresas, bons resultados, principalmente na área de instrumentação, onde são muitos os casos de produtos exportados, conforme observamos nos dados analisados da ABINEE. Segundo os dados da ABINEE, o Brasil vem crescendo nas exportações de produtos de automação e robótica e aos poucos vai mudando esse quadro de déficit significativo da balança comercial. Percebe-se que a qualidade do produto brasileiro vem melhorando e podemos avaliar como sendo ainda uma tendência o processo de nacionalização tecnológica brasileira.

A coexistência de sistemas novos e antigos anteriormente destacada faz com que exista hoje nas empresas pesquisadas, uma diversidade tecnológica no ambiente industrial. Essa diversidade de sistemas, equipamentos e instrumentos de controle vêm gerando problemas para as empresas. Podemos destacar entre outros problemas :

- 1 – maior necessidade de capacitação profissional;
- 2 – maior necessidade de “spare parts”;
- 3 – dificuldade de integração e comunicação dos sistemas.

Mas a variedade de marcas e fabricantes no ambiente de produção traz um benefício que foi destacado como de fundamental importância para algumas empresas analisadas que é estar independente tecnologicamente de fabricantes ou marcas. A idéia de não ficar preso a um determinado fabricante ou tecnologia, condiciona o direito de escolha do equipamento ou sistema, facilita a mudança de processo, diminuindo assim o impacto econômico identificado.

Como tendências tecnológicas, o estudo indica que as empresas deverão continuar investindo intensamente em novos sistemas voltados para:

- 1 – supervisão de sistemas ou processos;
- 2 – otimização do controle de processos;
- 3 – integração do controle via redes industriais;
- 4 – manutenção de processos e sistemas;
- 5 – Capacitação profissional.

Como principais ações que as empresas analisadas estarão realizando nos próximos anos com relação às tecnologias de automação e robótica, pode-se destacar como tendência da maioria das empresas a integração total do chão de fábrica através de softwares de gestão sendo o grande desafio desenvolver sistemas e equipamentos que “conversem” num protocolo único de comunicação. Ainda como tendência identificada podemos destacar a certificação com foco na qualidade para os ambientes de produção e num processo de “comoditização” do hardware industrial. Novas tecnologias de rede que até o momento ainda não são uma total realidade nos ambientes industriais tais como a Ethernet e a rede sem fio (*wireless*) também surgem como tendências tecnológicas para os próximos anos.

Cabe também destacar o processo de valorização do fator humano no ambiente industrial voltado para as atividades de supervisão e controle de processos mesmo em ambientes automatizados e robotizados.

O presente estudo também permite avaliar, ainda que através de uma amostra pequena, o modelo proposto por Kennedy (1993) e ratificado por Pleuss (2003). Pelos estudos realizados pelos autores, estaríamos vivenciando no Brasil uma realidade tecnológica em automação e robotização diferente do presente momento estudado. A pesquisa realizada em diversos segmentos de destaque no Brasil e no mundo nos levam a inferir que as indústrias brasileiras apresentam elevado nível de automação e robótica instalada e uma tendência contínua de investimentos para a melhoria de processos de produção. Conforme análise, pode-se apresentar novas proposições para as indústrias brasileiras:

- (i) A migração dos sistemas e controles nos diversos níveis da empresa através de protocolos de comunicação padronizados visando à integração industrial;
- (ii) Crescimento e evolução da nacionalização tecnológica de produtos, sistemas e controles relacionados à automação e robótica industrial;
- (iii) Melhoria da capacitação tecnológica dos profissionais que atuam em sistemas automatizados;
- (iv) Processo de valorização da mão-de-obra para as atividades de supervisão, planejamento e controle dos processos produtivos automatizados.

Portanto, apresenta-se aqui, um modelo nacional derivado da análise dos dados de pesquisa e baseado no modelo proposto por Kennedy no que tange às tecnologias de automação e robótica industrial.

A proposta desse novo modelo permite também inferir que estaremos vivendo uma espécie de “volta as origens” ou seja, as máquinas, os sistemas, os instrumentos e controles são hoje importantes sim, mas num futuro bem próximo o nível de diferenciação das indústrias do mesmo setor será o capital intelectual, comentado como fator humano, existente nelas e não as máquinas. Será a maneira como elas capitalizam as informações de processo obtidas através dos recursos da automação e robótica. A

tecnologia é hoje rapidamente absorvida e, portanto, com o passar dos anos, cada vez mais é rapidamente imitada.

Finalizando, fica como sugestão de tema para futuras pesquisas a aplicação do mesmo estudo em outros países de economia emergente para que tenhamos maiores condições de validar as proposições aqui apresentadas. Para uma melhor análise segmentada, sugere-se a aplicação da pesquisa em um único segmento industrial em diferentes países para avaliar a evolução da automação e robótica em empresas com semelhantes processos e produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. **Abetti**, Pier A. *Technology: A key Strategic Resource*. Management Review; Fe 1989; 78, 2; pg. 37
2. **Applegate**, Jane. *Light out, profits: The new factory*. Newsweek, New York: mar 18, 2002. Vol. 139, Iss. 11; pg. 38R, 2 pgs
3. **Aronson**, Robert B. *Production Time Savers*. Manufacturing Engineering. Dearborn: Jan 2004. Vol 132, Iss. 1; pg. 53
4. **Barret**, Brendan F. D. *Environmentalism in pediods of rapid societal transformation: The legacy of the Industrial Revolution in the Unided Kingdom and the Meiji restoration in Japan*. Sustainable Development; Nov 1999; 7, 4. pg. 178.
5. **Bayne**, S. Jay. *Mangement side of engineering*. Plant Engineering; Jun 1999; 53, 6; pg.46.
6. **Berkwitt**, George. *Change: Revolution or evolution*. Industrial Distribution; Jan 1996; 85, 1; Pg. 54.
7. **Bernstein**, Ron. *Smart systems prevent future shock*. Facilities Desing & Management; Aug 2001; 20, 8; Pg. 16
8. **Betholomew**, Doug. *Lights out? Lights dimmer? Yes*. Industry Week. Cleveland: Dec 2003. Vol. 252, Iss. 12; pg. 47
9. **Black**, Paul. *Automation Systems*. Broadcast Engineering. Overland Park. Jun 2003. Vol. 45, Iss. 6; pg. 60
10. **Bulbow**, Vivane. *O futuro bate a nossa porta*. Revista Controle & Instrumentação Ano 10 nº 91, Editora Valete 2004.
11. **Chazin**, Michael. *Automation offers a marketing connection*. Upholstery Design & Management. Des Plaines: Jun 2000. Vol. 13, Iss. 6; pg. 18, 4 pgs
12. **Coates**, Joseph F. *Robots coming – Eventually*. Research Technology Management; Marc/Apr 1994; 27, 2; Pg. 7.
13. **Cork**, Laura. *Opportunity knocks*. Work Management; Jan 2003; 56, 1; Pg. 38.
14. **Crafts**, Nicholas F R. *The first industrial revolution: A guides tour for growth economists*. The American Economic Review; May 1996; 86, 2; pg.197.
15. **Filho**, Constantino Seixas. *A Automação nos anos 2000 – Uma análise das novas fronteiras da automação*. ATAN Sistemas; 1998.
16. **Fox**, Peter. *Automation: Crossing the final frontier*. Assembly Automation. Bedford: 2001. Vol. 21, Iss. 2; pg. 111, 4 pgs
17. **Greenwood**, Jeremy. *The third Industrial Revolution: Technology, productivity, and income inequality*. Economic Review. Cleveland: Second Quarter 1999. Vol. 35, Iss. 2; pg 2, 11 pgs.
18. **Kaplan**, Robert S, **Norton**, David P. *A estratégia em ação: balanced scored card – Rio de Janeiro – Editora Campos - 1997*.
19. **Kennedy**, Paul M. *Preparing for the Twenty-Firt Century*. Nova Iorque, Vintage Books, 1993.
20. **Kochan**, Anna. *Robotic production assistants for working alongside the human operator*. Assembly Automation; 2002; 22, 1; Pg. 26.

21. **Levitán**, Sar A, **Johnson**, Clifford M. *The future of work: Does it belongs to us or the robots?* Monthly Labor Review. 1986
22. **Lock**, Geoff. *The future is...how far away?* Works Management; Jun 2002; 55, 6; Pg. 30.
23. **Malhotra**, Naresh K. *Pesquisa de Marketing – Uma orientação aplicada*. São Paulo, Editora Bookman, 1999.
24. **Mendes**, Sonia Regina. *Mudança tecnológica, formação para o trabalho e planejamento da educação*. Boletim Técnico do SENAC – v. 21, n. 2, maio/ago., 1995
25. **Mintchell**, Gary A. *Industrial ethernet software aim for “revolution”*. Control Engineering; Jan 2003; 50, 1; pg.8.
26. **Mokyr**, Joel. *Are we living in the middle of an industrial revolution?* Economic Review. Kansas City: Second Quarter 1997. Vol. 82, Iss. 2; pg. 31, 13 pgs.
27. **Panos**, Mourdoukoutas; **Soong**, Sohng N. *The Japanese Industrial System: A Study in Adjustment to Automation*. Management International Review; Fourth Quarter 1987; 27, 4; Pg. 46.
28. **Pleuss**, Peter Olav. *Technological Divides*. Exploring a worthwhile future for all. TT30 Spain Chapter of the club of Rome; Spain 2003; pg. 83.
29. **Poko**, Chris. *Trends in automation*. Ceramic Industry. Troy. May 2000. Vol 150, Iss. 5; pg. 31, 5 pgs
30. **Seewald**, Nancy. *Controls firms play role in system integration*. Chemical week; Apr 30, 2003; 165, 16; Pg 21.
31. **Signal**, Kalyan. *History of technology, manufacturing, and the industrial revolution: An alternate perspective on Schmenner's hypotheses*. Production and Operation management. Muncie: Spring 2001. Vol. 10, Iss. 1; pg. 97, 6 pgs
32. **Teresko**, John. *Robots revolution*. Industry Week; Sep 2002; 251, 8; Pg. 24.
33. **Tsuchiya**, Karl. *Assembly robots: The present and the promise*. Machine Design; Feb 26, 1993; 65, 4; Pg. 263.
34. **Waurzyniak**, Patrick. *Master of manufacturing: Richard Morley*. Manufacturing Engineering; Jul 2003; 131, 1; Pg. 35.
35. _____. *Automation Solves Production Problems*. Manufacturing Engineering. Dearborn: February 2004. Vol 132, Iss. 2; pg. 81, 6 pgs.
36. **Weimer**, George. *Robots take over automotive plants floor*. Material Handling Management; Jul 2001; 56, 7; p.55.
37. _____. *Manufacturing technology: A revolution in the air*. Material Handling Management; May 1996; 51, 5; Pg. 46.
38. **Whitfield**, Kermit. *Building bodies better, faster, cheaper*. Automotive Design & Production; Dec 2002; 114, 12; Pg.54

ANEXO 01

Estruturação da Pesquisa – Questionário

Prezado Sr. _____,

Estou realizando uma pesquisa nas indústrias brasileiras, líderes em seus segmentos, para avaliar o nível de automação e robotização de seus processos. Gostaria de agendar um encontro para uma entrevista sobre o tema a fim de levantar alguns dados para a pesquisa. É uma pesquisa não estruturada e de duração média de 30 a 60 minutos. Os dados são de extrema relevância visto que pouca bibliografia a respeito foi escrita até o momento.

1. Desde quando a Indústria está instalada nesta região? Por que foi escolhida essa região? O Governo estabelece algum incentivo fiscal para instalação e operação?
2. Ainda existem equipamentos e máquinas (robôs inclusive) em operação que foram instalados na abertura da Indústria?
3. Qual a necessidade de atualização desde o início das atividades?
4. A rotatividade de mão-de-obra é alta?
5. Quais os principais motivos para o investimento em equipamentos, máquinas e robôs?
6. Os objetivos foram alcançados?
7. Quais foram os investimentos em equipamentos importados? E em equipamentos nacionais?
8. Qual o nível tecnológico dos equipamentos? (isto é, a que "geração" pertencem, ou ainda, quando foram inicialmente disponibilizados no mercado);
9. Qual o nível de depreciação, defasagem tecnológica de uma planta? Em quantos anos se substitui?
10. Quais são as principais dificuldades da automação? Da aplicação da robótica na indústria? Quais são as facilidades?
11. Qual o país de origem dos equipamentos?
12. O equipamento, máquina, robô ou processo poderia ser melhorado? O que falta no seu sistema? O que poderia ainda mais ser feito hoje? Por que não é feito?
13. Você tem conhecimento do estado da arte em Automação e Robótica do mercado nacional e internacional? Como é feita essa atualização?

14. Onde são realizadas as qualificações profissionais? Onde são treinadas as equipes de trabalho?
15. A equipe tem condições de explicar tecnicamente quais as vantagens e desvantagens inerentes em cada lançamento ou produto?
16. Como se vêem em termos de defasagem tecnológica internacional? Eles se consideram competitivos? E em termos nacionais? Se consideram competitivos?
17. Como são os robôs industriais da Empresa? O que eles produzem? Que tarefas fazem? Quanto tempo esses robôs operam sem supervisão? Como são esses processos?
18. Quais são as tendências de investimento? Ainda existe algo a fazer?
19. Qual a sua visão na relação Robô X Empregado?
20. Há sistemas de manufatura flexível, capazes de trabalhar em diversos tipos de itens, ou com diversas ferramentas diferentes, de forma integrada?
21. Como é a manutenção dos robôs? O quanto requer de interferência humana?
22. Há controles automáticos que indicam a necessidade PREVENTIVA de manutenção?
Ou a mesma é feita apenas depois de paradas?
23. Quem faz a manutenção, a Empresa estrangeira fornecedora da tecnologia (ou uma associada à mesma), funcionários internos, ou algum outro modelo?
24. Como é o controle de qualidade nos processos robotizados? Caso uma peça defeituosa apareça, como é detectada? Supervisão humana? Há sistemas automáticos de controle?
25. A Automação e Robotização dos Processos são uma tendência ou uma realidade mais do que comum nos competidores?
26. A aquisição de Tecnologia em Automação e Robótica é garantia de produtividade e competitividade? O Fator Humano é um diferencial nos dias de hoje?
27. Qual o nível de nacionalização da tecnologia? A nacionalização é uma tendência no setor? Na indústria? A qualidade do produto nacional é boa? Aplicável? Confiável?
28. Quais são as principais fontes de tecnologia para sua Indústria? Quais os países de origem? Qual a vantagem? Qual a desvantagem?
29. Muitos falam sobre diversificação de tecnologias no chão de fábrica, quais são as vantagens e desvantagens inerentes a esse processo?

30. Quais são as tendências do setor? O que ainda não foi alcançado? Quem está despontando?
31. O que vai diferenciar as indústrias no futuro?