

UNIVERSIDADE NOVE DE JULHO - UNINOVE
MESTRADO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**ANÁLISE DOS REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS
AVANÇADAS DE MANUFATURA**

EVERTON LUÍS FARDIN

SÃO PAULO

2011

EVERTON LUÍS FARDIN

**ANÁLISE DOS REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS
AVANÇADAS DE MANUFATURA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho - UNINOVE, como requisito para obtenção do Título de Mestre em Engenharia de Produção.

ORIENTADOR: PROF. DR. MILTON VIEIRA JUNIOR

SÃO PAULO

2011

FICHA CATALOGRAFICA

Fardin, Everton Luís.

Análise dos requisitos para implantação das tecnologias avançadas de manufatura. / Everton Luís Fardin.

93 f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Nove de Julho - UNINOVE, São Paulo, 2011.

Orientador (a): Prof. Dr. Milton Vieira Junior.

1. AMT. 2. Tecnologia de manufatura avançada. 3. Automação.

I. Junior, Milton Vieira.

CDU 621



São Paulo, 25 de março de 2011.

TERMO DE APROVAÇÃO

Aluno: EVERTON LUIS FARDIN

Título da Dissertação: ANÁLISE DOS REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DAS TECNOLOGIAS AVANÇADAS DE MANUFATURA

Presidente: MILTON VIEIRA JUNIOR

Membro: PROFA. DRA. ROSANGELA MARIA VANALLE

Membro: PROF. DR. CARLOS EDUARDO SANCHES DA SILVA

À

Minha Esposa,

Especialmente aos meus pais Antônio e Maria.

AGRADECIMENTOS

Ao professor Milton Vieira Júnior pela amizade, orientação, dedicação, compreensão e Incentivo dispensado ao desenvolvimento deste trabalho.

Às empresas AMER, COSAN, DUO Automação, Célula Automação, Invensys Automação, IGE, TRW e DENSO que contribuíram para esta pesquisa.

Ao amigo Diâime de Jesus da empresa COSAN pelo apoio nas pesquisas realizadas.

À professora Rosangela Vanalle e ao Professor Elesandro Baptista, pela dedicação e paciência dispensada à orientação no desenvolvimento deste trabalho.

À André Miguel pela amizade, companheirismo e contribuição na pesquisa.

À Secretaria da Pós-Graduação do Mestrado de Engenharia de Produção da UNINOVE, pelo apoio, e principalmente, pela amizade demonstrada pelas secretárias Michele, Carolina e Vanessa.

À Universidade Nove de Julho pela bolsa concedida para a obtenção do título de mestre.

Aos meus irmãos Carlos Eduardo Fardin e Victor Augusto Fardin.

A todos que colaboraram diretamente ou indiretamente para a realização desta pesquisa.

“Lembre-se que as pessoas podem tirar tudo de você, menos o seu conhecimento. É o seu bem mais precioso. Explore; Viaje; Descubra; Conheça”.

Albert Einstein

(1879-1955)

Físico.

FARDIN, Everton Luís. ***Análise dos requisitos para a implantação das Tecnologias Avançadas de Manufatura***. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo.

RESUMO

Nesta dissertação são identificados e relacionados os requisitos apontados pela literatura como necessários para os processos de implantação das Tecnologias Avançadas de Manufaturas (AMTs) em empresas manufatureiras. Um conjunto de 18 requisitos foi identificado e avaliado junto a empresas usuárias e fornecedoras de AMTs a fim de verificar como cada requisito influenciou nos processos recentes de projeto e implantação de AMTs. O nível de influência de cada requisito foi avaliado em uma escala de *Likert* entre 1 (sem importância no processo) e 5 (fundamental no processo) e os requisitos considerados mais importantes foram elencados numa lista de requisitos para o projeto e implantação da automação nas empresas. O requisito segurança foi eleito como o mais importante pelas empresas e o requisito integração total do sistema considerado como um dos menos importantes para a implantação das AMTs, apesar de ter sido o mais citado pelos autores pesquisados.

PALAVRAS-CHAVE: AMT, Tecnologia de Manufatura Avançada, Automação.

FARDIN, Everton Luís. ***Analysis of the requirements for the implementation of Advanced Manufacturing Technology***. 2011. 93 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Mestrado em Engenharia de Produção, Universidade Nove de Julho, São Paulo.

ABSTRACT

In this Dissertation are identified and related requirements appointed by the literature as necessary for the processes of implementation of advanced manufacturing technologies (AMTs) in manufacturing companies. A set of 18 requirements were identified and evaluated with the users and suppliers of AMTs to verify how each requirement has influenced the recent processes of project and implementation of AMTs. The level of influence of each condition was evaluated on a Likert scale from 1 (unimportant in the process) and 5 (crucial in the process) and the requirements considered most important were listed on a proposed roadmap for the design and implementation of automation in companies. The safety requisite was elected as the most important by the companies and the requisite total integration of the system was considered the least important for the implementation of AMTs, despite being the most mentioned by the authors surveyed.

KEYWORDS: AMT, Advanced Manufacturing Technologies, Automation.

SUMÁRIO

RESUMO	VIII
ABSTRACT.....	IX
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	XI
LISTA DE FIGURAS	XII
LISTA DE QUADROS	XIII
1. INTRODUÇÃO	1
1.1 OBJETIVOS	4
1.2 RELEVÂNCIA DO TRABALHO	5
1.3 METODOLOGIA.....	5
1.4 RESULTADOS ESPERADOS	8
1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	8
2 TECNOLOGIAS DE MANUFATURA AVANÇADA (ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES – AMTs) E AS PERDAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS	10
2.1 ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES - AMT	10
2.2 TECNOLOGIAS DA AMT	14
2.3 PROBLEMAS NA IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO	15
2.4 GANHOS POSSÍVEIS COM A IMPLANTAÇÃO DA AMT	18
2.5 REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO	19
2.6 PERDAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO	27
3 ANÁLISE DOS REQUISITOS DE IMPLANTAÇÃO DA AMT	29
4 PESQUISA COM USUÁRIOS E FORNECEDORES DE AMT.....	38
4.1 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS	39
4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS	41
4.2.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS FORNECEDORES	41
4.2.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS USUÁRIOS	43
4.2.3 COMPARAÇÕES DOS RESULTADOS.....	44
5 PROPOSTA DA LISTA DE REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DA AMT	49
5.1 LISTA DE REQUISITOS ORDENADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE AMT	54
6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	58
6.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS.....	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	60
BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	67
ANEXO I	68
ANEXO II.....	81

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

<i>AMT</i>	<i>Advanced Manufacturing Technologies</i>
<i>CAD</i>	<i>Computer Aided Design</i>
<i>CAM</i>	<i>Computer Aided Manufacturing</i>
<i>CAE</i>	<i>Computer Aided Engineering</i>
<i>CIM</i>	<i>Computer Integrated Manufacturing</i>
<i>EDI</i>	<i>Electronic Data Interchange</i>
<i>TPM</i>	<i>Total Productive Maintenance</i>
<i>FMS</i>	<i>Flexible Manufacturing System</i>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - FLUXOGRAMA REPRESENTATIVO DA METODOLOGIA UTILIZADA.....	7
FIGURA 2 - OS 10 PASSOS PARA A AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA.	24

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - QUESTÕES RELACIONADAS COM A ADOÇÃO DE AMTs	20
QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DA AMT PESQUISADOS NA LITERATURA E RELACIONADOS COM O AUTOR.	26
QUADRO 3 - RESPOSTAS DAS EMPRESAS FORNECEDORAS DE AMT.....	40
QUADRO 4 - RESPOSTAS DAS EMPRESAS USUÁRIAS DE AMT.	42
QUADRO 5 - PONTUAÇÃO TOTAL DAS REPOSTAS DE USUÁRIOS E FORNECEDORES DE AMT.....	45
QUADRO 6 - PONTUAÇÃO TOTAL DOS RESULTADOS DOS REQUISITOS AVALIADOS NA FASE DE PROJETO DA AMT.....	47
QUADRO 7 - PONTUAÇÃO TOTAL DOS RESULTADOS DOS REQUISITOS AVALIADOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO DA AMT.....	48
QUADRO 8 - CLASSIFICAÇÃO PELO TOTAL DE PONTOS AVALIADOS NO PROJETO E NA IMPLANTAÇÃO DA AMT.....	50
QUADRO 9 - SOMATÓRIA DOS RESULTADOS DE CADA REQUISITO ENTRE FORNECEDORES E USUÁRIOS DE AMT.....	55

1. INTRODUÇÃO

A competitividade entre as empresas tem feito com que antigos diferenciais competitivos passem a ser considerados requisitos pelo mercado. Assim, flexibilidade, qualidade, rapidez na produção e no atendimento, que juntamente com o baixo custo compunham o conjunto de objetivos a serem alcançados pelos sistemas produtivos (SLACK, 1995), passaram a ser exigidos pelo mercado como qualificadores das empresas, conforme definido por Porter (1986).

A fim de atender aos requisitos de flexibilidade, qualidade e de rapidez, as empresas têm buscado cada vez mais dispor das chamadas Tecnologias Avançadas de Manufatura (AMT, do inglês *Advanced Manufacturing Technologies*), uma forma que as empresas encontraram para obter vantagens competitivas (PAGELL *et al.* 2000). AMT são tecnologias que englobam software, hardware (sistemas automatizados) e técnicas de gestão da produção, que executam e suportam operações de manufatura e têm potencial para melhorar o desempenho dessas operações, criando oportunidades e vantagens competitivas para empresas que forem capazes de implementá-las e gerenciá-las corretamente (GOUVÊA DA COSTA, 2003; RIBEIRO *et al.* 2003; DANGAYACH e DESHMUKH, 2005), e são comumente considerados como automação da manufatura.

A automação é definida como a tecnologia relacionada com a aplicação de sistemas elétricos, mecânicos e baseados em computador para operar e controlar uma produção (GROOVER, 2001). Como o termo automação é diretamente relacionado com as Tecnologias Avançadas de Manufatura, neste trabalho adotou-se como padrão o termo AMT.

Dentre as AMTs do grupo hardware encontram-se robôs industriais, máquinas CNC, sistemas de manipulação e armazenamento de materiais, entre outros. Já nas do grupo software, encontram-se os sistemas especialistas, os sistemas

de apoio à decisão, sistemas CAD/CAM/CAPP/CAE, entre outros. E no grupo das tecnologias de gestão são encontradas a Tecnologia de Grupo, o Just-in-Time, a Manutenção Produtiva Total, entre outras (RIBEIRO *et al.* 2003). De forma mais genérica, as AMTs são compreendidas como sendo a automação da manufatura. Small e Yasin (1997) definiram as tecnologias avançadas de manufaturas, as AMTs, como tecnologias destinadas ao melhoramento das operações de manufatura e aumento da competitividade das empresas. Zhou *et al.* (2009), comentam que uma recente pesquisa sobre investimentos em AMT, mostra que nos Estados Unidos, esses investimentos trouxeram bons resultados para as empresas em forma de lucros e crescimento.

Nota-se, então, que a busca pela AMT se tornou um objetivo para as empresas que pretendem atingir níveis competitivos de produtividade, com flexibilidade suficiente para atender à grande variedade de produtos que o mercado demanda, de modo a não afetar a capacidade produtiva da empresa.

Esta flexibilidade está ligada à capacidade de produção, por exemplo, de novos produtos, diversificação dos produtos, quantidades diferentes em cada produto, programações de entregas com prazos diferentes (BORDOLOI *et al.* 1999). Tudo isso contribui com a capacidade da empresa em atender seus clientes com preço acessível e competitividade.

Segundo Jokinen (1996), a AMT tem crescido rapidamente, bem como muitas pesquisas têm sido desenvolvidas com foco na automação da produção. Com o avanço da tecnologia e da ciência, os hardwares e softwares disponíveis para a automação têm facilitado esse avanço significativo da automação de sistemas produtivos.

A automação, como o próprio nome sugere, é a automatização e a integração de sistemas mecânicos, hidráulicos, elétricos, eletrônicos das máquinas e equipamentos com o computador, para operar e controlar um sistema de produção. É sugerida para substituir o trabalho humano de forma rápida e econômica nas situações em que o processo de automação muitas vezes visa o fator segurança das pessoas envolvidas no processo, da qualidade do

produto final, da rapidez do processo de fabricação, entre outros trabalhos, que na lógica, melhoram o produto final (MORAES e CASTRUCCI, 2001).

Fox (2001) explica que Henry Ford deu os primeiros passos rumo à automação inserindo a primeira linha de produção em massa da história, e afirma que, a partir disso, não existiram avanços que se pudessem chamar de revolucionários, mas sim uma constante na evolução da automação. Para Lee e Li (2009), a automação tem sido importante para todas as áreas, inclusive nos processos mais complexos, tais como a fabricação de moldes de injetoras, por exemplo.

Existem vários motivos (flexibilidade, segurança, qualidade, etc.) para a empresa automatizar sua cadeia produtiva, tornando a automação um grande atrativo para a indústria moderna na qual, cada vez mais, a produtividade está alinhada com a competitividade. A AMT provê às organizações uma oportunidade de sucesso para a competitividade e para obter uma vantagem para si. As indústrias e pesquisadores acadêmicos acreditam que as AMTs podem reduzir custos operacionais, proporcionar alto nível de produtividade, eliminar erros humanos, melhorar a flexibilidade de produção e reduzir o prazo para entrega, ou seja, diminuir o tempo de produção (SOHAL *et al.* 1999).

Entretanto, a automatização das empresas, não é tão simples quanto se imagina; Gouvêa da Costa (2003) identificou que existem muitas variáveis que estão ligadas diretamente com o processo de automatização, e que muitas questões importantes devem ser levantadas na hora de se pensar em automatizar qualquer sistema, por mais simples ou complexo que ele seja. São questões relacionadas à estratégia da empresa, aos processos de aquisição de equipamentos e de adequação.

Por ser necessário verificar qual sistema automático é mais adequado para a empresa e sua estratégia, e seu nível de investimento, Ribeiro *et al.* (2003) afirmam que:

“A mera aquisição e instalação dessas tecnologias não garantem que todos os potenciais benefícios serão alcançados. A adoção e implementação das AMTs devem seguir procedimentos, e alterações no nível administrativo, para que sejam alcançados os resultados que estas podem trazer” (RIBEIRO et al., 2003).

Para corresponder a estas expectativas é preciso adotar nas organizações determinados procedimentos para a implantação das AMTs como forma de agregar produtividade à empresa, sem que os custos desta implantação não sejam um prejuízo a empresa, e sim um investimento bem sucedido. Sohal et al. (1999) destacam que toda tecnologia requer um capital substancial e isso gera uma pressão por resultados rápidos por parte dos investidores. Essa pressão pode aumentar a probabilidade de uma falha na implantação da AMTs, como exemplo não preparar adequadamente a organização para receber a nova tecnologia.

Desta forma se faz necessário um estudo voltado para a análise destes procedimentos adotados pela indústria na implantação das AMTs e confrontá-los com o que a literatura recomenda ser feito para estas alterações. Neste contexto, o presente trabalho procura explorar o tema processos de implantação das AMTs.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é identificar e ordenar os requisitos para a implantação de AMTs consideradas importantes pelas empresas usuárias e fornecedoras de AMTs.

Pretende-se ainda com base nas evidências identificadas, propor uma lista de requisitos para implantação das AMTs nos sistemas de produção; o escopo

dessa lista é poupar o usuário de possíveis erros no processo de automatização e facilitar a forma como será feito o processo.

1.2 RELEVÂNCIA DO TRABALHO

A forma das empresas se comportarem no mercado global tem se alterado constantemente nas últimas décadas, devido ao dinamismo, incerteza e desconhecimento, e esses fatores vêm forçando as indústrias a demandar produtos diversificados e cada vez mais complexos, abolindo os padrões fordista-taylorista utilizados por décadas pelas empresas com objetivo de maximizar a produção em série e reduzir os custos de fabricação com a baixa diversificação dos produtos (FLEURY, 1990 e GOUVÊA DA COSTA, 2003).

A nova realidade do mercado tem exigido flexibilidade, qualidade, rapidez e inovação na produção, além dos baixos custos; são fatores competitivos de grande importância e para isto as empresas buscam soluções para suprir as exigências, e a automação tem sido uma das alternativas encontrada para estarem competitivas no mercado (SOHAL *et al.*, 1999).

A partir disto, a automação é um atrativo interessante para as empresas, porém a implantação da automação não é um processo tão simples, e exige cautela e conhecimento da real necessidade do sistema produtivo, evitando assim desperdiçar tempo e dinheiro e então estarem ativas no mercado e com um ativo moderno e eficaz.

1.3 METODOLOGIA

Este trabalho se caracteriza como uma pesquisa exploratória, pois o objetivo central é propor uma familiaridade maior com o problema, possibilitando a construção de uma hipótese (GIL, 2009).

Com a finalidade de adquirir conhecimento sobre o assunto, é proposta uma pesquisa bibliográfica inicial para levantar as recomendações de procedimentos de implantação da automação em empresas. Essa abordagem foi estendida para mais de 10 anos, pois boa parte dos trabalhos recentes cita

trabalhos anteriores, e também por observar que não houve grandes mudanças neste tema. As pesquisas foram feitas em bibliotecas físicas e digitais, banco de teses e em sua maioria, em base de dados como Scielo, Emerald, Science Direct, etc.

Como o objetivo final é propor uma lista de requisitos para a implantação de AMT, se faz necessário verificar de que forma é conduzido o processo de implantação da AMT nas empresas, em especial nas partes de seus respectivos sistemas produtivos que foram automatizadas, visando avaliar o processo de implantação da automação e, então, extrair informações para confrontá-las com as informações extraídas da literatura. Nessa pesquisa exploratória, a finalidade é partir de um levantamento bibliográfico e de entrevistas com profissionais que tiveram contato direto com problemas relacionado à automação na prática. Para Marconi e Lakatos (2003), uma das finalidades dos estudos exploratórios é aproximar o pesquisador com o ambiente real da pesquisa.

Será realizado um estudo de múltiplos casos, com usuários e fornecedores de AMTs para verificar o uso dos procedimentos e critérios identificados para a implantação da AMT no sistema produtivo da empresa, e este estudo será através de aplicação de um questionário com perguntas do tipo fechado e respostas em escala de *Likert*.

Após definidos os requisitos da literatura através da revisão bibliográfica e os dados coletados nas empresas, foram analisados e comparados, e após isso se propôs elaborar uma lista de requisitos para facilitar a automação nas empresas.

A Figura 1 mostra um esquema de como está estruturada a metodologia deste trabalho.

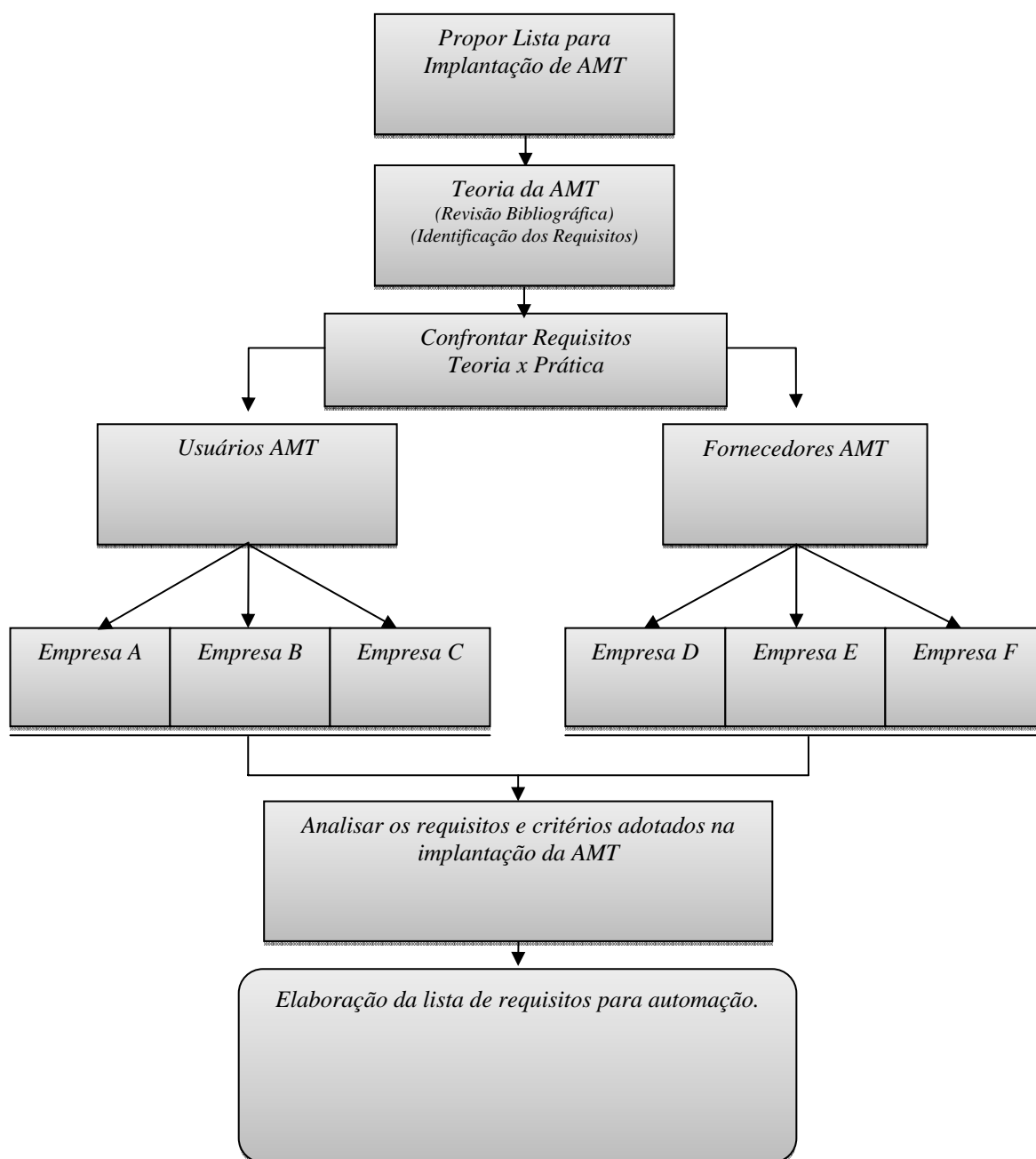


FIGURA 1 - FLUXOGRAMA REPRESENTATIVO DA METODOLOGIA UTILIZADA.

1.4 RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se nesta pesquisa conhecer quais requisitos são efetivamente considerados nos processos de implantação das AMTs, e elaborar uma lista para auxiliar as empresas no processo de implantação de AMT. Esta lista, que será elaborada com base no confronto dos dados obtidos nas pesquisas exploratórias, tem a intenção de servir de base para as empresas que tenham interesse em automatizar seu sistema produtivo, a fim de evitar cometer certos equívocos que outras empresas já tenham cometido.

1.5 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

O presente trabalho está dividido da seguinte forma:

- no capítulo 1 é feita a apresentação do trabalho, com as justificativas, objetivos, metodologia e relevância.
- no capítulo 2 é feita a revisão bibliográfica sobre automação, Tecnologias de Manufatura Avançada (AMT) e as recomendações existentes para a implantação das AMTs. Faz-se ainda uma breve revisão sobre as perdas existentes nos sistemas produtivos, a fim de destacar como a automação pode auxiliar na eliminação dessas perdas – ou complicá-las no caso de processos mal sucedidos.
- no capítulo 3 é feita a proposta geral do trabalho, ou seja, são alinhadas as recomendações para automação encontradas na literatura. Cada requisito identificado é descrito para obter um padrão de respostas mais consistentes nas pesquisas. Com base nos requisitos, é feito o questionário que será aplicado nas empresas definidas também neste capítulo.
- no capítulo 4 são apresentados os resultados da pesquisa de múltiplos casos realizada. Serão verificados os itens da lista inicial que efetivamente são obedecidos, tanto pelos usuários, como pelos fornecedores da automação. A partir da comparação desses estudos com as indicações da literatura, elaborase a lista final para a implantação da automação.

- no capítulo 5 é apresentada a proposta da lista de requisitos para projeto e implantação das AMTs.
- no capítulo 6 são apresentadas as conclusões do trabalho, bem como as sugestões para trabalhos futuros.
- no último capítulo são apresentadas as referencias bibliográficas utilizadas e consultadas nesta pesquisa.

2 TECNOLOGIAS DE MANUFATURA AVANÇADA (*ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES* – AMTs) E AS PERDAS NOS SISTEMAS PRODUTIVOS

Tecnologias avançadas de manufatura (AMT) são equipamentos que utilizam alguma lógica numérica para execução de tarefas na manufatura ou em qualquer outro ambiente que necessite de uma automação. O termo automação pode ser considerado como uma tecnologia avançada de manufatura (AMT), embora na literatura alguns autores utilizem o termo Automação e em outro momento AMT.

Gouvêa da Costa (2003) explica que nos dias atuais, a automação é diretamente relacionada ao que se denomina de AMT (*Advanced Manufacturing Technologies*). A fim de evitar um conflito entre os termos, ficou-se adotado o termo AMT para esta pesquisa como sendo um termo que engloba todo tipo de automação, seja hardware, software ou de gestão, para a automação propriamente dita.

Neste capítulo, a fim de formar a base teórica deste trabalho, foi feita uma revisão bibliográfica sobre AMT, com suas definições e recomendações sobre procedimentos de implantação. Complementarmente, foi feita ainda uma revisão sobre as perdas encontradas nos sistemas produtivos e suas relações com os processos equivocados de implantação de AMTs.

2.1 *ADVANCED MANUFACTURING TECHNOLOGIES* - AMT

A definição de AMT pode ter várias vertentes dependendo do ponto de vista de cada autor, que sustentam diferentes características.

Zhou *et al.* (2009) utilizaram o termo guarda-chuvas para descrever a AMT, onde possui uma variedade de tecnologias que utilizam, de forma direta ou

indireta, computadores nas atividades de manufatura. Já Kotha e Swamidass (2000) dizem que a automação é um grupo de quatro dimensões, e que em cada grupo desses contém diferentes tecnologias, que são: (1) Tecnologia de Design de produto, (2) Tecnologia do processo, (3) Tecnologia da Logística e Planejamento e (4) Tecnologia de troca de informações.

Sastry (2004), a AMT é definida como uma coleção de dispositivos, equipamentos e redes que controlam desde uma variedade de informações e processos de fabricação, materiais até mudanças nas funções das pessoas. Ainda define que a AMT é usada eliminar tarefas repetitivas e obter um desempenho mais preciso nas tarefas. Segundo a pesquisa de Gouvêa da Costa (2003), demonstra que os autores conceituam a AMT como a substituição do esforço humano, a que alguns denominam como mecanização, outros relacionam a atividade da automação com a atividade de tomar decisão e não mais referente à substituição do trabalho físico, e sim ao trabalho mental do homem. Este ainda mostra que alguns autores diferenciam a automatização de automação (AMT), em que o primeiro trata a mecanização e o segundo as atividades que envolvem como um todo.

Sohal *et al.* (1996), classificam a AMT como uma família de tecnologias, que incluem: Sistemas de desenho assistido por computador (CAD), engenharia assistida por computador (CAE), planejamento de recursos por computador (MRPII), sistemas de manufatura flexíveis (FMS), sistemas de montagem flexíveis (FAS), máquinas controladas por computador e robôs.

A definição de Gouvêa da Costa (2003), para automação diz que são equipamentos e aparatos de base numérica e computacional (*software* e *hardware*), projetados para executar ou suportar atividades de manufatura. Na mesma linha de raciocínio Udo e Ehie (1996) definiram a automação como um grupo de tecnologias integradas, baseadas em hardwares e softwares, quando propriamente implementadas, monitoradas e avaliada, pode melhorar a eficiência operacional e efetiva das empresas que inseriram a automação no seu sistema produtivo.

Lin e Nagalingam (2000) *apud* Gouvêa da Costa (2003) colocam que a automação é o resultado da integração de diversas tecnologias, que se pode citar como tecnologias avançadas de manufatura, onde AMT é o termo abreviado da língua inglesa para *Advanced Manufacturing Technologies*. Este termo é utilizado para designar o conjunto da automação, ou seja, o sistema da automação como um todo.

De maneira geral, a AMT pode ser então definida como uma junção de tecnologias que envolvem tanto hardware como software e técnicas de gestão, e que pode ser usada para melhorar um processo de fabricação e/ou para substituir o trabalho humano.

No geral a AMT tem sido uma tendência nos últimos 20 anos nas indústrias pelo mundo, isso tem feito com que muitos países se aproveitassem dessas tecnologias para ganhar e manter uma vantagem competitiva no mercado mundial. O recurso da AMT é cada vez mais visto como uma das soluções para as empresas que almejam ser competitivas no mercado globalizado, preocupadas em melhorar sua produtividade e claro, visando reduzir os custos. Para isso, nota-se que quanto maior o nível da automação da empresa, maiores serão os benefícios na regularidade da qualidade de um produto (GOMES, 2003; JON-CHAO *et al.* 1996).

Moraes e Castrucci (2001), afirmam que existem algumas razões para se utilizar a automação nas empresas:

- repetibilidade e maior qualidade;
- tarefas agressivas ao homem;
- rapidez na produção para atender o cliente;
- redução dos custos de produção;
- restabelecimento mais rápido do sistema produtivo;
- redução da área de trabalho e;

- possibilidade de introdução de sistemas produtivos.

Muitas empresas vêm investindo em automação, acreditando que esta tecnologia traz simultâneos benefícios ao sistema produtivo da empresa, como, velocidade, grande variedade de produção (flexibilidade) e o aumento da produção (MORA MONGE *et al.* 2008). Estudos recentes têm considerado positivo o impacto da AMT na empresa, pois aumenta o desempenho, aumenta o lucro e também o crescimento (KOTHA e SWAMIDASS, 2000).

Small e Yasin (2002) explicam que a AMT tem a capacidade de fornecer uma variedade de benefícios operacionais, que incluem melhor coordenação entre diferentes departamentos, melhor controle dos processos, redução do tempo de design do produto, lead time curto e uma qualidade estabilizada dos produtos finais.

Por essas razões a automação é utilizada pelas empresas, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte, sempre que uma resposta rápida e adaptativa seja a chave da competitividade. O nível de automação sustenta aumentos de produtividade e define a estabilidade e a eficiência do sistema de produção (BRENNAN *et al.*, 2008).

A AMT pode proporcionar vantagens competitivas distintas em custo e processos de liderança. Alguns eventos das ultimas décadas, como: problemas na produtividade de empresas Americanas, histórias de sucesso e competitividade econômica global de empresas Japonesas, têm mudado as estratégias de manufatura e tecnologias de processos da base para o topo da lista em prioridades das empresas. Por isso empresas e pesquisadores têm demonstrado forte interesse de como essa tecnologia pode ser usada como uma ferramenta para a competitividade em uma economia de escala global (UDO e EHIE, 1996).

Adler *et al.* (1995) reforçam a ideia de que a automação pode ser usada em todas as indústrias. Como exemplo, cita que na indústria farmacêutica não foi diferente, e obteve resultados interessantes devido à grande flexibilidade que o

sistema utilizado oferece, ainda que em um processo como estes não possam existir falhas, o que resultaria em grandes perdas financeiras para a empresa. O autor ainda cita que são muitos os benefícios da automação, e que esses são tangíveis como, por exemplo, melhorias na qualidade, aumento da capacidade, redução de pessoal e uma melhora significativa da planta.

Para Sastry (2004), um sistema automatizado deve ser usado para obter um melhor desempenho na precisão e na repetibilidade da tarefa, melhorando a qualidade final dos produtos, eliminando perdas e baixando o custo da operação.

Agre *et al.* (1999), dizem que os sistemas automatizados evoluíram muito desde o início da criação dos primeiros passos da automação, e que esta é uma coleção de dispositivos, equipamentos e redes que regulam uma variedade de funções de fabricação, materiais e até movimentação de pessoas.

Boaretto *et al.*(2004), explicam que as grandes empresas já têm consolidado a integração dos processos de produção, e que o próximo passo para essas grandes empresas está sendo a “automação dos processos de negócios”

As pequenas e médias empresas estão buscando integrar os processos e sistemas de chão-de-fábrica aos sistemas administrativos, e ainda otimizando ou automatizando as suas linhas de produção, por meio da compra de equipamentos e da implantação de softwares de supervisão e controle dos sistemas produtivos. Boaretto *et al.*(2004) ainda se referem à automação como uma necessidade emergente e indispensável para as pequenas e médias empresas para se manterem no mercado ou terem uma vantagem competitiva em relação aos concorrentes.

2.2 TECNOLOGIAS DA AMT

Segundo Sohal *et al.* (1996) e Gouvêa da Costa (2003), a AMT pode ser composta de varias tecnologias de hardware - equipamentos, sensores, motores, etc. - ou de tecnologias de softwares - CAD (Sistemas de desenho assistido por computador), CAE (Engenharia assistida por computador), MRP II

(Planejamento de recursos por computador) ou ainda por tecnologias de gestão como FMS (Sistemas de manufatura flexíveis) ou o TPM (Total Productive Maintenance – Manutenção Produtiva Total).

Um sistema completo quando inserido no âmbito geral da empresa, inclusive os setores administrativos, e não só os Hardwares e Softwares, têm-se o nome de CIM (*Computer Integrated Manufacturing*) que tem como parte fundamental a integração e pode ser considerado o que mais se aproxima de um sistema completo de AMT, por possuir toda a integração da manufatura (GROOVER, 2001).

2.3 PROBLEMAS NA IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO

Enquanto vários autores citam muitos exemplos de sucesso na implantação da automação (SASTRY, 2004; MARRI *et al.*, 2007; HOFFMAN, 1999; CHAN *et al.*, 1998), existem também aqueles que dizem sobre as falhas e erros nos processos de automação (HOFFMAN, 1999; GHANI *et al.*, 2002). Portanto essa pesquisa tem a ótica voltada para estes dois fatores, os acertos e os erros no processo de implantação, visto que a implantação das AMTs no sistema produtivo das empresas é considerada como um grande benefício, referenciando sempre a competitividade em uma economia globalizada, a flexibilidade dos sistemas produtivos, baixos lotes de fabricação e diversidade dos produtos. No entanto, existem empresas que não se utilizam das AMTs por já possuírem um sistema de produção simples e pela baixa demanda por flexibilidade.

Percival e Cozzarin (2010) verificaram em sua pesquisa mais de 15 estudos de implantação de AMT que resultaram em falhas, e os resultados foram um aumento não significativo da flexibilidade do processo, resposta do sistema e qualidade. O mesmo autor ainda cita que em alguns casos algumas organizações investiram milhões de dólares e obtiveram um retorno mínimo e em outros casos tiveram um retorno negativo de seus investimentos em AMT.

Um dos problemas indicados por Zhao e Co (1997) são as barreiras inerentes aos processos de transferência de tecnologias. Quando se tem a adoção das AMTs a transferência se dá por meio de aquisições ou acordos de licenciamento que demandam trâmites burocráticos sempre longos e cansativos.

Mital *et al.* (1999) afirmam que a transição entre tecnologias deve ser precedida por uma profunda capacitação dos recursos humanos envolvidos, pois a falta de domínio das novas tecnologias é uma das razões para as falhas encontradas em processos de automatização de empresas. De forma mais específica, as organizações falham em não ajustar os conhecimentos e habilidades dos seus trabalhadores ao nível requerido pelas AMTs adotadas.

Chan *et al.* (2001) afirmam que os benefícios que podem ser obtidos são significativos, porém apontam para um conjunto de fatores que inibem o sucesso das AMTs, tais como:

- a falta de metodologias adequadas e aceitáveis para avaliar tais benefícios;
- baixo nível de confiança na tecnologia existente;
- tempo incompatível entre implantação e utilização das AMTs para estabelecer medidas e referenciais de avaliação consistentes.

Small e Chen (1995) apontam para um conjunto de preocupações que cercam os processos de implantação de AMTs numa empresa:

- muitos dos benefícios oferecidos pelas novas tecnologias são intangíveis e, portanto, difíceis de serem quantificados;
- a falta de metodologias adequadas e aceitáveis para avaliar tais benefícios é novamente citada;
- a capacidade de avaliar os benefícios é diminuída se os benefícios não são corretamente quantificados no processo de justificação das tecnologias.

Segundo Small e Yasin (1997) não existe uma clara relação entre os investimentos em AMTs e o desempenho da empresa. Enquanto alguns estudos sugerem que os investimentos poderiam melhorar o desempenho das empresas, tornando-as mais competitivas, alguns estudos mostram que os investimentos em AMTs por si só não são significativamente correlacionados com o desempenho da empresa, principalmente na área financeira. Ordoobadi e Mulvaney (2001) afirmam que, nesses casos, existe uma inabilidade dos modelos econômicos tradicionais para justificar os investimentos em AMTs, o que gera outro tipo de problema: boa parte dos benefícios associados às AMTs são não quantificáveis e difíceis de estimar, pois têm múltiplos efeitos que atingem vários aspectos da manufatura.

Percival e Cozzarin (2010) em suas pesquisas detectaram que existe uma dificuldade das empresas também quando se trata de troca de informações, o *eletronic data interchange* (EDI), utilizadas nos sistemas de ERP e *Supply Chain*. Esses mesmos autores explicam que em um processo de implantação de AMT, é necessário a implantação de um time de planejamento que seja crítico e integrado, formado por pessoas de varias áreas da empresa, para que a chance de falha no processo de implantação da AMT seja reduzido.

Mais incisivos Kotha e Swamidass (2000) concluíram que empresas que enfatizam uma abordagem de liderança em termos de custos de produção são indiferentes ao uso de AMTs; porém destacam ser isso uma incoerência, dado que a redução de custos é uma das justificativas mais utilizadas para a adoção das AMTs. Zhao e Co (1997) afirmam que os baixos níveis salariais observados em países em desenvolvimento são um fator que contribui para a visão de que as AMTs não influenciam nos custos, visto que o benefício de redução da mão-de-obra é pouco significativo num cenário de baixo investimento em salários contra alto investimento em tecnologia.

Porém, Ghani *et al.* (2002) e Cook e Cook (1994) afirmam que uma das razões pelas quais as AMTs apresentam baixos níveis de impacto direto no desempenho das empresas é a permanência de uma estrutura organizacional estática dentro de um ambiente alterado (a chamada inércia organizacional), ou

seja, as empresas não se preparam para a nova realidade que as AMTs introduzem no sistema produtivo. Segundo Sohal *et al.* (1999), a implantação de AMTs requer substancial nível de investimento de capital, o que gera uma pressão por resultados imediatos; essa pressão induz à impressão de que a implantação das novas tecnologias foi falha, uma vez que não há uma preparação adequada para a organização recebê-las e utilizá-las.

Por outro lado, Rahman e Bennet (2009) afirmam que o desempenho das empresas que utilizam AMTs não depende apenas da tecnologia aplicada, mas também da forma como isso se deu, pois nos processos de adoção de novas tecnologias os usuários são constantemente confrontados com problemas que surgem durante o processo de implementação.

Boyer *et al.* (1997) dizem que deve haver uma sincronia entre o investimento da AMT e uma estratégia empresarial para que a implantação da AMT não seja um investimento errado para empresa. Isto reforça a idéia de que cada caso de processo de implantação da AMT é único, devendo sempre ser analisado individualmente e com base em cada necessidade do processo produtivo.

A necessidade de um estudo para o processo de implantação das AMT na empresa torna necessário um guia para iniciar esse processo. A lista dos requisitos proposta neste trabalho tem a finalidade de auxiliar no projeto e também na implantação das AMTs na empresa.

2.4 GANHOS POSSÍVEIS COM A IMPLANTAÇÃO DA AMT

Para sintetizar melhor os ganhos possíveis com a AMT, Gouvêa da Costa (2003) relacionou uma lista com os benefícios que a AMT pode atingir após a adoção na empresa:

- reduzir o custo: de mão-de-obra direta, matéria-prima, energia, instalações e área ocupada;

- aumentar a qualidade do projeto e de conformação;
- reduzir o lead-time de produção;
- assegurar, uma vez que os ganhos anteriores viabilizaram posições mais competitivas em determinados mercados;
- aumentar a produtividade;
- aumentar a segurança dos trabalhadores, uma vez que, em atividades perigosas e em ambientes insalubres, eles podem ser substituídos por máquinas;
- realizar atividades que não podem ser realizadas por seres humanos, como as que envolvem grande precisão, miniaturização ou grande complexidade geométrica;
- atingir maiores níveis de controle dos processos;
- integrar as fases de projeto e fabricação.

Conforme já colocado anteriormente, o sucesso da implantação da AMT na empresa depende de varias etapas, que pode-se sugerir que a empresa só alcançará esses ganhos citados após um correto processo de implantação de AMT, que será sugerido ao final deste trabalho.

2.5 REQUISITOS PARA A IMPLANTAÇÃO DA AUTOMAÇÃO

Como visto na literatura, alguns autores não indicam um claro roteiro para a implantação das AMTs na indústria, desta mesma forma que os autores citaram as razões e a forma de como deve-se proceder o processo de automação de uma empresa. O autor Gouvêa da Costa (2003), em sua pesquisa, após realizar a pesquisa bibliográfica e a pesquisa de campo, levantou diversos aspectos, chamando-os de diretrizes. Segundo essas

diretrizes oriundas da literatura, o autor desenvolveu o seguinte Quadro (Quadro 1).

Questões levantadas na literatura	Problema geral
Relação com os objetivos de negócio	Estratégia de manufatura
Definição de objetivos nos níveis operacional (técnico), sistêmico e estratégico.	
Vinculação com a estratégia de manufatura.	
Existência / Adequação de sistema de medição de desempenho	
Compatibilidade com o sistema técnico existente	
Escopo da automação	
Estágio do produto no seu ciclo de vida	
Manutenção	
Sistemas de informação	
Relação com fornecedores	
Recursos humanos	
Critérios e / ou métodos para justificação econômica	Justificação econômica
Identificação e avaliação do processo produtivo	Identificação e avaliação do processo produtivo
Planejamento da implantação	Implementação
Adequação / preparação dos recursos humanos	
Aspectos culturais da empresa	
Gestão da mudança	
Adequação organizacional	Adequação organizacional
Envolvimento de times no processo de decisão	Processo de Seleção de tecnologias
Abordagem estratégica para o processo de decisão	
Necessidade de haver abordagens com maior grau de experimentação	Enfoque / Abordagens existentes para lidar com o processo de adoção de AMT

FONTE: Adaptado de Gouvêa da Costa (2003).

QUADRO 1 - QUESTÕES RELACIONADAS COM A ADOÇÃO DE AMTs

O Quadro 1 indica claramente que a maior parte das questões se concentra na área da estratégia de manufatura. Isso corrobora com o que o autor Voss (1986) concluiu em sua pesquisa, em que a partir de um estudo em mais de 30 empresas, chegou à conclusão de que a maioria das empresas emprega mais critérios técnicos do que aspectos estratégicos, e afirma que a consideração de

critérios de nível estratégico é de suma importância para que todo o potencial das tecnologias implantadas seja alcançado.

As diretrizes levantadas pelo autor Gouvêa da Costa (2003) mencionam o que outros autores apresentaram em pesquisas, e são relacionadas com o problema geral correspondente. A partir disso, Gouvêa da Costa (2003) propôs um *framework* para um primeiro estágio da seleção das AMTs; no entanto, o autor não faz nenhum tipo de relação com os requisitos para a implantação da AMT, ou qualquer discurso sobre os requisitos. A partir disso, toma corpo a proposta do presente trabalho, que é reunir o que os diversos autores propõem para o processo da implantação da automação na indústria, e então discuti-los e confrontá-los com o que as empresas têm feito na prática.

A automação, como toda renovação de equipamento, sistemas ou máquinas, exige constantemente manutenção e atualização, e isso gera custo para a empresa que possui esses sistemas automatizados. Mora-Monge *et al.*(2008) relatam que a implantação da automação deve ser a mais longa, cara e complexa tarefa que a empresa deve realizar, e que além disso os investimentos tendem a ser irreversíveis, pois são altamente especializados, duráveis e dependentes da empresa, como rotinas específicas de funcionamento, fluxo de informação e conhecimento.

Entretanto, Moraes e Castrucci (2001) afirmam que um planejamento detalhado do processo de implantação da automação em empresas deve prever tanto a manutenção dos equipamentos e recursos, como a sua atualização, num programa de melhoria contínua e planejada.

Favaretto (2001), diz que um passo importante para a automação de um sistema produtivo, é prever desde o início da implantação da automação a integração de todo o sistema produtivo, desde o chão de fábrica até a área corporativa da empresa, e que a visão sempre deve estar focada na integração das informações. Reforça ainda a ideia de que um dos aspectos mais estratégicos da automação é a supervisão dos dados fornecidos pelas máquinas e a integração com tecnologias de comunicação em rede interna e

externa (*Internet*), uma vez que é imprescindível que os sistemas de supervisão e controle utilizem essa tecnologia.

Ravaie e Haji-Valizadeh (2002) relatam que no ambiente competitivo as empresas têm sido forçadas a adotarem os processos de automação e que, devido aos custos dos processos de automação serem altos, é necessário que haja um projeto detalhado da implantação para não ocorrerem falhas que resultem em custos para a empresa. Consideram ainda que o primeiro passo para a implantação da automação deve ser a integração dos sistemas automatizados.

Maturana *et al.* (2008) afirmam que, antes de efetuar um processo de automação em um sistema produtivo, faz-se necessário um estudo para identificar as metas de longo prazo que se pretende atingir com a nova estrutura automatizada, visando a seleção dos componentes do sistema a serem adquiridos e implantados a fim de evitar eventuais custos desnecessários como a aquisição de equipamentos errados ou inadequados. Nesse sentido, Ravaie e Haji-Valizadeh (2002) afirmam que um projeto de automação adequado deve levar em conta todos os atributos técnicos necessários para obter o máximo desempenho que o sistema produtivo pode alcançar, incluindo as metas planejadas - que podem ser rapidamente atingidas - e também aspectos fundamentais para as empresas estarem bem posicionadas no mercado: flexibilidade de produção, confiabilidade do produto, qualidade, tempo de fabricação e custo de operação.

Samad *et al.* (2007) explicam que dispositivos e componentes de sistemas automatizados dimensionados corretamente são essenciais para um processo produtivo ter segurança e eficiência, e que num projeto de automação muitas vezes a escolha dos dispositivos e componentes é orientada com base nos resultados que se almeja em termos de confiabilidade, qualidade do produto, custo e o tempo de atravessamento (*throughput*).

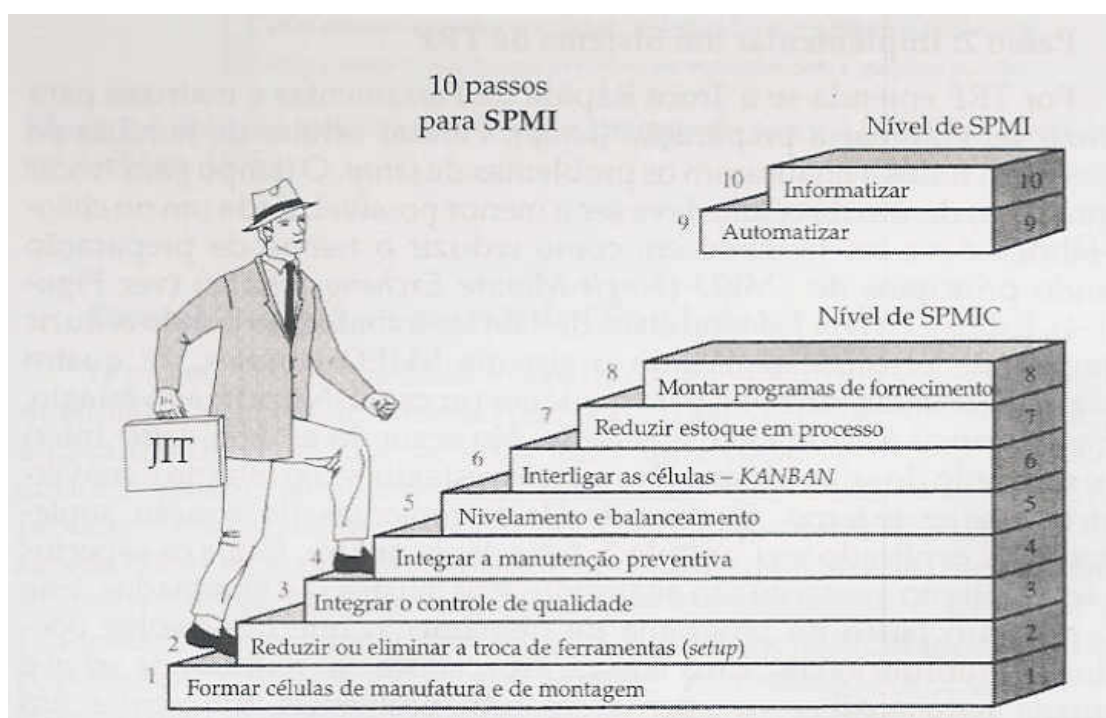
De acordo com Moraes e Castrucci (2001), os sistemas automatizados de produção nas indústrias são constituídos por hardware e software baseados

em componentes computadorizados, computadores e dispositivos de redes, pacotes de interface homem-máquina, processos de monitoramento e operação, sistemas tratamento de sinais, sensores, atuadores, controles algoritmos, operadores humanos e o processo de produção, em que cada um desses elementos deve atender aos aspectos técnicos do sistema produtivo e estar em sintonia um com o outro (integração), para que todos juntos possam obter a máxima eficácia do sistema de produção.

Na AMT, os sistemas físicos e lógicos se relacionam por meio dos vários dispositivos que realizam o processamento da informação, e de certa forma existe uma dificuldade na distribuição desta informação, exigindo equipamentos específicos e capazes de a tratarem de forma correta. Em sistemas automatizados mais complexos, esses requisitos são importantes para o sucesso (MATURANA *et al.* 2008).

Para Seilonen *et al.* (2008), no controle automático de um sistema produtivo aspectos como a segurança, confiabilidade, qualidade, eficiência e robustez do controle, são consideradas como os principais requisitos da automação de processos. No entanto, deve-se destacar que o sistema produtivo deve atender à demanda e às variações de produto exigidas pelo mercado consumidor, o que implica em capacidade e agilidade do sistema produtivo automatizado, que tem de variar operações e produzir diferentes tipos de produtos, possibilitando à empresa se manter mais competitiva no mercado.

No processo de automação da manufatura, segundo Black (1998), existem dez passos para se atingir o nível dos SPMI (Sistemas Produtivos de Manufatura Integrada), conforme mostra a Figura 2. Esses passos implicam em mudanças que irão afetar toda a empresa, e todo o seu efetivo deve estar preparado para a nova filosofia e conceitos do SPMI.



FONTE: BLACK (1998)

FIGURA 2 - OS 10 PASSOS PARA A AUTOMAÇÃO DA MANUFATURA.

Uma análise mais simplificada da proposta de Black (1998) mostra que a implantação da AMT num sistema de manufatura passa primeiramente por um conjunto de etapas que não requerem, necessariamente, investimentos financeiros, apenas mudanças de paradigmas e de gestão. Somente após atingir um nível de funcionamento compatível com a Manufatura Enxuta é que se deve pensar em aspectos diretamente ligados à automação sob o ponto de vista da aquisição de equipamentos.

De certa forma, Moori e Brunstein (1995) estão de acordo com Black (1998) no que diz respeito a mudanças de gestão, ou seja, a AMT é um passo importante para a empresa; porém, antes de iniciar qualquer automação, faz-se necessária a capacitação administrativa, sem a qual todos os investimentos e esforços para a automação terão sido em vão.

Por não observarem esses passos iniciais, muitas vezes as empresas acabam cometendo erros no processo de automatização, o que acarreta em custos devido ao não planejamento do processo de automatização. Os riscos de uma automatização equivocada são muitos, como: aumentar a produtividade do erro, executar com eficiência operações desnecessárias, automatizar os problemas. Esses são alguns dos erros mais comuns que Black (1998) identifica.

Moraes e Castrucci (2001) destacam que as empresas estão despendendo muitos recursos na implantação da automação em seus respectivos sistemas produtivos: historicamente, até 90% dos esforços de programação de equipamentos automatizados (máquinas CNC, por exemplo) são realizados após o *start-up* inicial do sistema. Isso significa que a maior parcela do tempo utilizada na implantação é dedicada à detecção e correção de falhas, e as otimizações ocorrem em uma etapa posterior à de implantação do sistema na cadeia produtiva da empresa.

Como recurso para facilitar a visualização dos requisitos e procedimentos de uma forma mais sintética com relação ao que foi identificado na literatura, criou-se uma tabela relacionando o que os autores referenciados neste trabalho citaram com relação aos procedimentos de implantações de AMTs, evidenciando que muitos autores seguem uma mesma linha de raciocínio. Como exemplo, muitos autores citaram o detalhamento da integração completa do sistema produtivo, desde o menor nível na empresa, o chão de fábrica, até o comprometimento de toda área administrativa (Quadro 2).

Procedimentos \ Autores	Seilonen et AL. (2008)	Maturana et al. (2008)	Samad et al. (2007)	Sastry (2004)	Boaretto et al. (2004)	Ravaie e Haji-Valizadeh (2002)	Moraes & Castrucci (2001)	Favaretto (2001)	Moori e Brunstein (1995)	Total de Citações
Integração total do sistema					✓	✓	✓	✓		4
Repetibilidade (Capacidade)	✓			✓		✓				3
Qualidade do Produto	✓		✓	✓						
Custo do produto final			✓	✓		✓				
Integração com tecnologias de comunicação		✓					✓	✓		
Tempo de produção (lead time)		✓	✓			✓				2
Supervisão dos dados							✓	✓		
Metas em longo prazo versus equipamentos		✓				✓				
Confiabilidade do Sistema	✓		✓							
Flexibilidade	✓					✓				1
Aquisição de novos equipamentos					✓					
Plano de manutenção							✓			
Atualização dos equipamentos							✓			
Análise da vantagem competitiva					✓					
Capacitação administrativa									✓	
Desempenho nas operações				✓						
Segurança	✓									
Eliminação de perdas				✓						
<i>Total de procedimentos</i>	5	3	4	5	3	6	5	3	1	

QUADRO 2 - CLASSIFICAÇÃO DOS REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DA AMT PESQUISADOS NA LITERATURA E RELACIONADOS COM O AUTOR.

Como se percebe no Quadro 2, o item de maior relevância, citado por quatro autores - o que representa a metade dos autores que estão referenciados nesse quadro - é o item Integração total do sistema, que sugere a integração do sistema produtivo no processo de implantação da automação.

Dessa forma, os 18 itens identificados no Quadro 1 serão considerados neste trabalho como os procedimentos ou requisitos necessários para a implantação da automação da manufatura, ou seja, implantação das AMTs.

A descrição de cada um desses itens que se tornam, então, os procedimentos ou requisitos necessários para a automação, será feita adiante, quando da elaboração da proposta geral deste trabalho.

2.6 PERDAS NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Em todos os setores, as empresas devem reduzir seus custos ao máximo para estarem competitivas no mercado globalizado, e uma das formas de se reduzir os custos dentro de um processo produtivo é eliminando as perdas envolvidas no desenvolvimento das atividades de manufatura.

Nos sistemas atuais de produção foram classificados sete grandes tipos de perdas que não agregam qualquer tipo de valor em processos de produção ou processos administrativos (ANTUNES *et al.* 2008), a saber:

- perdas por superprodução. Segundo Shingo (1996), a perda por superprodução pode ser considerado como a pior das perdas existentes no sistema de produção;
- perdas por espera (Tempo sem trabalho);
- perda por transporte ou movimentação desnecessária;
- perda por superprocessamento ou processamento incorreto;
- perda por excesso de estoque;
- perda por movimento desnecessário;
- perda por defeitos;

As perdas identificadas nos sistemas de produção podem estar ligadas diretamente às falhas cometidas no processo de automação de um sistema produtivo. Goldratt (2002) aponta que a aquisição equivocada de um ou mais equipamentos automatizados podem gerar a perda por superprodução, pois a aquisição de um equipamento incompatível com a linha de produção ou com outros equipamentos, e que produz mais que o planejado, gera gargalos em postos seguintes (criando estoques intermediários desnecessários).

Da mesma forma, as perdas por espera também acabam ocorrendo como consequência, pois falsas demandas criadas apenas para ocupar um equipamento mais caro geram mais setup nos demais equipamentos. Além disso, quando os equipamentos adquiridos de forma equivocada possuem baixa flexibilidade, os tempos de setup tendem a ser elevados.

As perdas por superprocessamento ou processamento ineficiente decorrem da escolha equivocada de um equipamento. É comum encontrar casos de equipamentos que são superdimensionados para tarefas menores, ocasionando desperdício de capacidade. Além disso, tornam o processo mais complexo e, em muitas situações, automatizam os erros já existentes, criando ainda as perdas por defeitos que ocorrem como consequência de um processo mal realizado.

A ocorrência dessas perdas deixa patente que, para todo e qualquer processo de implantação das AMTs em um sistema de produção, é importante fazer um estudo minucioso de toda cadeia produtiva da empresa, e não apenas levar em consideração um setor ou um processo como um caso isolado. Deve existir, então, um procedimento a ser seguido que oriente a implantação a fim de que as perdas sejam evitadas. Os procedimentos apontados neste capítulo serão analisados e avaliados mais adiante.

3 ANÁLISE DOS REQUISITOS DE IMPLANTAÇÃO DA AMT

Com a finalidade de analisar os procedimentos adotados pela indústria ao inserir as tecnologias de manufatura avançadas em seu sistema produtivo, pretende-se fazer um estudo de múltiplos casos com empresas usuárias e empresas fornecedoras de AMTs.

As empresas usuárias a serem escolhidas devem ser da área de manufatura ter passado por algum processo de implantação de AMTs recentemente. Já as fornecedoras, devem apresentar um conjunto de, pelo menos, 5 empresas clientes para serem consideradas efetivamente fornecedoras de AMTs (indicação arbitrária).

Os requisitos que serão pesquisados para formalizar os procedimentos a serem analisados são aqueles indicados na revisão bibliográfica sobre os requisitos para a implantação de AMTs, e que são mais bem explicados na sequência.

O requisito **Integração total do sistema**, sugere que a automação feita na empresa deverá integrar todos os níveis da empresa, desde o chão-de-fábrica até o administrativo. A integração de hardware e software, computadores e dispositivos de redes, processos de monitoramento e operação, sistemas de tratamento de sinais, todos esses detalhes técnicos devem atender aos aspectos técnicos do sistema produtivo em questão, somente quando esses aspectos estiverem em sintonia, é que a integração total do sistema foi alcançada (BOARETTO *et al.* 2004; FAVARETTO, 2001; MORAES E CASTRUCCI, 2001; RAVAIE E HAJI-VALIZADEH, 2002).

O requisito **Repetibilidade** refere-se à capacidade do sistema ou do processo de produzir peças ou produtos sempre com a mesma qualidade e com as mesmas especificações dimensionais e técnicas dadas em projeto (RAVAIE E HAJI-VALIZADEH, 2002; SASTRY, 2004).

O requisito **Qualidade do produto** é dado pela baixa porcentagem de perdas no sistema produtivo, como exemplo os refugos de peças com defeito de fabricação, por uma falha na execução do processo de fabricação ou pela simples montagem errada da peça na linha de produção. Neste caso, a inserção de dispositivos automáticos a prova de falhas, os chamados *PokaYoke*, já garantem a montagem correta e eliminam a possibilidade de falha humana neste processo (SASTRY, 2004; SEILONEN *et al.* 2008; SAMAD *et al.* 2007).

O requisito **Custo do produto final** é um item que deve ser levado em consideração no processo de automação do sistema produtivo, pois os equipamentos automatizados novos ou mesmo usados inseridos no sistema produtivo, devem elevar o custo do produto final; em tese, a manutenção e a qualificação da mão-de-obra necessária para operar determinados equipamentos devem ter custos mais elevados do que os equipamentos tradicionais, que muitas vezes nem exigem qualificação do operador. Embora esses não sejam os únicos fatores que influenciaram no custo do produto final, mas que diretamente farão diferença (SASTRY, 2004; SAMAD *et al.* 2007).

O requisito **Integração com tecnologias de comunicação** é de fato importante para que se obtenha o máximo do sistema produtivo automatizado. Devido à variedade de linguagens de programação e de transmissão de dados, é fundamental que todas as tecnologias envolvidas - adquiridas ou que já pertenciam ao sistema produtivo - se comuniquem com alguma rede na empresa. Essa “interligação” facilitará a forma dos equipamentos “conversarem” e darão dinamismo para o sistema produtivo, e facilitará a supervisão de dados geral do sistema, podendo prever gargalos na produção, falhas em equipamentos, etc. (FAVARETTO, 2001; MATURANA *et al.* 2008; MORAES E CASTRUCCI, 2001).

O requisito **Tempo de produção (*lead time*)** corresponde à velocidade de produção, desde o momento em que o pedido entra na empresa, até o momento em que o pedido é finalizado. Atualmente, o desafio das empresas tem sido reduzir o *lead time*, entretanto isso exige estoques e

consequentemente custo, que deve ser avaliado. O *lead time* está relacionado com a flexibilidade do sistema produtivo, ou seja, quanto menor o *lead time*, mais flexível é o sistema produtivo, e mais rápido é a capacidade de resposta do sistema (RAVAIE E HAJI-VALIZADEH, 2002; SAMAD *et al* 2007).

O requisito **Supervisão dos dados** pode ser considerado como o responsável por manter o sistema produtivo em ordem, ou melhor, em pleno funcionamento. Um processo de automação sem levar em consideração ou sem um sistema de supervisão de dados seria uma produção “cega”, em outras palavras, uma produção sem um controle efetivo do que está acontecendo em tempo real no sistema produtivo. No entanto, algumas empresas de grande porte, não teriam capacidade de produção e não conseguiriam atuar sem um sistema supervisor eficiente (MORAES E CASTRUCCI, 2001; FAVARETTO, 2001).

O requisito **Metas em longo prazo versus equipamentos** é a relação custo benefício dos equipamentos existentes ou a serem adquiridos no processo de automação. Devido à alta tecnologia empregada nesses novos equipamentos, seu custo também acaba sendo considerável, neste caso, uma detalhada pesquisa sobre as metas que longo prazo que se almejam em função do custo do equipamento a ser adquirido, é um importante item que deve ser levado em consideração no processo de automação (MATURANA *et al.* 2008).

O requisito **Confiabilidade do sistema** é a capacidade do sistema responder à sua demanda sem a ocorrência de falhas, evitando paradas desnecessárias por quebra ou por qualquer outro motivo e, consequentemente, reduzindo as perdas do sistema. Com um cenário mundial competitivo, um sistema produtivo frágil, que ocasiona várias paradas por falhas e para manutenção, certamente não irá acompanhar o mercado atual (SAMAD *et al.* 2007; SEILONEN *et al.* 2008).

O requisito **Flexibilidade** é um termo utilizado para expressar a capacidade de o sistema produtivo responder à variação da demanda e da variedade de produção de seus produtos com o menor tempo possível. Trata-se da capacidade de adaptação dos sistemas e equipamentos que se requer num

cenário produtivo de alta variabilidade de produtos e demandas (SEILONEN *et al.* 2008).

Já o requisito **Aquisição de novos equipamentos** em um processo de automação, trata da aquisição de equipamentos para o sistema produtivo da empresa como parte necessária da automação, mas não como um item primordial para o processo de implantação da AMT (BOARETTO *et al.* 2004). Moori e Brunstein (1995) alertam que a compra de equipamentos para a automação de qualquer sistema produtivo é um passo importante para a empresa se manter competitiva no mercado; no entanto esclarecem que antes é necessária uma capacitação no ambiente gerencial para ter uma visão sistêmica do processo, e ainda reforçam que uma das primeiras tarefas do administrador da produção é obrigatoriamente conhecer a produtividade de seus principais insumos.

No requisito **Plano de manutenção** tem-se de que forma a empresa conduzirá a manutenção de seus equipamentos, sejam eles novos ou os já existentes. Esse procedimento é uma forma de prever os gastos futuros e de planejamento da produção, além de evitar paradas devido a falhas e quebras dos equipamentos (MORAES E CASTRUCCI, 2001).

O requisito **Atualização dos equipamentos** pode ser melhor explicado como a atualização dos software e hardwares da empresa. Num cenário de crescente evolução tecnológica, é comum verificar que as tecnologias se tornam ultrapassadas em pequeno espaço de tempo, o que requer um planejamento de atualização para que o sistema de produção não se torne obsoleto e problemático (MORAES E CASTRUCCI, 2001).

O requisito **Análise da vantagem competitiva** envolve uma pesquisa de mercado em que se considera como a automação poderá trazer vantagem sobre os concorrentes diretos da empresa no que se refere a custo, qualidade do produto fabricado, velocidade de entrega, entre outros (BOARETTO *et al.* 2004).

O requisito **Capacitação administrativa** deve permitir aos gestores a compreensão da complexidade de um processo de implantação da automação, inclusive no que se refere à seleção de soluções, prazos para implantação e retorno sobre o investimento (MOORI E BRUNSTEIN, 1995). É um passo para a implantação da automação em que, primeiramente, as empresas devem buscar a quebra de paradigmas de gestão, como descrito por Black (1998), e após essa fase é que se deve pensar em adquirir equipamentos.

O requisito **Desempenho nas operações** é a capacidade do sistema produtivo de realizar operações mais eficientes na linha de produção. O desempenho está relacionado com rapidez e qualidade, uma vez que esses itens garantem a qualidade do produto final e a produção (*lead time*) (SASTRY, 2004).

O requisito **Segurança** traz uma análise dos possíveis riscos ocupacionais como forma de prevenção de acidentes. A simples aquisição de equipamentos novos e modernos não garante que todo o sistema de produção esteja livre de acidentes ou de problemas ocupacionais (SEILONEN *et al.* 2008). Outro aspecto importante relacionado à segurança trata dos processos de aquisições de equipamentos importados, nos quais a legislação brasileira difere das legislações dos países de origem dos equipamentos, acarretando em novos custos para a empresa na adaptação desses equipamentos para que possam ser utilizados.

O requisito **Eliminação de perdas** trata de um item que deve ser considerado como um redutor de custos; extinguir perdas de um processo produtivo pode ser obtido através da implantação de dispositivos a prova de falhas, equipamentos modernos, treinamentos de pessoal, redução de *setup*, etc., conforme visto ao final do capítulo 2 (SASTRY, 2004).

Com esses requisitos já bem definidos, propõe-se que a análise dos procedimentos seja baseada em um questionário do tipo *check-list*, com os requisitos necessários para a implantação das AMTs e que será aplicado junto às empresas a serem pesquisadas, conforme mostrado a seguir. Cada requisito é a base para a formulação de uma ou mais questões do *check-list*.

As questões devem ser formuladas de modo a permitir que tanto a percepção de importância do requisito (para fins de projeto), como a sua aplicação no processo de implantação de novas AMTs, possam ser percebidas. Dessa forma, propõe-se que as questões tenham, minimamente, as seguintes formulações:

- para a percepção de importância: *Qual importância o <REQUISITO> tem no processo de aquisição de novas AMTs. A resposta deve ser dada numa escala de Likert de 1 a 5, em que 1 corresponde à menor importância e 5 corresponde à máxima importância (1 – sem importância nenhuma; 2 – pode ter alguma importância; 3 – importância relativa; 4 – importante; 5 – fundamental);*

- para a aplicação do requisito: *Como o <REQUISITO> foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs. A resposta deve ser dada igualmente numa escala de Likert de 1 a 5, em que 1 corresponde a não ter havido a aplicação do requisito e 5 corresponde à total aplicação do requisito (1 – não foi aplicado; 2 – foi considerado, mas não teve influência; 3 – foi considerado; 4 – teve influência no processo; 5 – foi decisivo para o processo).*

O questionário completo é apresentado no Anexo I e II. Os níveis de resposta, conforme descrito acima, só serão indicados nas duas primeiras questões, pois sempre se repetirão nas demais questões e são exemplificados a seguir.

Os respondentes do questionário são os usuários que estiveram diretamente envolvidos com processos recentes de implantação de automação, ocupando posições de liderança nesses processos. Entre os fornecedores, os respondentes são os que atendem diretamente aos usuários nesses processos.

As questões iniciais devem servir para a identificação e caracterização da empresa respondente. Contém apenas questões de cunho informativo, conforme se segue:

- a. Qual o nome da empresa? (Os dados da empresa aqui fornecidos não serão divulgados em nenhuma pesquisa ou matéria).
- b. Número de funcionários? (Aproximado)
- c. É fornecedor de automação?
- d. Caso não seja fornecedor de automação, qual o segmento de atuação da empresa?
- e. Você necessita de automação?
- f. Em que nível você necessita de automação (chão de fábrica; software; integração total; etc.)?

As demais questões são elaboradas de acordo com o que foi descrito anteriormente, e são apresentadas a seguir:

Questão 1: **A integração total do sistema**, desde o chão-de-fábrica até os níveis administrativos, integração de *hardware* e *software*, computadores e dispositivos de redes, processos de monitoramento e operação, teve qual importância no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 2: **A integração total do sistema**, na forma da questão anterior, como foi considerada nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo

- () Foi considerado
- () Foi considerado, mas não teve influência
- () Não foi aplicado

Este questionário servirá de base para entender como as empresas têm feito a implantação das AMTs, e se existe relação entre os procedimentos adotados na prática com os requisitos definidos pela literatura.

O questionário deve ser aplicado tanto em empresas usuárias de AMTs, como em empresas fornecedoras, a fim de identificar efetivamente quais requisitos são considerados fundamentais ou importantes, e se são efetivamente observados quando as empresas implantam AMTs. Essa avaliação dos resultados será feita simplesmente a partir da soma da pontuação que cada questão alcançou nas respostas de cada categoria respondente (fornecedor ou usuário de AMT). As faixas de pontuação foram definidas acompanhando as faixas da escala de respostas dos questionários:

- Sem importância/Não se aplica → 1 ponto;
- Pouca importância/Sem influência no processo → 2 pontos;
- Importância relativa/Considerado no processo → 3 pontos;
- Importante/Influenciou o processo → 4 pontos;
- Fundamental/Decisivo para o processo → 5 pontos.

O limite superior de cada faixa equivale ao produto entre o número de questionários respondidos e a pontuação da faixa. Por exemplo, no caso de serem 6 questionários respondidos, a faixa Pouca importância/Sem influência no processo teria limite superior 12 pontos (6 x 2 pontos); a faixa seguinte, Importância relativa/Considerado no processo teria o limite superior em 18 pontos, começando em 13 pontos.

A análise destes questionários, advindos de usuários e fornecedores de AMTs, deve possibilitar um melhor entendimento de quais requisitos têm sido mais ou menos utilizados nos momentos de implantação das AMTs. Requisitos que a literatura cita como importantes ou como fundamentais podem não ser segundo a visão de quem implanta ou utiliza as AMTs.

Uma vez feita a análise dos resultados da pesquisa, a proposta é criar uma lista de requisitos para a implantação da automação, principalmente a partir daquilo que é considerado **Fundamental** ou **Importante** pelas empresas, com a intenção de diminuir a possibilidade de falha desse processo.

4 PESQUISA COM USUÁRIOS E FORNECEDORES DE AMT

Para analisar a forma como as empresas têm tratado as implantações das AMTs em seus respectivos sistemas de produção, foi feito um estudo de múltiplos casos com empresas que recentemente passaram por algum processo de implantação de AMTs, bem como com empresas que fornecem algum tipo de AMT. Essa pesquisa se deu a partir do questionário apresentado no capítulo anterior.

Foram enviados 16 questionários para empresas usuárias e 9 para empresas fornecedoras. As fontes de seleção foram contatos próximos dos docentes e que estão ligados diretamente com a automação, e algumas empresas da região metropolitana de Campinas pelo fácil acesso às pessoas responsáveis.

A partir disso, os questionários foram encaminhados por e-mail para o responsável pelo setor que exerce a função de Engenharia de Fábrica na empresa, após um contato inicial feito por telefone.

Houve um retorno de 25% dos questionários por parte das empresas usuárias (4 questionários) e de 44,5% das empresas fornecedoras (igualmente 4 questionários). A apresentação dos resultados e a análise seguem abaixo.

As empresas que participaram da pesquisa foram divididos em Fornecedores e Usuários de AMT e são caracterizados da seguinte forma;

- fornecedora 1, é uma empresa estabelecida em Limeira no interior de São Paulo desde 1996, e conta com mais de 50 empregados, especializada em automação industrial, fabricante de linhas de montagem, equipamentos de testes e máquinas especiais.
- fornecedora 2, está estabelecida em Santa Bárbara d'Oeste, desde 1991 e possui 30 funcionários, com atividades de representação, distribuição e suporte de produtos para automação, além disso realiza treinamentos, projetos de sistemas, softwares e máquinas especiais.

- fornecedora 3, possui cerca de 70 funcionários e fica em Sertãozinho, interior de São Paulo, com atuação no mercado nacional e internacional tem seu foco na configuração de sistemas supervisórios e automação elétrica industrial (montagem de painéis, configuração de PLC e controladores, IHM), e também possui um departamento para treinamento e otimização de malhas de controle.

- fornecedora 4, é uma multinacional e atende mais 40.000 clientes em todo mundo, sua representante no Brasil está localizada em São Paulo – Capital, e é especializada em sistemas supervisórios e automação de toda cadeia de manufatura.

Já as empresas usuárias de AMTs se caracterizam da seguinte forma:

- usuária 1, é uma empresa multinacional com 400 empregados, do setor automotivo e está instalada a 1 ano em Santa Bárbara d'Oeste, e é fabricante de sistemas de climatização para automóveis e ônibus.

- usuária 2, é uma empresa nacional com 80 empregados, do setor automotivo e está instalada em Limeira, São Paulo, e é fabricante de escapamentos para veículos leves e pesados.

- usuária 3, é uma empresa nacional com 47.000 empregados, com uma das plantas instaladas em Piracicaba, São Paulo, é do setor alimentício e de geração de energia elétrica, e é especializada na produção de etanol, açúcar e energia elétrica.

- usuária 4, é uma empresa multinacional do setor automotivo, com 3.000 empregados e possui uma planta instalada em Limeira, São Paulo, que produz sistemas de freio, *airbags*, cinto de segurança e mecanismos para direção e suspensão para automóveis.

4.1 RESULTADOS DOS QUESTIONÁRIOS

Os resultados das pesquisas realizadas em empresas fornecedoras de AMT seguem no quadro 3.

		Fornecedores																				
		Empresa 1					Empresa 2					Empresa 3					Empresa 4					Total
Questões	Requisitos	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	5	4	3	2	1	
Questão 1	Integração Total do Sistema	4					4					4					5					17
Questão 2				3					3					4					4			
Questão 3	Repetibilidade	5					4					4					4					17
Questão 4			5						3				5						3			
Questão 5	Qualidade do Produto	5					5					5					5					20
Questão 6			5					5					5						4			
Questão 7	Custo do Produto Final	5					4					4						3				16
Questão 8			5					4					4						4			
Questão 9	Integração com tecnologias de comunicação	4					4					5					4					17
Questão 10			4						3				5						3			
Questão 11	Tempo de Produção (Lead Time)	5					5					5						3				18
Questão 12			5					4					4						2			
Questão 13	Supervisão dos Dados	5					4					5					4					18
Questão 14			5					4					5						4			
Questão 15	Metas Longo Prazo X Equipamentos	4					5					4						2				15
Questão 16			5						3				4						2			
Questão 17	Confiabilidade do Sistema	5					5					5					5					20
Questão 18			5					5					5					5				
Questão 19	Flexibilidade	4					4					4						3				15
Questão 20			5						3				4						3			
Questão 21	Aquisição de Novos Equipamentos		3				4					5						3				15
Questão 22				2				4					4						3			
Questão 23	Plano de Manutenção	4					5					5					4					18
Questão 24			4					4					5						3			
Questão 25	Atualização de Equipamentos		3				4					5					4					16
Questão 26				2				4					5						3			
Questão 27	Análise da Vantagem Competitiva	5					5					3					4					17
Questão 28			5					4					3					4				
Questão 29	Capacitação Administrativa	5					5					4					4					18
Questão 30			5					4					3						3			
Questão 31	Desempenho nas Operações	5					4					4						3				16
Questão 32			5					4					3						2			
Questão 33	Segurança	5					5					5					5					20
Questão 34			5					5					5						4			
Questão 35	Eliminação de Perdas	5					5					5					4					19
Questão 36			5					5					5						3			

QUADRO 3 - RESPOSTAS DAS EMPRESAS FORNECEDORAS DE AMT.

Como já explicado, o questionário foi aplicado com a escala *Likert*, onde 5 tem a máxima relação e 1 tem a mínima relação para que facilitasse o entendimento dos resultados; foi feito uma somatória com base nas respostas para que se achasse os requisitos com maior relação, e essa somatória é mostrada na ultima coluna do quadro 3.

As respostas das empresas usuárias de AMT também foram colocadas em um quadro com a mesma finalidade de facilitar o entendimento com a somatória das respostas na ultima coluna do quadro 4.

4.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.2.1 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS FORNECEDORES

Dentre os fornecedores percebe-se que o requisito integração total do sistema foi considerado como fundamental no projeto da AMT, mas na implantação ele foi considerado com menos importância do que na etapa de projeto, em que apenas influenciou, mas não foi um requisito decisivo na implantação da AMT. Essa mesma observação pode ser notada também nos requisitos; Repetibilidade, Integração com tecnologias de comunicação, Tempo de produção (*lead time*), Plano de manutenção, Análise da vantagem competitiva e Capacitação administrativa. Todos esses requisitos tiveram a maior importância no projeto e na implantação eles foram considerados como “influenciou” que é um grau menos importante na escala.

Já os requisitos Qualidade do produto, Supervisão dos dados, Confiabilidade do sistema, Segurança e Eliminação de perdas, obtiveram a maior relação no projeto, considerados como “Fundamental”, e também com a maior relação na implantação da AMT, tendo como “Decisivo” neste momento.

Com uma relação um pouco menor, tanto no projeto da AMT quanto na implantação da AMT, os requisitos: Metas longo prazo X equipamentos, Flexibilidade, Aquisição de novos equipamentos, Atualização de equipamentos e Desempenho nas operações, foram relacionados como “Importante” no projeto da AMT e que “Influenciou” no processo de implantação da AMT.

Um caso atípico foi notado no requisito Custo do produto final. Diferentemente dos outros requisitos que normalmente receberam uma maior atenção no projeto da AMT, e quando se executa a implantação acabam recebendo uma menor atenção, o Custo foi classificado como “Importante” no projeto e na implantação teve sua relação considerada máxima, sendo considerado “Decisivo” na implantação.

4.2.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS DOS USUÁRIOS

No caso dos usuários, três requisitos receberam uma classificação que nenhum requisito analisado pelos fornecedores de AMT recebeu, a saber: Integração total do sistema, Integração com tecnologias de comunicação, Supervisão de dados. Esses requisitos foram classificados como “Importância relativa” ou como “Considerados no processo” de implantação das AMTs; essa mesma classificação foi identificada para a fase de projeto.

Os requisitos Repetibilidade, Tempo de produção (*lead time*) e Plano de manutenção, na fase de projeto receberam a avaliação máxima, sendo considerados como “fundamentais”; e na fase de implantação foram considerados com uma avaliação menor (apenas como “influenciou”).

Com a avaliação definida em “importante” no projeto e “influenciou” na implantação da AMT, os requisitos Metas de longo prazo X Equipamentos, Atualização de equipamentos, Capacitação administrativa e Desempenho nas operações foram os classificados dessa forma.

Já para os requisitos Qualidade do produto, Custo do produto final, Confiabilidade do sistema, Flexibilidade, Aquisição de novos equipamentos, Análise da vantagem competitiva, Segurança e Eliminação de perdas, foram os requisitos com a maior importância pelos usuários de AMT, sendo considerados como “fundamental” no projeto da AMT e considerado como “decisivo” na implantação da AMT.

4.2.3 COMPARAÇÕES DOS RESULTADOS

Cada requisito foi analisado pelos fornecedores de AMT e também pelos usuários de AMT e para cada um desses, obtiveram-se respostas, muitas vezes iguais, mas algumas muito diferentes. Como forma de demonstrar mais esse comparativo, foi elaborado o Quadro 5 que compara os resultados dos fornecedores com os resultados obtidos dos usuários.

No primeiro requisito do Quadro 5, Integração total do sistema, existe uma diferença considerável entre a opinião dos Fornecedores de AMT e os Usuários de AMT. Na visão de quem fornece as AMT, a integração total do sistema, ou seja, a integração da AMT em todos os níveis da empresa, empregado desde o chão-de-fábrica até os níveis administrativos, é um requisito forte no projeto de AMT, mas não tem a mesma percepção na implantação, mas para quem utiliza a AMT, este tipo de integração na empresa, não é um dos requisitos mais importantes, e ainda tem uma das menores avaliações de importância para os usuários de AMT.

Percebe-se ainda que os requisitos Integração com tecnologias de comunicação e Supervisão dos dados seguem a mesma linha de raciocínio que o requisito comentado anteriormente, a Integração total do sistema, que tem maior importância para os fornecedores de AMT do que para os usuários.

Questões	Requisitos	Fornecedores	Usuários
Questão 1	Integração Total do Sistema	17	12
Questão 2		14	11
Questão 3	Repetibilidade	17	17
Questão 4		16	15
Questão 5	Qualidade do Produto	20	19
Questão 6		19	17
Questão 7	Custo do Produto Final	16	17
Questão 8		17	18
Questão 9	Integração com tecnologias de comunicação	17	11
Questão 10		15	11
Questão 11	Tempo de Produção (Lead Time)	18	18
Questão 12		15	16
Questão 13	Supervisão dos Dados	18	12
Questão 14		18	11
Questão 15	Metas Longo Prazo X Equipamentos	15	16
Questão 16		14	14
Questão 17	Confiabilidade do Sistema	20	17
Questão 18		20	18
Questão 19	Flexibilidade	15	19
Questão 20		15	18
Questão 21	Aquisição de Novos Equipamentos	15	18
Questão 22		13	17
Questão 23	Plano de Manutenção	18	18
Questão 24		16	13
Questão 25	Atualização de Equipamentos	16	15
Questão 26		14	14
Questão 27	Análise da Vantagem Competitiva	17	18
Questão 28		16	17
Questão 29	Capacitação Administrativa	18	16
Questão 30		15	14
Questão 31	Desempenho nas Operações	16	16
Questão 32		14	16
Questão 33	Segurança	20	20
Questão 34		19	20
Questão 35	Eliminação de Perdas	19	19
Questão 36		18	18

QUADRO 5 - PONTUAÇÃO TOTAL DAS REPOSTAS DE USUÁRIOS E FORNECEDORES DE AMT.

Os requisitos, Repetibilidade, Tempo de produção, Plano de manutenção e Análise da vantagem competitiva, tiveram a mesma percepção para os

fornecedores e usuários de AMT, com a maior importância no projeto e com um grau a menos de importância na implantação da AMT.

Para os requisitos Metas longo prazo X Equipamentos, Atualização de equipamentos e Desempenho nas operações, foram os requisitos que tiveram a mesma percepção entre fornecedores e usuários de AMT, com os resultados em “importante” para o projeto e “fundamental” na implantação.

O requisito Flexibilidade teve uma importância menor para os fornecedores de AMT do que para os usuários de AMT. Neste caso, os usuários consideram a capacidade de o sistema produtivo responder à variação da demanda e da variedade de produção de seus produtos com o menor tempo possível mais importante do que os fornecedores de AMT. Desta mesma forma, o requisito Aquisição de novos equipamentos, também teve a mesma percepção entre fornecedores e usuários de AMT.

Equipamentos automatizados novos ou mesmo usados que podem ser inseridos no sistema produtivo, devem elevar o custo do produto final, e o requisito Custo do produto final, na fase de projeto foi considerado como “importante” pelos fornecedores de AMT e como “fundamental” para os usuários de AMT. Já na implantação da AMT, ambos consideraram como “decisivo” este requisito.

A capacitação administrativa deve ser implantada antes da implantação da AMT, neste caso, este requisito foi considerado pelos fornecedores de AMT como “fundamental” no projeto e “influenciou” na implantação, e para os usuários, foi considerado como “importante” no projeto e “influenciou” na implantação.

Para os requisitos, Qualidade do produto, Confiabilidade do sistema, Segurança e Eliminação de perdas, foram os requisitos que receberam a maior classificação no projeto e na implantação, tanto para os fornecedores quanto para os usuários de AMT.

O requisito que teve a maior classificação segundo os fornecedores de AMT, tanto na implantação, quanto no projeto foi a Confiabilidade do sistema, e o requisito que teve a maior classificação segundo os usuários de AMT foi a Segurança.

Relacionando todos os requisitos e considerando apenas na fase de projeto, e fazendo a média entre a resposta dos fornecedores e a dos usuários, se obteve a média do requisito com maior classificação entre todos os respondentes da pesquisa. No Quadro 6, nota-se que o requisito Segurança teve a maior classificação entre todos os respondentes para a fase de projeto, seguido pelo requisito Qualidade do Produto e Eliminação de perdas.

Requisitos - Projeto	Total
Segurança - Projeto	20
Qualidade do produto - Projeto	19,5
Eliminação de perdas - Projeto	19
Confiabilidade do sistema - Projeto	18,5
Tempo de produção - Projeto	18
Plano de manutenção - Projeto	18
Análise da vantagem competitiva - Projeto	17,5
Repetibilidade - Projeto	17
Flexibilidade - Projeto	17
Capacitação administrativa - Projeto	17
Custo do produto final - Projeto	16,5
Aquisição de novos equipamentos - Projeto	16,5
Desempenho nas operações - Projeto	16
Metas longo prazo X Equipamentos - Projeto	15,5
Atualização de equipamentos - Projeto	15,5
Supervisão dos Dados - Projeto	15
Integração total do sistema - Projeto	14,5
Integração com tecnologias de comunicação - Projeto	14

QUADRO 6 - PONTUAÇÃO TOTAL DOS RESULTADOS DOS REQUISITOS AVALIADOS NA FASE DE PROJETO DA AMT.

Efetuada a mesma média para a fase de implantação, nota-se que, no Quadro 7, o requisito Segurança esteve novamente no topo da lista como o requisito melhor classificado entre todos os respondentes da pesquisa, mas desta vez, seguido de outros requisitos que julgaram mais importantes na fase implantação, que foi, Confiabilidade do sistema e Qualidade do produto respectivamente.

Requisitos - Implantação	Total
Segurança - Implantação	19,5
Confiabilidade do sistema - Implantação	19
Qualidade do produto - Implantação	18
Eliminação de perdas - Implantação	18
Custo do produto final - Implantação	17,5
Flexibilidade - implantação	16,5
Análise da vantagem competitiva - implantação	16,5
Repetibilidade - implantação	15,5
Tempo de produção - Implantação	15,5
Aquisição de novos equipamentos - Implantação	15
Desempenho nas operações - implantação	15
Supervisão dos Dados - Implantação	14,5
Plano de manutenção - Implantação	14,5
Capacitação administrativa - Implantação	14,5
Metas longo prazo X Equipamentos - implantação	14
Atualização de equipamentos - Implantação	14
Integração com tecnologias de comunicação - Implantação	13
Integração total do sistema - Implantação	12,5

QUADRO 7 - PONTUAÇÃO TOTAL DOS RESULTADOS DOS REQUISITOS AVALIADOS NA FASE DE IMPLANTAÇÃO DA AMT.

Esses resultados serviram para a elaboração da lista de requisitos que será apresentada no próximo capítulo.

5 PROPOSTA DA LISTA DE REQUISITOS PARA IMPLANTAÇÃO DA AMT

Como parte da proposta deste trabalho neste capítulo foi elaborado uma lista de requisitos para implantação da AMT nas empresas com base nas respostas ao questionário do capítulo 3, obtidas dos usuários e fornecedores de AMT.

Esta lista foi proposta com base na somatória das repostas dos fornecedores e dos usuários, relacionando então os requisitos conforme a ordem de classificação descrita no capítulo 3.

No Quadro 8, observa-se novamente que o requisito Segurança aparece no topo da lista com as duas fases, de projeto e de implantação, ou seja, é o requisito tem a mais forte relação para ambos os respondentes da pesquisa, no caso os usuários e fornecedores de AMT. Observa-se que na base do Quadro 8, o requisito Integração total do sistema, na fase de implantação é o requisito que tem a mais fraca relação para os respondentes da pesquisa.

A partir dessa relação, foi elaborada a lista como base para implantação da AMT para usuários e fornecedores de AMT.

Requisitos	Total
Segurança - Projeto	20
Segurança - Implantação	19,5
Qualidade do produto - Projeto	19,5
Confiabilidade do sistema - Implantação	19
Eliminação de perdas - Projeto	19
Confiabilidade do sistema - Projeto	18,5
Qualidade do produto - Implantação	18
Tempo de produção - Projeto	18
Plano de manutenção - Projeto	18
Eliminação de perdas - Implantação	18
Custo do produto final - Implantação	17,5
Análise da vantagem competitiva - Projeto	17,5
Repetibilidade - Projeto	17
Flexibilidade - Projeto	17
Capacitação administrativa - Projeto	17
Custo do produto final - Projeto	16,5
Flexibilidade - implantação	16,5
Aquisição de novos equipamentos - Projeto	16,5
Análise da vantagem competitiva - implantação	16,5
Desempenho nas operações - Projeto	16
Repetibilidade - implantação	15,5
Tempo de produção - Implantação	15,5
Metas longo prazo X Equipamentos - Projeto	15,5
Atualização de equipamentos - Projeto	15,5
Supervisão dos Dados - Projeto	15
Aquisição de novos equipamentos - Implantação	15
Desempenho nas operações - implantação	15
Integração total do sistema - Projeto	14,5
Supervisão dos Dados - Implantação	14,5
Plano de manutenção - Implantação	14,5
Capacitação administrativa - Implantação	14,5
Integração com tecnologias de comunicação - Projeto	14
Metas longo prazo X Equipamentos - implantação	14
Atualização de equipamentos - Implantação	14
Integração com tecnologias de comunicação - Implantação	13
Integração total do sistema - Implantação	12,5

QUADRO 8 - CLASSIFICAÇÃO PELO TOTAL DE PONTOS AVALIADOS NO PROJETO E NA IMPLANTAÇÃO DA AMT.

Para a elaboração de um projeto de AMT apenas, o aconselhável é que se utilize essa base para análise do requisito mais importante para o requisito menos importante. Os requisitos a seguir foram ordenados da seguinte forma (conforme a importância detectada):

- Segurança,
- Qualidade do produto,
- Eliminação de perdas,
- Confiabilidade do sistema,
- Tempo de produção,
- Plano de manutenção,
- Análise da vantagem competitiva,
- Repetibilidade,
- Flexibilidade,
- Capacitação administrativa,
- Custo do produto final,
- Aquisição de novos equipamentos,
- Desempenho nas operações,
- Metas longo prazo X Equipamentos,
- Atualização de equipamentos,
- Supervisão dos Dados,
- Integração total do sistema,

- Integração com tecnologias de comunicação.

Já para a fase de implantação, a seqüência proposta ficou da seguinte maneira:

- Segurança,
- Confiabilidade do sistema,
- Qualidade do produto,
- Eliminação de perdas,
- Custo do produto final,
- Flexibilidade,
- Análise da vantagem competitiva,
- Repetibilidade,
- Tempo de produção,
- Aquisição de novos equipamentos,
- Desempenho nas operações,
- Supervisão dos Dados,
- Plano de manutenção,
- Capacitação administrativa,
- Metas longo prazo X Equipamentos,
- Atualização de equipamentos,
- Integração com tecnologias de comunicação,
- Integração total do sistema.

Para detectar os requisitos que têm a mais forte percepção de importância entre usuários e fornecedores, foi elaborado o Quadro 9 que apresenta a combinação das percepções observadas tanto no projeto, como na implantação das AMTs. Dessa forma, foi possível identificar qual requisito é considerado mais importante para o processo global de utilização de AMTs no ambiente fabril, conforme se segue:

- Segurança,
- Qualidade do produto,
- Confiabilidade do sistema,
- Tempo de produção,
- Eliminação de perdas,
- Análise da vantagem competitiva,
- Custo do produto final,
- Flexibilidade,
- Plano de manutenção,
- Repetibilidade,
- Capacitação administrativa,
- Aquisição de novos equipamentos,
- Atualização de equipamentos,
- Desempenho nas operações,
- Metas longo prazo X Equipamentos,
- Supervisão dos Dados,

- Integração total do sistema
- Integração com tecnologias de comunicação.

Para facilitar a visualização dos requisitos considerados importantes, a coluna “Classificação” no Quadro 9 foi feita da seguinte maneira:

- Sem importância (SI) → 1 – 8 pontos;
- Pouca importância (PI) → 9 - 16 pontos;
- Importância relativa (IR) → 17 - 24 pontos;
- Importante (I) → 25 - 32 pontos;
- Fundamental (F) → 33 - 40 pontos.

Essa sequência de atendimento aos requisitos pode ser considerada aquela que mais se adéqua às necessidades apontadas tanto pelos usuários, como pelos fornecedores de AMTs envolvidos nesta pesquisa.

5.1 LISTA DE REQUISITOS ORDENADOS PARA IMPLANTAÇÃO DE AMT

A lista de requisitos foi feita com base na priorização dos requisitos e deverá ser utilizada como guia para implantação da AMTs onde os itens “F” obrigatoriamente devem ser considerados e os itens “I” devem ser considerados somente se o usuário julgar pertinente.

Requisitos	Fornecedores	Usuários	Média	Total	Classificação
Análise da vantagem competitiva - implantação	16	17	16,5	34	F
Análise da vantagem competitiva - Projeto	17	18	17,5		
Aquisição de novos equipamentos - Implantação	13	17	15	31,5	I
Aquisição de novos equipamentos - Projeto	15	18	16,5		
Atualização de equipamentos - Implantação	14	14	14	29,5	I
Atualização de equipamentos - Projeto	16	15	15,5		
Capacitação administrativa - Implantação	15	14	14,5	31,5	I
Capacitação administrativa - Projeto	18	16	17		
Confiabilidade do sistema - Implantação	20	18	19	37,5	F
Confiabilidade do sistema - Projeto	20	17	18,5		
Custo do produto final - Implantação	17	18	17,5	34	F
Custo do produto final - Projeto	16	17	16,5		
Desempenho nas operações - implantação	14	16	15	31	I
Desempenho nas operações - Projeto	16	16	16		
Eliminação de perdas - Implantação	18	18	18	37	F
Eliminação de perdas - Projeto	19	19	19		
Flexibilidade - implantação	15	18	16,5	33,5	I
Flexibilidade - Projeto	15	19	17		
Integração com tecnologias de comunicação - Implantação	15	11	13	27	I
Integração com tecnologias de comunicação - Projeto	17	11	14		
Integração total do sistema - Implantação	14	11	12,5	27	I
Integração total do sistema - Projeto	17	12	14,5		
Metas longo prazo X Equipamentos - implantação	14	14	14	29,5	I
Metas longo prazo X Equipamentos - Projeto	15	16	15,5		
Plano de manutenção - Implantação	16	13	14,5	32,5	I
Plano de manutenção - Projeto	18	18	18		
Qualidade do produto - Implantação	19	17	18	37,5	F
Qualidade do produto - Projeto	20	19	19,5		
Repetibilidade - implantação	16	15	15,5	32,5	I
Repetibilidade - Projeto	17	17	17		
Segurança - Implantação	19	20	19,5	39,5	F
Segurança - Projeto	20	20	20		
Supervisão dos Dados - Implantação	18	11	14,5	29,5	I
Supervisão dos Dados - Projeto	18	12	15		
Tempo de produção - Implantação	15	16	15,5	33,5	I
Tempo de produção - Projeto	18	18	18		

QUADRO 9 - SOMATÓRIA DOS RESULTADOS DE CADA REQUISITO ENTRE FORNECEDORES E USUÁRIOS DE AMT

F 1 - Segurança: Verificar quais riscos ocupacionais pode resultar do uso da AMT.

F 2 - Qualidade: Em que ponto a AMT vai contribuir para a melhoria da qualidade no produto?

F 3 - Confiabilidade do sistema: Como a AMT vai contribuir para assegurar a eliminação/redução de falhas e paradas no sistema?

F 4 - Tempo de produção: Como a AMT vai contribuir para a redução do *lead time*?

F 5 - Eliminação de perdas: Que tipo de perdas serão eliminadas/reduzidas com a implantação das AMTs?

F 6 - Análise da vantagem competitiva: Como a AMT pode propiciar vantagem competitiva?

F 7 - Custo do produto final: Como a AMT vai colaborar para melhorar o custo do produto final?

I 8 – Flexibilidade: Como a AMT vai assegurar flexibilidade?

I 9 – Plano de manutenção: Como a AMT irá colaborar com o plano de manutenção da empresa?

I 10 – Repetibilidade: Como a AMT vai contribuir com a capacidade do sistema de produzir sempre com a mesma qualidade e características?

I 11 – Capacitação administrativa: Qual capacitação administrativa é necessária para lidar com a nova AMT?

I 12 – Aquisição de novos equipamentos: Qual a necessidade de adquirir novos equipamentos para o processo de implantação das AMTs?

I 13 – Atualização de equipamentos: Qual a necessidade de atualizar equipamentos para a implantação das AMTs?

I 14 – Desempenho nas Operações: Como a AMT pode contribuir para o desempenho nas operações?

I 15 – Metas longo prazo X Equipamentos: Verificar a relação custo benefício dos equipamentos existentes ou serem adquiridos?

I 16 – Supervisão dos dados: Como a AMT pode contribuir com um sistema supervisor de dados?

I 17 – Integração total do sistema: Como a AMT pode colaborar com a integração total do sistema produtivo?

I 18 – Integração com tecnologias de comunicação: Como a AMT pode contribuir para a integração com as tecnologias de comunicação?

Com a intenção de confirmar a lista de requisitos criada nesta pesquisa, foi feita uma validação dos dados com um especialista da área de automação para que pudesse analisar com mais austeridade a aplicação desta lista. Com base na sua resposta, este especialista considerou a lista pertinente para um processo de implantação de AMT.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

A necessidade de atualizar os sistemas produtivos das empresas como forma de se manterem competitivas no mercado, as induz a implantarem a AMT de forma rápida e muitas vezes sem os estudos necessários. O presente trabalho apresentou uma avaliação dos requisitos adotados pelas empresas para a implantação das tecnologias de manufatura avançada, as AMTs e uma proposta de lista de requisitos para implantação da AMT.

Os requisitos utilizados neste trabalho advindos da literatura foram analisados por empresas que utilizam a AMT constantemente em seus processos industriais, e foi notado que existe uma diferença entre o que os autores sugerem para a implantação da AMT e o que os usuários e fornecedores classificam como importante. O requisito Segurança que foi sugerido apenas por um autor, os usuários de AMT consideram como o requisito mais importante em uma implantação de AMT. Já o requisito Integração total do sistema, defendido por quatro autores como o requisito mais importante para a implantação foi sugerido pelos usuários como um dos requisitos de menor importância.

Entre os respondentes desta pesquisa, que ficou dividido entre fornecedores e usuários de AMT, foi notado que os fornecedores dão uma importância maior aos requisitos do que os usuários, e segundo o resultado da pesquisa, no geral a somatória dos resultados dos fornecedores foram maior que a somatória dos usuários. O requisito segurança obteve a maior percepção entre ambos, mas percebe-se, que os usuários têm uma percepção diferente de requisitos como Integração total de sistemas, Integração com tecnologias de comunicação e Supervisão de Dados, ou seja, com tecnologias de informação para a indústria. Porém, o que foi visto é que cada segmento tem uma visão de importância diferente em cada requisito analisado.

Como proposto, a lista de requisitos, é o resultado da percepção de cada um dos fornecedores e usuários de AMT, e com isso deve auxiliar as empresas na busca por referências para a implantação de AMTs.

6.1 SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Aplicar e acompanhar o uso lista dos requisitos em empresas que tenham interesse em utilizar este recurso e analisar o resultado.

Realizar uma *survey* com empresas de um único setor para ampliar a massa de dados e validar a proposta desta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADLER, D. J.; HERKAMP, J. A.; WIESLER, J. R.; WILLIAMS, S. B. Life cycle cost and benefits of process automation in bulk pharmaceuticals. **ISA Transactions**. v. 34, p. 133-139, 1995.

AGRE, J.; CLARE, L; SASTRY, S. A taxonomy for distributed real-time control systems. **Advances in Computers**. v. 49, p. 303-352, 1999.

ANTUNES, J.; ALVAREZ, R.; PELLEGRIN, I.; KLIPPEL, M.; BORTOLOTTI, P. **Sistemas de produção – Conceitos e práticas para projeto e gestão da produção enxuta**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2008. 328p.

BLACK, J.T. **O Projeto da Fábrica com Futuro**. Porto Alegre: Editora Bookman. 1998.

BOARETTO, N.; KOVALESKI, J. L.; SCANDELARI, L. Coleta de dados e monitoramento de chão de fábrica na manufatura discreta – integração com as ferramentas de gestão. **XI SIMPEP**, Bauru, SP, 2004.

BORDOLOI, S. K.; COOPER, W. W.; MATSUO, H. Flexibility, Adaptability, and Efficiency in manufacturing Systems. **Production and Operations Management**. v. 8, n. 2, p. 133-149, 1999.

BOYER, K. K.; LEONG, G. K.; WARD, P. T.; KRAJEWSKI, L. J. Unlocking the potential of advanced manufacturing technologies. **Journal of Operations Management**. v. 15, p. 331-347, 1997.

BRENNAN, R. W.; VRBA, P.; TICHY, P.; ZOITL, A.; SÜNDER, C.; STRASSER, T.; MARIK, V. Developments in dynamic and intelligent reconfiguration of industrial automation. **Computers in Industry**. v. 59, p. 533-547, 2008.

CHAN, F. T. S.; CHAN, M. H.; LAU, H.; IP, R. W. L. Investment appraisal techniques for advanced manufacturing technology (AMT): a literature review. **Integrated Manufacturing Systems**. v. 12, n. 1, p. 35-47, 2001.

COOK, J. S.; COOK, L. L. Achieving Competitive Advantages of Advanced Manufacturing Technology. **Benchmarking for Quality Management & Technology**. v. 1, n. 2, p. 42-63, 1994.

DANGAYACH, G. S.; DESHMUKH, S. G. Advanced Manufacturing Technology implementation – Evidence from Indian Small and Medium enterprises (SMEs). **Journal of Manufacturing Technology**. v. 16, n. 5, p. 483-496, 2005.

FAVARETTO, F. **Uma contribuição ao processo de gestão da produção pelo uso da coleta automática de dados de chão de fábrica**. Tese de doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2001.

FLEURY, A. Análise à nível de empresa dos impactos da automação sobre a organização da produção e do trabalho. In: SOARES, R.M.S.de M. (Org.). **Gestão da empresa: automação e competitividade**. Brasília: IPEA/IPLAN, p. 11-26. 1990.

FOX, Peter. Automation: Crossing the final frontier. **Assembly Automation**. v. 21, n. 2, p. 111-114, 2001.

GHANI, K. A.; JAYABALAN, V.; SUGUMAR, M. Impact of advanced manufacturing technology on organizational structure. **Journal of High Technology Management Research**.v.13, p. 157-175, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. 4ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2009.

GOLDRATT, Eliyahu M. **A Meta: um processo de melhoria continua**. São Paulo: Editora Nobel, 2002.

GOMES, Robinson Zanon. **Gestão da Automação e a utilização da rede *interbus* em um estudo de caso**. Santa Bárbara d'Oeste, SP: 2003. Dissertação de mestrado, Universidade Metodista de Piracicaba, 2003.

GOUVÊA DA COSTA, Sérgio Eduardo. **Desenvolvimento de uma abordagem estratégica para a seleção de tecnologias avançadas de manufatura – AMT**. São Paulo: 2003. Tese de doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2003.

GOUVÊA DA COSTA, Sérgio Eduardo. Strategic selection of advanced manufacturing technologies (AMT), based on the manufacturing vision. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, vol. 5, n. 1, p. 1-18, 2005.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 2ª Ed. New Jersey: Prentice – Hall, 2001.

HOFFMAN, D. Cost benefits analysis of test automation. **Software Quality Methods LCC – STARW'99**. 1999.

JON-CHAO, H.; JINN-CHERNG, W.; MING-HSIUNG, W. Supervisor skill formation in Taiwan's automated factories. **Work Study**. v.45, n.2, p. 22-26, 1996.

JOKINEN, P.A. A life-cycle approach to automation information management in the process industries. **ISA Transactions**. v. 35, p. 285-296, 1996.

KOTHA, S.; SWAMIDASS, P. M. Strategy, advanced manufacturing technology and performance: empirical evidence from U.S. manufacturing firms. **Journal of Operations Management**. v.18, p. 257-277, 2000.

LAKATOS, E. M. e MARCONI, M. A. **Fundamentos da Metodologia Científica**. 5ª Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

LEE, Y. H.; LI, C. L. Automation in the design of EDM electrodes. **Computer-Aided Design**. p. 1-14, 2009.

MARRI, H. B.; GUNASEKARAN, A.; SOHAG, R. A. Implementation of Advanced Manufacturing Technology in Pakistani small and medium enterprises – An empirical analysis. **Journal of Enterprise Information Management**. v. 20, n. 6, p. 726-739, 2007.

MATURANA, F; STARON, R; HALL, K; TICHÝ, P; VRBA, P; MARÍK, V. Agent virtual machine for automation controllers Example application: Shipboard automation. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**. v. 24, p. 616-624, 2008.

MITAL, A.; PENNATHUR, A.; HUSTON, R. L.; THOMPSON, D.; PITTMAN, M.; MARKLE, G.; KABER, D. B.; CRUMPTON, L.; BISHU, R. R.; RAJURKAR, K. P.; RAJAN, V.; FERNANDEZ, J. E.; McMULKIN, M.; DEIVANAYAGAM, S.; RAY, P. S.; SULE, D. The need for worker training in Advanced Manufacturing Technology (AMT) environments: A white paper. **International Journal of Industrial Ergonomics**. v. 24, p. 173-184, 1999.

MOORI, R. G.; BRUNSTEIN, I. Uma proposta de procedimento para avaliação da produtividade na administração dos materiais. **Gestão & Produção**. v. 2, n. 2, p. 152-161, 1995.

MORA-MONGE, C. A.; RAO, S. S.; GONZALEZ, M. E.; SOHAL, A. S. Performance measurement of AMT: a cross-regional study. **Benchmarking: An International Journal**. v. 13, n. 1/2, p. 135-146, 2006.

MORA-MONGE, C. A.; GONZALEZ, M. E.; QUESADA, G.; RAO, S. S. A study of AMT in North America – A comparison between developed and developing countries. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 19, n. 7, p. 812-829, 2008.

MORAES, C.C. e CASTRUCCI, P.L. **Engenharia de Automação Industrial**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2001.

ORDOGBADI, S. M.; MULVANEY, N. J. Development of a justification tool for Advanced Manufacturing Technologies: system-wide benefits value analysis. **Journal of Engineering and Technology Management**. v. 18, p. 157-184, 2001.

PAGELL, M.; HANDFIELD, R. B.; BARBER, A. E. Effects of operational employee skills on advanced manufacturing technology performance. **Production and Operations Management**. v. 9, n. 3, p. 222-238, 2000.

PERCIVAL, J. C.; COZZARIN, B. P. Complementarities in the implementation of advanced manufacturing technologies. **Journal of High Technology Management Research**. p. 14, 2010.

PORTER, M. E. **Vantagem competitiva**. Rio de Janeiro: Editora Campus, 1986.

RAHMAN, A. A.; BENNETT, D. Advanced Manufacturing Technology adoption in developing countries – The role of buyer-supplier relationships. **Journal of Manufacturing Technology Management**. v. 20, n. 8, p. 1099-1118, 2009.

RAVAIE, K; HAJI-VALIZADEH, A. Selecting human machine interface package in integrating a process automation system. **ISA Transactions**. v. 41, p. 115-126, 2002.

RIBEIRO, J. F.; GODOY, A. F.; VIEIRA JUNIOR, M. A Integração de Tecnologias Avançadas de Manufatura em Ambiente de Ensino de Engenharia. In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Ouro Preto, MG, 2003. **Anais...** OuroPreto: ABEPRO, 2003.

SAMAD, T.; MCLAUGHLIN, P.; LU, J. System architecture for process automation: Review and trends. **Journal of Process Control**. v. 17, p. 191-201, 2007.

SASTRY, Shivakumar. A SmartSpace for automation. **Assembly Automation**. v. 24, n. 2, p. 201-209, 2004.

SEILONEN, I.; PIRTTIOJA, T.; KOSKINEN, K. Extending process automation systems with multi-agent techniques. **Engineering Applications of Artificial intelligence**.p. 1-12, 2008.

SHINGO, SHIGEO. **O sistema Toyota de produção – Do ponto de vista da Engenharia de Produção**. 2ª Ed. Porto Alegre: Editora Bookman, 1996.

SLACK, N; JOHNSTON, R.; STUART, C. **Administração da Produção**. 2ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 1995.

SMALL, M. H.; CHEN, I. J. Investment justification of Advanced Manufacturing Technology: An empirical analysis. **Journal of Engineering and Technology Management**. v. 12, p. 27-55, 1995.

SMALL, M H.; YASIN, M. Advanced Manufacturing Technology adoption and performance: the role of management information systems departments. **Integrated Manufacturing Systems**. v. 14, n. 5, p. 409-422, 2002.

SMALL, M.H.; YASIN, M. Developing a framework for the effective planning and implementation of advanced manufacturing technology. **International Journal of Operations and Production Management** vol. 17, n. 5, p. 468-489, 1997.

SOHAL, A. S.; BURCHER, P. G.; MILLEN, R.; LEE, G. Comparing American and British practices in AMT adoption. **Benchmarking: An International Journal**. v. 6, n. 4, p. 310-324, 1999.

SOHAL, A. S.; MAGUIRE, W. A. A.; PUTTERILL, M. S. AMT investments in New Zealand: purpose, pattern and outcomes. **Integrated Manufacturing Systems**.v.7, n. 2, p. 27-36, 1996.

UDO, G. J.; EHIE, I. C. Advanced Manufacturing Technologies: Determinants of implementation success. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 16, n. 12, p. 6-26, 1996.

VOSS, C. Managing advanced manufacturing technology. **International Journal of Operations & Production Management**.v.6, n. 5, p. 4-7, 1986.

ZHAO, H.; CO, H. C. Adoption and implementation of advanced manufacturing technology in Singapore. **International Journal of Productions Economics**. v. 48, p. 7-19, 1997.

ZHOU, H.; LEONG, G. K. JONSSON, P.; SUM, C.A **comparative study of advanced manufacturing infrastructure investments in Singapore and Sweden**. International Journal Production Economics. v. 120, n. 6, p. 42-53, 2009.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BURCHER, P. G.; LEE, G. L. Competitiveness strategies and AMT investment decisions. **Integrated Manufacturing Systems**. v. 11, n. 5, p. 340-347, 2000.

ANEXO I

Questionário utilizado em empresas usuárias de AMTs.

Questionário.

- a. Qual o nome da empresa? (Os dados da empresa aqui fornecidos não serão divulgados em nenhuma pesquisa ou matéria).
- b. Número de funcionários? (Aproximado)
- c. A empresa é usuária de AMTs?
- d. Qual o segmento de atuação da empresa?
- e. Você necessita de automação?
- f. Em que nível você necessita de automação (chão de fábrica; software; integração total; etc.)?

Questão 1: **A integração total do sistema**, desde o chão-de-fábrica até os níveis administrativos, integração de *hardware* e *software*, computadores e dispositivos de redes, processos de monitoramento e operação, teve qual importância no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 2: **A integração total do sistema**, na forma da questão anterior, como foi considerada nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo

- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 3: Qual a importância o requisito **repetibilidade** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 4: Como foi considerado o requisito **repetibilidade** nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 5: O requisito qualidade do produto é responsável pela baixa perda na linha de produção e garante que o produto fabricado atenda as especificações determinadas. Qual a importância da qualidade do produto tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 6: Como o requisito **qualidade do produto** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 7: Devido o alto custo dos equipamentos de AMTs, qual a importância do requisito **custo do produto final** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

☐ Fundamental

☐ Importante

☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 8: Como o requisito **custo do produto final** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de nova AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 9: A variedade de linguagens de programação e de transmissão de dados existentes hoje, qual a importância do requisito **Integração com tecnologias de comunicação** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 10: Como o requisito **Integração com tecnologias de comunicação** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 11: A velocidade de produção é diretamente relacionada com o requisito **Tempo de produção (*lead time*)** e com a capacidade de resposta do sistema. Qual a importância o requisito tempo de produção tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 12: Como o requisito **Tempo de produção (*lead time*)** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo

- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 13: O controle em tempo real do sistema produtivo depende da supervisão dos dados. Qual a importância do requisito **Supervisão dos dados** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 14: Como o requisito **Supervisão dos dados** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 15: A alta tecnologia dos equipamentos automatizados acaba elevando o custo dos equipamentos, neste contexto, qual a importância do requisito **Metas em longo prazo versus equipamentos** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 16: Como o requisito **Metas em longo prazo versus equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 17: A capacidade de o sistema responder à sua demanda sem falhas e evitando paradas, corresponde ao requisito **Confiabilidade do sistema**. Qual a importância que esse requisito tem no processo de aquisição de novas AMTs?

☐ Fundamental

☐ Importante

☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 18: Como o requisito **Confiabilidade do sistema** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 19: Com um cenário produtivo de alta variabilidade de produtos e demandas, qual importância o requisito **Flexibilidade** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 20: Como o requisito **Flexibilidade** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 21: Qual importância o requisito **Aquisição de novos equipamentos** tem nos processos de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 22: Como o requisito **Aquisição de novos equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo

- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 23: Um plano de manutenção prevê gastos futuros e pode evitar paradas devido a falhas ou quebras em equipamentos. Qual importância o requisito **Plano de manutenção** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 24: Como o requisito **Plano de manutenção** foi considerado nos processos recentes de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 25: A crescente evolução tecnológica é comum verificar que as tecnologias se tornam ultrapassadas em um pequeno espaço de tempo. Qual importância o requisito **Atualização de equipamentos** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 26: Como o requisito **Atualização de equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 27: A análise da vantagem competitiva envolve uma pesquisa de mercado sobre como a automação poderá trazer alguma vantagem para a empresa. Qual importância o requisito **Análise da vantagem competitiva** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

☐ Fundamental

☐ Importante

☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 28: Como o requisito **Análise da vantagem competitiva** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 29: Permitir aos gestores a compreensão da complexidade de um processo de implantação da automação refere-se a capacitação administrativa. Qual importância o requisito **Capacitação administrativa** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 30: Como o requisito **Capacitação administrativa** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 31: O desempenho nas operações está relacionado com a qualidade do produto final e a produção (*lead time*). Qual importância o requisito **Desempenho nas operações** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 32: Como o requisito **Desempenho nas operações** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 33: A segurança traz uma análise dos riscos ocupacionais. Qual importância o requisito **Segurança** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 34: Como o requisito **Segurança** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 35: A eliminação de perdas é considerada como redutor de custos. Qual importância o requisito **Eliminação de perdas** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 36: Como o requisito **Eliminação de perdas** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

ANEXO II

Questionário utilizado em empresas fornecedoras de AMTs.

Questionário.

- a. Qual o nome da empresa? (Os dados da empresa aqui fornecidos não serão divulgados em nenhuma pesquisa ou matéria).
- b. Número de funcionários? (Aproximado)
- c. A empresa é fornecedora de AMTs?
- d. A empresa fez 5 ou mais implantações de AMTs recentemente?
- e. Você utiliza a automação?
- f. Em que nível você necessita de automação (chão de fábrica; software; integração total; etc.)?

Observação: responder o questionário com a ótica de utilização do cliente.

Questão 1: **A integração total do sistema**, desde o chão-de-fábrica até os níveis administrativos, integração de *hardware* e *software*, computadores e dispositivos de redes, processos de monitoramento e operação, teve qual importância no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 2: **A integração total do sistema**, na forma da questão anterior, como foi considerada nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 3: Qual a importância o requisito **repetibilidade** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 4: Como foi considerado o requisito **repetibilidade** nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 5: O requisito qualidade do produto é responsável pela baixa perda na linha de produção e garante que o produto fabricado atenda as especificações determinadas. Qual a importância da qualidade do produto tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 6: Como o requisito **qualidade do produto** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 7: Devido o alto custo dos equipamentos de AMTs, qual a importância do requisito **custo do produto final** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

☐ Fundamental

☐ Importante

☐ Importância relativa

☐ Pode ter alguma importância

☐ Sem importância nenhuma

Questão 8: Como o requisito **custo do produto final** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de nova AMTs?

☐ Foi decisivo para o processo

☐ Teve influência no processo

☐ Foi considerado

☐ Foi considerado, mas não teve influência

☐ Não foi aplicado

Questão 9: A variedade de linguagens de programação e de transmissão de dados existentes hoje, qual a importância do requisito **Integração com tecnologias de comunicação** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 10: Como o requisito **Integração com tecnologias de comunicação** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 11: A velocidade de produção é diretamente relacionada com o requisito **Tempo de produção (lead time)** e com a capacidade de resposta do sistema. Qual a importância o requisito tempo de produção tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 12: Como o requisito **Tempo de produção (*lead time*)** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 13: O controle em tempo real do sistema produtivo depende da supervisão dos dados. Qual a importância do requisito **Supervisão dos dados** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 14: Como o requisito **Supervisão dos dados** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 15: A alta tecnologia dos equipamentos automatizados acaba elevando o custo dos equipamentos, neste contexto, qual a importância do requisito **Metas em longo prazo versus equipamentos** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 16: Como o requisito **Metas em longo prazo versus equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 17: A capacidade de o sistema responder à sua demanda sem falhas e evitando paradas, corresponde ao requisito **Confiabilidade do sistema**. Qual a importância que esse requisito tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 18: Como o requisito **Confiabilidade do sistema** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo

- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 19: Com um cenário produtivo de alta variabilidade de produtos e demandas, qual importância o requisito **Flexibilidade** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 20: Como o requisito **Flexibilidade** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 21: Qual importância o requisito **Aquisição de novos equipamentos** tem nos processos de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 22: Como o requisito **Aquisição de novos equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 23: Um plano de manutenção prevê gastos futuros e pode evitar paradas devido a falhas ou quebras em equipamentos. Qual importância o requisito **Plano de manutenção** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 24: Como o requisito **Plano de manutenção** foi considerado nos processos recentes de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 25: A crescente evolução tecnológica é comum verificar que as tecnologias se tornam ultrapassadas em um pequeno espaço de tempo. Qual

importância o requisito **Atualização de equipamentos** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 26: Como o requisito **Atualização de equipamentos** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 27: A análise da vantagem competitiva envolve uma pesquisa de mercado sobre como a automação poderá trazer alguma vantagem para a empresa. Qual importância o requisito **Análise da vantagem competitiva** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 28: Como o requisito **Análise da vantagem competitiva** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 29: Permitir aos gestores a compreensão da complexidade de um processo de implantação da automação refere-se a capacitação administrativa. Qual importância o requisito **Capacitação administrativa** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 30: Como o requisito **Capacitação administrativa** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 31: O desempenho nas operações está relacionado com a qualidade do produto final e a produção (*lead time*). Qual importância o requisito **Desempenho nas operações** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante

- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 32: Como o requisito **Desempenho nas operações** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 33: A segurança traz uma análise dos riscos ocupacionais. Qual importância o requisito **Segurança** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 34: Como o requisito **Segurança** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado

Questão 35: A eliminação de perdas é considerada como redutor de custos. Qual importância o requisito **Eliminação de perdas** tem no processo de aquisição de novas AMTs?

- ☐ Fundamental
- ☐ Importante
- ☐ Importância relativa
- ☐ Pode ter alguma importância
- ☐ Sem importância nenhuma

Questão 36: Como o requisito **Eliminação de perdas** foi considerado nos processos recentes de aquisição e implantação de novas AMTs?

- ☐ Foi decisivo para o processo
- ☐ Teve influência no processo
- ☐ Foi considerado
- ☐ Foi considerado, mas não teve influência
- ☐ Não foi aplicado