

USCS - UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

**RENÊ MEIRA MEDINA**

**COMPETITIVIDADE ESTRATÉGICA: TOMADA DE DECISÃO  
DE INVESTIMENTOS EM ROBOTIZAÇÃO NA INDÚSTRIA  
DE AUTOPEÇAS DO BRASIL**

SÃO CAETANO DO SUL

2009

USCS - UNIVERSIDADE MUNICIPAL DE SÃO CAETANO DO SUL  
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM ADMINISTRAÇÃO

**RENÊ MEIRA MEDINA**

**Competitividade Estratégica: Tomada de decisão  
de Investimentos em Robotização na Indústria  
de Autopeças do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado  
em Administração da Universidade Municipal de São  
Caetano do Sul como requisito parcial para a  
obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão e Inovação  
Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Feliciano Crispim

SÃO CAETANO DO SUL

2009

## FICHA CATALOGRÁFICA

M443c	<p>Medina, Renê Meira</p> <p>Competitividade estratégica e a tomada de decisão de investimentos em robotização na indústria de autopeças. / Renê Meira Medina. -- 2009 74 f.</p> <p>Dissertação (mestrado em Administração) – Universidade Municipal de São Caetano do Sul, São Caetano do Sul, 2008. Orientação: Sérgio Feliciano Crispim</p> <p>1. Robótica 2. Autopeças 3. Estratégia de manufatura 4. Decisão de investimentos I. Título</p> <p>CDU _____</p>
-------	---

**RENÊ MEIRA MEDINA**

**Competitividade Estratégica: Tomada de decisão  
de Investimentos em Robotização na Indústria  
de Autopeças do Brasil**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Administração da Universidade Municipal de São Caetano do Sul como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Administração.

Área de Concentração: Gestão e Inovação Organizacional

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Feliciano Crispim

Área de concentração: Gestão e Inovação Organizacional

Data de defesa: 27/02/2009

Coordenador do Programa de Mestrado em Administração:

Prof. Dr. Mauro Neves Garcia

**BANCA EXAMINADORA**

Prof. Dr. Sérgio Feliciano Crispim

Universidade Municipal de São Caetano do Sul

Prof. Dr. Dirceu da Silva

Universidade Municipal de São Caetano do Sul

Prof. Dr. Alexandre Augusto Massote

Centro Universitário da FEI

Com muito Amor, dedico este trabalho à minha esposa, que com incentivo, apoio e paciência, esteve sempre ao meu lado.

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, meus pais Miguel e Lucia, minha esposa Josi e meu irmão Renato. Quando olhamos de onde saímos e onde chegamos, fica fácil acreditar que fé, família e trabalho são a base de tudo.

Agradeço ao professor Dr. Sergio Crispim, meu orientador, que com muita paciência e companheirismo, me ajudou a concluir este trabalho entendendo minhas limitações, e contribuindo além de tudo com incentivo e motivação.

Agradeço aos professores Dr. René Götz Licht, Dr. Dirceu da Silva, Dr. Antonio Carlos Gil e Dr. Mauro Neves Garcia, pelas excelentes aulas, pelo aprendizado, pelas conversas e pela amizade durante o curso.

Agradeço ao professor Alexandre Augusto Massote, pela disposição em participar da banca examinadora e pelos conselhos dados.

Agradeço também ao Sr. Waldemar Battaglia, Sr. Edouard Mekhalian, Sra. Analice Fernandes, Sr. Marcos Lima, Sra. Dércia Antunes, Sra. Meire Lopes, Sr. André Ribeiro e Sr. Luiz Fernando Miguel que, direta ou indiretamente, colaboraram para o resultado final do trabalho.

Agradeço, por fim, a todos aqueles que com muita paciência preencheram o instrumento de pesquisa e participaram do estudo. Sem essas respostas, não seria possível a realização deste trabalho.

Muito obrigado.

*“O que você é capaz de fazer ou acha que é, deve começar a fazer já. A ousadia é genial, poderosa, mágica.”*

*Goethe*

## RESUMO

A desverticalização do processo produtivo na indústria automobilística fez com que parte da produção de sistemas e subsistemas dos veículos automotores migrasse para a indústria de autopeças. Essa migração trouxe não somente novos padrões de qualidade como também inovações no desenvolvimento de produtos e processos, além do aumento de eficiência e competitividade na cadeia produtiva. Dentre as inovações de processo, destaca-se a robotização industrial, que tem conquistado cada vez mais espaço nas linhas de produção devido aos benefícios relativos à qualidade e aspectos ergonômicos. A decisão quanto ao grau e tipo de robotização é de natureza estratégica e os investimentos são relativamente elevados, implicando que os mesmos sejam definidos no nível da alta gerência das empresas de autopeças. Como esse setor caracteriza-se por baixa atratividade sob a ótica da rentabilidade e retorno sobre investimento, a decisão estratégica sobre a robotização assume grande importância à medida que impacta diretamente a competitividade das empresas. Dado este contexto, esse trabalho tem por objetivo analisar de que forma são tomadas as decisões de investimentos em robotização industrial em empresas de autopeças no Brasil e sua relação com as estratégias funcionais de manufatura e financeira. A pesquisa exploratória quantitativa foi realizada em uma amostra não-probabilística das empresas de autopeças, demonstrando que os custos envolvidos em um investimento em robotização industrial são itens majoritários em uma tomada de decisão de investimentos e que a estratégia de manufatura nas empresas de autopeças pode ser considerada subordinada à estratégia financeira das empresas.

Palavra-Chave: Robótica. Estratégia de manufatura. Decisão de investimentos. Autopeças.



## **ABSTRACT**

The end of vertical integration on the automotive industry's production process has caused a division on the production of vehicle systems and subsystems to move to the autoparts industry. Such migration has brought not only new quality standards, but also innovations in the development of products and processes, and the increase of effectiveness and competition on the supply chain. Amongst the innovations in process, there appears the industrial robotization, which has conquered increasingly more space in the production lines due to its benefits regarding quality and ergonomic aspects. The decisions related of robotization have a strategic background and the high investments decided only by the top management of the autoparts companies. This industry presents low profitability and attractiveness by return of investment point of view, which means that those companies have great responsibility for their results which, in their turn, are directly influenced by the degree of competitiveness deriving from the adopted strategic options. This paper aims at analyzing, in the Brazilian autoparts companies, which methods are adopted by the people with empowerment to decide investments in robotization and the correlation with manufacturing and financial strategies. Quantitative exploratory research was made on a nonprobabilistic sample of autoparts companies which shows that the costs of investments are more important during a investment decision and the manufacturing strategy can be considered under the financial strategy.

**Keywords:** Robotics. Manufacturing strategy. Investments decision. Autoparts.

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Pontos importantes para a tomada de decisão em robotização .....	38
Tabela 2 - Instrumentos de pesquisa respondidos .....	43
Tabela 3 - Divisão de gênero dos respondentes .....	43
Tabela 4 - Posição hierárquica dos respondentes .....	44
Tabela 5 - Nível de robotização .....	44
Tabela 6 - Teste de Kolmogorov-Smirnov .....	47
Tabela 7 - Teste de Bartlett e KMO .....	48
Tabela 8 - Matriz de correlação anti-imagem.....	49
Tabela 9 - Teste de Bartlett e KMO .....	50
Tabela 10 - Matriz de correlação anti-imagem.....	50
Tabela 11 - Tabela de variâncias.....	51
Tabela 12 -Tabela de variâncias com fatores extraídos .....	52
Tabela 13 - Matriz de componentes não-rotacionada.....	53
Tabela 14 - Tabela de variâncias com fatores extraídos rotacionados.....	54
Tabela 15 - Matriz de componentes rotacionada.....	54
Tabela 16 - Matriz de componentes rotacionada (carga fatorial > 0,3).....	55
Tabela 17 - Matriz de componentes rotacionada (variáveis com maior carga).....	56
Tabela 18 - Fatores x Variáveis .....	56
Tabela 19 - Fatores x Variáveis (com descrição).....	57
Tabela 20 - Alfa de Cronbach da amostra .....	58
Tabela 21 - Fatores .....	64
Tabela 22 - Valores de escala para análise de tendências .....	65
Tabela 23 – Fatores análise de tendência.....	65
Tabela 24 - Análise de tendências por variável .....	65

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
1.1 Origem do Estudo .....	11
1.2 Problemática .....	13
1.3 Objetivo .....	14
1.4 Justificativa do Estudo.....	14
2 REFERENCIAL CONCEITUAL .....	15
2.1 Estratégia de Manufatura .....	15
2.2 Competitividade na Manufatura.....	21
2.3 Seleção do Processo de Produção .....	23
2.4 A Robotização Industrial.....	25
2.5 A Indústria de Autopeças Brasileira .....	29
2.6 Análise de Retorno e Tomada de Decisão .....	31
3 METODOLOGIA.....	36
3.1 Tipo da Pesquisa.....	36
3.2 Amostra e Sujeitos da Pesquisa.....	36
3.3 Instrumento da Pesquisa.....	38
3.4 Procedimentos de Coleta de Dados.....	40
4 ANÁLISE DE RESULTADOS .....	42
4.1 Análise Descritiva da Pesquisa .....	42
4.2 Análise Descritiva dos Respondentes .....	43
4.3 Análise Fatorial.....	44
4.3.1 Teste de Normalidade .....	45
4.3.2 Teste de Adequação da Análise Fatorial.....	48
4.3.3 Análise de Componentes Principais.....	51
4.3.4 Nomeação e Análise dos Fatores .....	59
4.4 Análise de Tendências .....	64
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	68
5.1 Sobre os Resultados da Pesquisa .....	68
5.2 Limitações da pesquisa e recomendações de futuros estudos .....	73
REFERÊNCIAS.....	74

# 1 INTRODUÇÃO

A introdução abordará as características da origem do estudo, a problematização, os objetivos e suas justificativas.

## 1.1 Origem do Estudo

O Brasil é hoje o sétimo produtor de automóveis no mundo. A importância da indústria automobilística brasileira pode ser avaliada por meio de sua participação de 16,2% do PIB industrial brasileiro e dos mais de 104.000 empregos gerados diretamente. A produção de autoveículos (automóveis, comerciais leves, ônibus e caminhões) em 2008 foi de 3.227.012 unidades (ANFAVEA, 2009).

A desverticalização do processo produtivo de autoveículos, no âmbito mundial, estimulou o desenvolvimento e mudanças na indústria de autopeças, que atualmente é autônoma, segmentada e orientada para a indústria automobilística. O capital dessas empresas no Brasil é, em média, 56% nacional e o restante misto e/ou estrangeiro. A indústria de autopeças tem crescido cerca de 19% em média nos últimos 5 anos e emprega cerca de 217.000 pessoas no Brasil. O número de postos de trabalho é cerca de duas vezes maior que na indústria automobilística e as exportações em 2007 foram acima de 9 bilhões de dólares, ou aproximadamente 5% do total das exportações, indicando sua importância para a economia brasileira (SINDIPEÇAS, 2008).

A consolidação do modelo de estratégia de manufatura desenvolveu as prioridades na manufatura em termos de custos, qualidade, prazo de entrega e flexibilidade (SKINNER, 1969; HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; HILL, 2000). Cada vez mais se observa a realocação de atividades dentro do setor automobilístico e a crescente transferência de tarefas das montadoras para os fabricantes de autopeças que tornam-se gradualmente montadores de sistemas automotivos. Isso tem criado a necessidade de uma melhor interação na cadeia logística e nos processos de

qualidade entre as indústrias, além de alterações nos aspectos tecnológicos da indústria de autopeças (DI SERIO; SAMPAIO; PEREIRA, 2006).

No processo de redefinição da cadeia de suprimento da indústria automobilística e de busca de maior competitividade das empresas, a robotização industrial de várias atividades produtivas assume importância crescente na estratégia de manufatura. A robotização industrial no Brasil foi implementada primeiramente pelas indústrias automobilísticas, que trouxeram essa tecnologia de suas matrizes e criaram um cenário de modernidade para antigas fábricas de veículos e para as novas plantas instaladas no final da década de 90. Em conjunto com esse novo cenário, vieram também para o Brasil os escritórios comerciais das empresas fabricantes de robôs industriais, tendo como responsabilidade a pós-venda de seus produtos. Com isso, a robotização industrial inicia seu avanço na indústria de autopeças, dentre outros setores.

O investimento em robotização industrial tem crescido nos últimos anos, porém, o valor agregado desse tipo de investimento ainda é alto e decidido somente pelo alto comando das empresas de autopeças. Devido a esse alto custo, a implementação da estratégia de manufatura, subordinada a estratégia de negócios, a análise técnica e financeira de sistemas robotizados e a pressão das empresas montadoras de veículos com relação à qualidade, impõem um grande desafio para os gestores das empresas de autopeças.

Parte da lucratividade de uma indústria é reflexo direto do setor em que ela está inserida (HITT, 2005). A indústria de autopeças, bem como a automobilística, possuem baixa atratividade sob a ótica da rentabilidade e do retorno sobre o investimento: em uma média de 5 anos terminados em 2008, o lucro líquido do setor automobilístico global foi de 3,4% e o sobre o capital investido foi de 4,8%, enquanto na média das 500 empresas que compõem o índice S&P-Standard & Poors estes coeficientes foram, respectivamente, de 11,8% e 12,4% (REUTERS, 2009). Mas, é importante destacar que as características individuais e ações das empresas, também são determinantes do resultado final das empresas concorrentes. Neste sentido, as empresas também têm grande responsabilidade por seus resultados, que são diretamente influenciados pelo grau de competitividade derivada das opções estratégicas adotadas e da qualidade de sua implementação.

## 1.2 Problemática

Segundo Hitt (2005), dentre os muitos fatores necessários para a formulação de uma estratégia competitiva, está a capacidade da mesma produzir retornos acima da média e possibilitar a melhor utilização dos ativos, e recursos organizacionais. Uma inovação e/ou diferenciação pode ser fonte de vantagem competitiva e, neste caso, a robotização industrial é uma diferenciação de processos que pode ter efeito sobre a competitividade. Se por um lado a implantação de linhas e células robotizadas pode trazer diferenciação, por outro necessita de investimentos iniciais, treinamentos especializados de pessoal, custo de manutenção de curto, médio e longo prazo, entre outros fatores. Em alguns casos, essa implantação da robotização pode se tornar obrigatória pela montadora de veículos, que busca aumentar a qualidade dos processos ao longo da cadeia de suprimentos, o que torna ainda mais importante a análise de seus custos e viabilidade econômica.

A tecnologia avançada de manufatura (AMT – Advanced Manufacturing Technology) provê novas opções e componentes para a manufatura. Equipamentos como robôs e softwares de engenharia crescem e tornam-se acessíveis a todos os tipos de indústrias. Investimentos em tecnologia devem ser feitos com cautela e devem estar relacionados diretamente à estratégia de manufatura e suportando a estratégia de negócios. Executivos com poder de decisão de investimento devem orientar-se para os negócios e avaliar de modo ponderado as opiniões dos especialistas devotos da tecnologia e inovação (HILL, 2000).

A capacidade de organizar recursos é resultado das decisões dos gestores das empresas. De acordo com Kayali (2006), as métricas convencionais de avaliação de investimento em geral, não são mais apropriadas para as decisões de investir ou não investir por uma série de razões. Essas métricas não são flexíveis em um contexto no qual as pessoas com poder de decisão estão construindo estratégias de investimento, e que demanda uma abordagem integrada e flexível.

Dado o exposto, formulou-se o seguinte problema de pesquisa: Como são tomadas as decisões de investimento em robotização industrial na indústria de autopeças no Brasil?

### 1.3 Objetivo

O objetivo geral desse estudo é analisar de que forma são tomadas as decisões de investimento em robotização industrial no Brasil. O objetivo específico é analisar sua relação com as estratégias funcionais de manufatura e financeira. Complementarmente, esse trabalho também busca revisar referencial conceitual sobre estratégia de manufatura, análise de retorno e tomada de decisão.

### 1.4 Justificativa do Estudo

Esse estudo busca contribuir para a melhor compreensão das transformações da indústria brasileira de autopeças e, particularmente, da inserção da robotização nas estratégias competitivas e sua influência nas tomadas de decisão estratégicas para a manufatura. A importância desse estudo se dá no âmbito acadêmico, como suporte a trabalhos a ele relacionados, e no âmbito empresarial, como referência para os gestores que necessitam de um melhor entendimento sobre retorno de investimento em bens de capital como os robôs industriais, inclusive estendendo-se a outros tipos de máquinas industriais.

## 2 REFERENCIAL CONCEITUAL

O objetivo deste capítulo é a apresentação do resultado da pesquisa bibliográfica relativa a textos relevantes referente à estratégia de manufatura, competitividade na manufatura, seleção de processos de produção, robotização industrial, análise de retorno e tomada de decisão e à própria indústria de autopeças brasileira.

A pesquisa bibliográfica sobre estratégia limitou-se à abordagem sobre estratégia de manufatura e sua relação com a competitividade. Foram mantidas as citações de Skinner (1969) juntamente com os autores que corroboram suas afirmações, devido a amplitude de suas citações em diversos artigos sobre estratégia de manufatura.

A abordagem da pesquisa bibliográfica sobre robotização industrial ficou limitada aos aspectos históricos referente a criação do robô industrial, seus tipos construtivos com relação a aplicação e sua presença atual no mercado brasileiro e global. Não foram abordados aspectos funcionais de engenharia que ficariam fora do escopo de um trabalho orientado para a área de gestão de empresas.

### 2.1 Estratégia de Manufatura

A manufatura afeta a estratégia corporativa e a estratégia corporativa afeta a manufatura. A estratégia de manufatura deve subordinar-se à estratégia corporativa, criando assim um elo, de modo que agregue competitividade ao negócio de forma geral. Neste sentido, a despeito da importância da busca de processos mais eficientes, uma operação eficiente, de baixo custo e com qualidade não gera valor se não houver mercado para seus produtos e serviços (SKINNER, 1969; WHEELWRIGHT, 1984; CAGLIANO; CANIATO; SPINA, 2006).

A estratégia corporativa define as duas principais áreas de interesse da companhia: a definição dos negócios em que a empresa irá competir e quais os recursos ela deverá adquirir, para assim, dividi-los em seus negócios (WHEELWRIGHT, 1984). A definição de que em quais negócios a companhia irá



optar por diversificar suas operações, permite que a companhia se adapte às condições existentes em um ambiente externo. Essa diversificação faz parte da estratégia corporativa. As empresas diversificadas possuem estratégias de negócios diferentes em cada unidade de negócios, e estas são implementadas diferentemente de modo a buscar competitividade estratégica e retornos acima da média (HITT, 2005).

A estratégia no nível de negócios segundo Hitt (2005, p.146) é:

Um conjunto integrado e coordenado de compromissos e ações, cujo objetivo é gerar valor para o cliente e alcançar uma vantagem competitiva através da exploração das competências essenciais em mercados de produtos específicos e individuais.

As estratégias de negócios posicionam a empresa no setor em comparação a seus concorrentes, e um melhor posicionamento da empresa em relação a seus concorrentes podem ser interpretados como uma vantagem competitiva no setor.

Segundo Mintzberg et al (2000), o pensamento estratégico pode ser classificado em dez escolas que dão diferentes ênfases ao conteúdo estratégico, e a escola que mais influencia as pesquisas e as consultorias desta área, atualmente, é a denominada “escola do posicionamento”. Um dos principais autores desta escola é o professor Michael Porter, que propôs quatro tipos de estratégias genéricas de negócios: liderança em custos, diferenciação, liderança em custos focada e diferenciação focada.

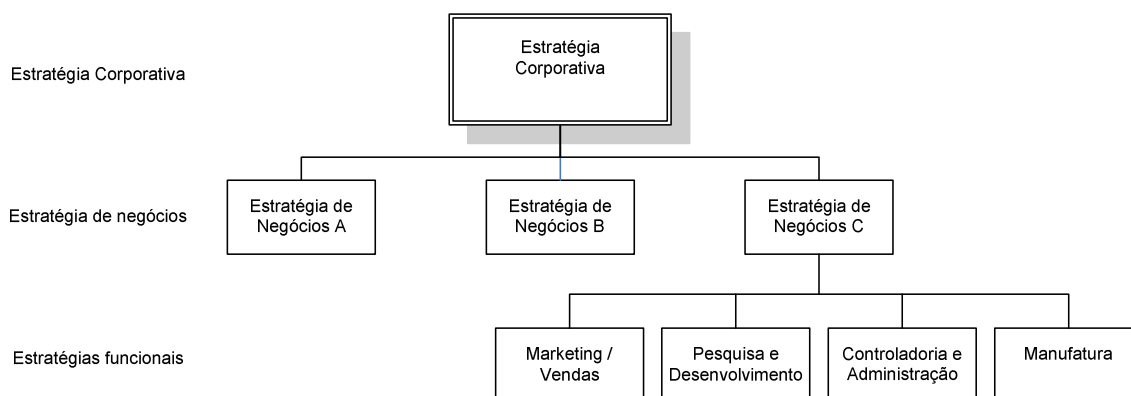
Na estratégia de liderança em custos, o objetivo é produzir bens ou serviços ao menor custo, relativamente à concorrência, e com características aceitáveis pelo cliente. A estratégia de diferenciação objetiva fornecer bens ou serviços que, na percepção do cliente, apresentem importantes diferenças em relação aos bens ou serviços da concorrência, mantida uma paridade de custo nos atributos nos quais a empresa não se diferencia. Para as estratégias focadas, com ênfase em custos ou diferenciação, o conjunto de ações para a produção de bens ou serviços é voltado para as necessidades de certo segmento competitivo de mercado, ou seja, a uma determinada amplitude do público alvo (HITT, 2005).

A estratégia pode ser entendida como a criação uma posição exclusiva e valiosa no mercado, envolvendo diferentes conjuntos de atividades (PORTER, 1996). Nesse contexto, Treacy e Wiersema (1995) definem que a proposição básica

de valor da empresa, ou posicionamento estratégico, deve condicionar o seu modelo operacional orientado por uma entre três disciplinas de valor: excelência operacional, liderança de produto e intimidade com o cliente. Desta forma, os dois conceitos essenciais para a estratégia de negócios são a denominada proposição de valor e modelo operacional. O primeiro refere-se a preço, qualidade, desempenho, seleção e conveniência. O segundo conceito, modelo operacional, refere-se à combinação de processos operacionais, sistemas gerenciais, estrutura empresarial e cultura da empresa.

As disciplinas de valor, excelência operacional e liderança de produto, de Treacy e Wiersema (1995), podem ser comparadas as estratégias genéricas de Porter (2004) onde o tema central é preço ou diferenciação independente do enfoque escolhido, porém, a disciplina de valor “intimidade com o cliente” adiciona um novo tipo de estratégia de negócios onde a customização total e o relacionamento com o cliente definem a vantagem competitiva.

Subordinada a cada estratégia de negócios, ou em um nível hierárquico inferior, encontram-se as estratégias funcionais. As estratégias funcionais devem ser desenvolvidas e utilizadas no sentido de dar suporte à estratégia de negócios. Os negócios possuem classicamente pelo menos quatro estratégias funcionais: marketing/vendas, pesquisa e desenvolvimento, controladoria/administração e manufatura, conforme figura 1. Dependendo do tipo de negócio, outras estratégias funcionais podem também ser definidas como por exemplo: serviços pós-venda, qualidade assegurada e logística. A estratégia funcional define como essa função irá suportar a vantagem competitiva desejada na estratégia de negócios, devendo estar alinhada a mesma, e como irá complementar as outras estratégias funcionais (WHEELWRIGHT, 1984; HILL, 2000).



**Figura 1:** Estratégias funcionais  
Fonte: Wheelwright (1984)

Segundo Skinner (1969), um dos pioneiros em estratégia de manufatura, manufatura é parte de um conceito estratégico que relaciona as forças e os recursos da empresa ao mercado. Estratégia de manufatura é uma arma no arsenal competitivo de uma empresa e a decisão sobre a alocação dos recursos da empresa deve resultar da gerência de trade-offs onde de forma geral ao ganhar de um lado, perde-se de outro, como por exemplo, o ganho de qualidade versus a perda de custo competitivo. Para Wheelwright (1984), estratégia de manufatura consiste em uma seqüência de decisões que irão habilitar a unidade de negócios e a empresa, a alcançar a vantagem competitiva desejada. Essa diversidade de decisões, organizadas, criam oito categorias de decisão para a composição da estratégia de manufatura: capacidade, utilidades, tecnologia, verticalização de processos, qualificação da mão-de-obra, qualidade, planejamento da produção e controle de materiais, e organização.

A estratégia de manufatura é o alicerce do sucesso estratégico e o motor competitivo da empresa. Esta deve ser apropriada, abrangente, coerente, consistente no tempo e acreditável (SLACK, 1993).

A necessidade de desenvolvimento de uma estratégia de manufatura e sua divisão no negócio não tem a ver apenas com a criticidade da manufatura na estratégia corporativa, mas também com a estrutura de decisões a serem realizadas. O desenvolvimento da estratégia de manufatura e sua relação com a estratégia de negócio é dividida em 5 passos: definir dos objetivos corporativos; determinar as estratégias de marketing para atingir os objetivos; julgar quais produtos são qualificados para os mercados e quais serão os ganhadores de pedidos contra a

concorrência; estabelecer o processo apropriado para a manufatura desses produtos; e prover à manufatura infra-estrutura para suporta a produção (HILL, 2000).

Seguem abaixo, descrição dos passos de acordo com Hill (2000):

Passo 1 – Objetivos corporativos: os objetivos corporativos precisam estar associados aos objetivos da estratégia de negócios. Para cada negócio haverá uma definição diferente relativa ao mercado, economia, oportunidades e preferências. Os parâmetros de medição de desempenho deverão ser claros, como: nível de crescimento, lucro, retorno sobre investimento e outros itens financeiros de análise.

Passo 2 – Estratégia de Marketing: de acordo com os objetivos corporativos, a estratégia de marketing deve realizar o planejamento de mercado, análise de produtos similares da concorrência, determinação de volumes, características do usuário final do produto, padrões de comportamento do comprador, tendência de mercado e planos de alcance do mercado alvo em curto, médio e longo prazo.

Passo 3 – Produtos qualificadores e ganhadores de pedido: nesse passo, dar-se-á a análise de quais produtos terão chances de disputar mercado com a concorrência, ou seja, se esse produto possui um mínimo de características exigidas pelo mercado e quais os produtos terão chance de efetivamente ganhar mercado de seus concorrentes.

Passo 4 – Seleção do processo: decisão de como será o processo de manufatura do produto. Essa decisão normalmente é feita pela engenharia e especialistas em processos, e tem forte base tecnológica. Essa decisão deve ter uma perspectiva técnica e de negócios.

Passo 5 – Infra-estrutura: consiste nos itens que não estão diretamente relacionados às características do processo. Procedimentos, sistemas,

estrutura organizacional, qualidade assegurada, e outros itens que dependem do tipo de negócio.

Um desdobramento do passo 3 é a divisão dos objetivos de manufatura proposto por Slack (1993). Uma discriminação em uma escala é feita de modo a graduar a importância de cada objetivo de desempenho. A escala de produto e grupo de produto é assim definida:

#### Objetivos ganhadores de pedidos

- a) Proporciona uma vantagem crucial junto aos clientes – é o principal impulso da competitividade.
- b) Proporciona uma importante vantagem junto aos clientes – é sempre considerado
- c) Proporciona uma vantagem útil junto a maioria dos clientes – é normalmente considerado

#### Objetivos qualificadores

- d) Precisa estar pelo menos no nível do padrão do setor industrial
- e) Precisa estar em torno da média do padrão do setor industrial
- f) Precisa estar a pouca distância do restante do setor industrial

#### Objetivos menos importantes

- g) Normalmente não é considerado pelos clientes, mas poderia tornar-se mais importante no futuro.
- h) Muito raramente é considerado pelos clientes.
- i) Nunca é considerado pelos clientes e provavelmente nunca será.

A estratégia de manufatura é também composta pelos conceitos desenvolvidos principalmente pelas empresas japonesas a partir da década de 50 e incorporados pelas empresas ocidentais a partir da década de 80, como *Just-in-Time*, *Total Quality Management*, Melhoria contínua, Controle Estatístico de

Processo, Engenharia simultânea e Produção Enxuta (SCHONBERGER, 1986; CLARK, 1996). Esse novo paradigma, chamado de *World Class Manufacturing*, ou Manufatura de Classe Mundial, é baseado na análise das práticas implementadas por empresas japonesas, americanas e alemãs, que apresentavam rendimento notável em suas indústrias (HAYES; WHEELWRIGHT, 1984; SCHONBERGER, 1986; HAYES; PISANO, 1996). A inovação dos novos meios produtivos tem se tornado a base para o alcance desse novo paradigma gerando maior competitividade estratégica em mercados globais (PRAJOGO; LAOSIRIHONGTHONG; SOHAL; BOON-ITT, 2007)

Para Voss (1995) o novo paradigma da manufatura envolvendo os novos conceitos da indústria japonesa, bem como a alemã e a americana é chamado de *Best Practices* (Melhores Práticas). Melhores Práticas em estratégia de manufatura são baseadas no conceito de Manufatura de Classe Mundial, porém, com uma abrangência maior, e estendida à outras áreas da empresa refletindo em um rendimento superior na utilização de recursos e incremento da competitividade.

Os vários padrões de estratégia de manufatura possuem vantagens e desvantagens e, de forma geral, os diferentes padrões não trazem vantagens no curto ou no longo prazo, se utilizadas separadamente. O desenvolvimento da estratégia de manufatura deve estar sempre acompanhado de índices de desempenho visando uma realimentação das informações de modo a obter melhoria contínua (VOSS, 1995).

## 2.2 Competitividade na Manufatura

A competição ocorre no nível dos negócios (PORTER, 1999). Uma operação de manufatura eficaz não é necessariamente uma operação eficiente ou uma engenharia perfeita, se não estiverem correlacionadas com as capacidades e políticas da vantagem competitiva do negócio (WHEELWRIGHT, 1984; PORTER, 1996).

A manufatura contribui para a tomada de decisões estratégicas. O sucesso competitivo da empresa é conseqüência direta das funções de manufatura a fim de obter competitividade superior a das concorrentes. O papel da estratégia de

manufatura como fator competitivo é definido pela relação de dois conjuntos, consumidores e concorrentes (SLACK, 1993). A estratégia de manufatura, subordinada à estratégia de negócios, também sofre influência das forças competitivas que dirigem o setor no qual a empresa está inserida, sendo elas compradores, fornecedores, produtos substitutos e novos concorrentes (entrantes) potenciais (PORTER, 2004).

A função manufatura engloba os aspectos fundamentais da competitividade, ou seja, do desempenho competitivo. A confecção de produtos sem erros, entregas rápidas, manutenção invariável dos prazos de entrega, habilidade de introduzir novos produtos, ampla faixa de tipos de produtos e a alteração desses itens conforme a demanda do consumidores são os aspectos que fazem a vantagem competitiva em manufatura significar “fazer melhor” (SLACK, 1993). O “fazer melhor” é detalhado em cinco itens:

- Fazer certo: não cometer erros. Fazer os produtos de acordo com as especificações. Para a empresa isso gera vantagem de qualidade.
- Fazer rápido: o tempo de produção entre o início do processo de manufatura e a entrega do produto seja inferior a concorrência. Para a empresa isso gera vantagem de velocidade.
- Fazer pontualmente: manter prazos de entrega. Acuidade na estimação de datas e clareza na comunicação destas para o cliente. Para a empresa isso gera vantagem de confiabilidade.
- Mudar o que está sendo feito: adaptação da operação devida necessidades dos clientes ou devido mudanças no suprimento de recursos. Para a empresa isso gera vantagem de flexibilidade.
- Fazer barato: Produzir a custos mais baixos que a concorrência, por meio de insumos mais baratos ou manufatura mais enxuta. Para a empresa isso gera vantagem de custo.

A vantagem competitiva para a manufatura pode ser delineada pelas dimensões custo, qualidade, confiabilidade, flexibilidade e inovação. Estas dimensões devem ser aplicadas às linhas de produtos, tecnologias de produção e ambiente competitivo. No intuito de ser competitivo no mercado, a melhoria contínua

dessas dimensões devem ser perseguidas além dos outros competidores (concorrentes). Com as dimensões delineadas, o próximo passo é a definição dos padrões de decisão levando em conta a posição e o grau da competição do mercado (WHEELWRIGHT; BOWEN, 1996). Além da melhoria contínua e integração dos processos internos, o aumento da competitividade deve ser baseado também na integração e no alinhamento de processos entre as empresas de uma cadeia de valor (CAGLIANO; CANIATO; SPINA, 2006).

### 2.3 Seleção do Processo de Produção

Mais do que qualquer outro elemento da manufatura, a tecnologia do processo define a natureza da operação (SLACK, 1993). Muitas decisões no nível dos negócios para produção de bens são feitas de modo único baseado em tecnologia. A consequência disso é que essas decisões acabam sendo feitas pelos engenheiros e especialistas de processo, que são os conhecedores de tecnologia. Essa perspectiva pode criar situações para a manufatura e os negócios, nos quais a importância dada a cada componente pode omitir dados importantes para a estratégia de um modo geral (SKINNER, 1969; HILL, 2000).

Skinner (1969) e Hill (2000) explicitam que manufatura não é uma função relacionada a tecnologia diretamente, mas sim, uma função relacionada aos negócios. A escolha apropriada para a manufatura de um produto segue os seguintes passos:

- Decidir o que será fabricado internamente e o que será terceirizado no processo de manufatura do produto.
- Identificar as alternativas tecnológicas apropriadas para cada etapa de manufatura do produto. Nessa etapa devem ser verificadas novamente as partes do produto a serem terceirizadas e o nível de qualidade exigido.
- Escolher o melhor processo tecnológico levando em conta todas as etapas e áreas envolvidas dentro da companhia. Deverá ser considerado o mercado e o volume de produção associado com vendas.



Para o processo tecnológico, Slack (1993) infere que mesmo nos mais dominantes tipos de tecnologia sempre há um grau de escolha. Devem-se analisar três dimensões:

- Tamanho – a escala de sua capacidade
- Grau de automação – equilíbrio entre a sua intensidade de capital e de mão-de-obra
- Grau de integração – conexão entre outros equipamentos

A principal função da manufatura é transformar matéria-prima e energia em produtos acabados. A escolha do processo de manufatura é uma decisão racional que deve suportar a estratégia de negócios em vantagem competitiva e posição no mercado. Cada escolha de processo implica em capacidades distintas para a manufatura e características próprias, nível de investimento, custo unitário, tipos de controle de processo e tipos de gerenciamento. Existem cinco tipos genéricos de processos de manufatura: Projeto, *Jobbing*, Batelada, Linha e Processo contínuo. Em algumas situações esses processos podem se tornar híbridos (HILL, 2000). Segue breve descrição dos cinco tipos de processos:

- Projeto – Processo de um produto único, construído no site, ou seja, no local onde ficará instalado por causa da dificuldade ou impossibilidade de movê-lo após construído.
- *Jobbing* – Processo de um produto único, porém que pode ser movido após sua construção.
- Batelada – Processo com volumes e repetibilidade na elaboração do produto. Com a repetibilidade na manufatura dos produtos, as empresas investem em cada etapa do processo em ferramental específico. Esse investimento também inclui horas de engenharia, utilidades e maquinários. Por tratar-se de bateladas, as utilidades e maquinários não são dedicados e devem ser divididos em outros processos para se obter retorno de investimento.
- Linha – Processo para produção em larga escala de produtos. Esse processo justifica investimentos dedicados de maquinários específicos,

utilidades e ferramental. Como o nome já diz, o processo é linear onde o produto é produzido por partes em cada etapa devido aos curtos tempos de ciclo.

- Processo Contínuo – Processo onde não há possibilidades de parada. O investimento é específico e devido características de transformação de matéria-prima, o processo é contínuo independente de produção ou não.

A automação em qualquer tipo de processo pode reduzir os custos de mão-de obra e a variabilidade no sistema de manufatura. Normalmente justifica-se automação com base na economia de mão-de-obra, mas, a invariabilidade do processo automatizado traz ganhos mais significativos. A escolha tecnológica também deve ser adequada ao perfil do produto. (SLACK, 1993).

Devido aos avanços tecnológicos na área de manufatura e diminuição do tempo de vida dos produtos, processos em batelada e em linha têm se tornado cada vez mais dinâmico, caracterizando um processo híbrido. O Sistema de Manufatura Flexível (FMS – *Flexible Manufacturing System*) é desenhado para tal propósito fazendo com que a troca de produtos (*setups*) se torne automática independente do volume a ser produzido. Com isso, há uma otimização dos recursos investidos, porém, apenas em famílias de produtos (HILL, 2000).

Investimentos em robotização industrial têm sido justificados com base em sua eficácia e em sua eficiência. Além do retorno sobre investimento e valor presente do fluxo de caixa, fatores como flexibilidade de volume, qualidade e confiabilidade são também avaliados na composição para decisão de processo. (SLACK, 1993).

## 2.4 A Robotização Industrial

A palavra robô origina-se da palavra tcheca *Robotnik* que significa escravo, ou Robata que significa trabalho compulsório. Ela foi utilizada pela primeira vez pelo escritor tcheco Karel Capek em 1922, na peça de ficção científica R.U.R. (*Rossum's Universal Robots*). Desde então, livros, filmes e desenhos animados criaram

inúmeras ficções sobre os robôs e suas funções similares aos dos seres humanos (SAFFORD, 1978).

A ficção se torna realidade quando George C. Devol, em 1954, cria a primeira patente para um manipulador programável industrial. Durante e após a segunda guerra mundial, surgiram três tecnologias essenciais para o sucesso da robotização: a teoria sobre servo-mecanismos, a computação digital e a eletrônica de estado-sólido. Essas novas tecnologias, disponibilidade e conhecimentos fabris, possibilitaram que Devol desenvolvesse o primeiro robô. A Unimation Inc., empresa criada por Devol e Joseph Engelberger, é a primeira empresa do mundo a realizar um estudo de mercado para aplicação de robôs. Esses estudos iniciam-se em 1956 com pesquisas de campo em empresas automobilísticas e de outras diferentes aplicações. O resultado desse estudo de mercado foi o primeiro protótipo de robô em 1959. O primeira instalação de sucesso com um robô industrial foi em 1961, em uma planta da General Motors nos Estados Unidos. Nesta aplicação, o robô fazia a manipulação (descarga) de peças fundidas em uma máquina de injeção de metais moles (ENGELBERGER, 1999; STONE, 2005).

O primeiro robô industrial a utilizar movimento contínuo e seis eixos de liberdade foi o robô Trallfa. Produzido em 1964 pela Trallfa Nils Underhaug da Noruega, era utilizado para pintura de carrilhas. Em 1971, nasce no Japão a JIRA (Japanese Industrial Robot Association), apoiada pelo governo para implementação de robôs no parque industrial japonês (STONE, 2005).

De acordo com a Federação Internacional de Robôs (IFR – International Federation of Robotics), existem seis classificações para os robôs industriais conforme estrutura mecânica:

- Robô cartesiano – robôs de três eixos onde os eixos coincidem com as coordenadas cartesianas.
- Robô cilíndrico – robôs onde os eixos formam um sistema de coordenadas cilíndricas.
- Robô esférico – robôs onde os eixos formam um sistema de coordenadas polares.
- Robô Scada – Robôs com duas junções paralelas mantendo conformidade no plano.

- Robô articulado – robôs cujo braço tem pelo menos três junções giratórias.
- Robô paralelo – robôs cujo braço tem junções simultâneas giratórias ou prismáticas.

Segundo a IRF (2007), de todos os robôs instalados no mundo, 70% são robôs articulados instalados em indústrias manufatureiras.

Os robôs articulados industriais são utilizados em diferentes tipos de aplicações. Entre as aplicações mais utilizadas e sua participação relativa, conforme IRF (2007) e dados da United Nations Economic Commission for Europe estão :

- Solda ponto (26%) - Empresas automobilísticas
- Solda arco (24%) - Empresas automobilísticas e autopeças
- Manipulação (37%) - Empresas automobilísticas e autopeças (Fornecedores nível 1, fornecedores nível 2)
- Paletização (6%) - Industriais em geral
- Montagem (2%) - Industriais em geral
- Outras aplicações diversas (5%) - Industriais em geral

Dentre as aplicações diversas, pode-se destacar a solda laser, solda plasma, moldes plásticos, usinagem, pintura e revestimento, fundição e inspeção e testes.

Globalmente, o Japão está em primeiro lugar em número de robôs instalados (todas as indústrias) com uma densidade de robôs instalados em relação a mão-de-obra de 1 robô para cada 10 trabalhadores. Dos 999.100 robôs instalados no mundo até 2007, o Japão possui 40%, seguido pela Alemanha com 14%. O Brasil detém cerca de 0,3% dos robôs instalados ao redor do mundo (IRF, 2007).

A introdução do sistema de manufatura flexível e a robotização trazem necessidades de especialização de mão-de-obra. A mão-de-obra deve ser orientada para ambientes computadorizados e normalmente trabalhadores mais novos com idade inferior a 40 anos adaptam-se com maior facilidade (CHONG; SALVENDY, 1999).

A utilização de robôs pode prover flexibilidade na produção, rápidas respostas às adequações de produção ao mercado. Robôs são reprogramáveis e, portanto, podem ser reutilizados, trazem redução de mão-de-obra e outros benefícios como:

aumento de produtividade, redução de custos operacionais, aumento na qualidade do produto, eliminação de perigos para a segurança e saúde, alta precisão, eliminação de paradas entre turnos e redução do espaço fabril no chão de fábrica (MILLS, et al., 1999).

Outro aspecto importante destacado por Mills et al. (1999), é a viabilidade técnica da robotização. Uma produção robotizada pressupõe que seus produtos sejam projetados de modo que possam ser manipulados por robôs, que os tempos de ciclo das células de produção atendam as especificações, além da segurança na operação com os operadores. Outro aspecto importante é a cultura organizacional da empresa na utilização de robôs. A implementação de robôs deve envolver todas as áreas da empresa como engenharia de manufatura, manutenção, engenharia de produtos e finanças.

O ciclo de vida de um robô industrial como investimento geralmente passa por três fases. A primeira fase é a aquisição, depois a utilização e finalmente a troca desse ativo, venda ou o descarte. Cada uma dessas fases requer informações e decisões distintas. Além disso, cada fase tem diferentes impactos nas metas gerenciais e nas decisões econômicas (LANDER ; BAYOU, 1992).

De acordo com Soska (1999), a estratégia para implantação de projetos de robotização deve possuir quatro elementos: mudança de paradigmas, comunicação, esforços internos coordenados e parcerias.

- Mudança de paradigmas: no sentido da compreensão em dizer que robotizar não é apenas comprar um robô. Um robô pode significar 20% de todo um sistema onde esse robô será implementado. Deve-se pensar no longo prazo em termos de vantagens competitivas possibilitadas pela robotização.
- Comunicação: é o elemento que liga todas as áreas envolvidas na robotização. Limitações como espaço na fábrica, desenho de produto, tempo de implementação do projeto e insumos para produção devem ser discutidos e resolvidos por meio da comunicação
- Esforços internos coordenados: estes devem incluir todos os conhecimentos dos diversos setores da companhia. Desde a direção geral, gerência de projetos, engenheiros, manutentores e operadores devem contribuir com informações para o desenvolvimento do projeto.

- Parcerias: significam intimidade com os fornecedores. São os fornecedores que conhecem melhor que ninguém os equipamentos por eles vendidos. Deve-se estabelecer uma relação de confiança e clareza sobre o processo e o objetivo da robotização.

## 2.5 A Indústria de Autopeças Brasileira

A instalação das empresas montadoras de veículos no Brasil a partir dos anos 50 e o aumento do índice de nacionalização de peças exigido pelo governo, fez com que fosse criada a indústria de autopeças no Brasil. Desde a abertura de mercado nos anos 90, a maior mudança ocorrida na relação entre os membros da cadeia de suprimentos do setor automobilístico tem se dado entre as indústrias montadoras de veículos e os fornecedores de autopeças. Novas formas de produção e relacionamento estão sendo desenvolvidas e estabelecidas nessa cadeia, de forma a torná-la mais competitiva. Essas mudanças estão ocorrendo principalmente com o intuito de adaptar e integrar essa cadeia às novas estratégias globais das montadoras de automóveis e da indústria de autopeças (SCARVADA; HAMACHER, 2001).

Para Scarvada e Hamacher (2001), estas mudanças já começam a ser vistas no desenvolvimento cooperativo de componentes, no aumento crescente da demanda por subsistemas completos de componentes para veículos, no fornecimento com parâmetros de qualidade mais intensos, na rigorosa seleção de fornecedores e na diminuição do seu número. Essas mudanças estão formando novas relações entre essas empresas e dando origem a novas estratégias competitivas dos produtores de autopeças. Essas novas estratégias consistem em fornecimento global, ampliando mercado e utilizando a capacidade de ampliação de produção principalmente em países emergentes como o Brasil.

Essa nova arquitetura do processo produtivo devido o aumento da competitividade no setor automobilístico, tornou-se modular e horizontal. O desenvolvimento cooperativo de subsistemas completos pelas indústrias de autopeças configurou uma redução na base de fornecedores da indústria automobilística. Tais subsistemas completos, também denominados módulos,

inovaram o conceito de gestão de cadeia de suprimentos fazendo com que as empresas de autopeças passassem a competir tanto pelos seus produtos como também pela cadeia de valor ao qual está inserida (DI SERIO; SAMPAIO; PEREIRA, 2006). O aumento da complexidade dos produtos e o novo nível de terceirização moveram efetivamente a competitividade da empresa para a cadeia de valor (CAGLIANO; CANIATO; SPINA, 2006).

O crescimento das responsabilidades das autopeças na cadeia produtiva automobilística fez surgir os megaforneecedores, com uma capacitação em uma ampla faixa de produtos e com cada vez mais valor agregado. Com o aumento da complexidade de tais produtos modulares, cria-se uma interdependência das empresas de autopeças com seus competidores, devido interoperabilidade dos módulos fornecidos.

As alterações na forma de produção também são afetadas nas indústrias de autopeças. Requisitos de qualidade, máquinas especiais para produção, sistemas de logística seqüenciados são pré-requisitos para fornecimento de sistemas modulares onde as regras são estabelecidas pelas montadoras.

Como conseqüência desse novo modelo de cadeia de valor, as autopeças recebem forte pressão para redução de preços, aumenta sua dependência com as montadoras, investem em melhoria crescente da capacitação técnica de seus colaboradores, bem como, em pesquisa e desenvolvimento. Investimentos também em tecnologia de informação (TI) fazem-se necessário além de extensão de suas bases em território nacional (onde houver fábricas montadoras) e também internacional (SANTOS; PINHÃO, 2000).

Ainda segundo Santos e Pinhão (2000) e Sindipeças (2008), os fornecedores de primeira linha (*Tiers 1*) são multinacionais e a participação de empresas nacionais, quando ocorre, é através de *joint ventures*. As grandes empresas nacionais foram adquiridas por multinacionais. A concorrência para o fornecimento de sistemas modulares é muito grande e depende também de tecnologia de alto valor agregado. Para as empresas de capital nacional, competir globalmente é um desafio à capacidade financeira necessária para acompanhar a montadora quando selecionada como seu parceiro modular.

## 2.6 Análise de Retorno e Tomada de Decisão

Uma parte relevante do processo estratégico é a medição e o controle de resultados gerados pela aplicação das estratégias (SELLITO; WALTER, 2006). Na estratégia de manufatura existem dois denominadores para medição de rendimento e controle. O primeiro é baseado no tempo: mix de produtos, volumes, capacidade, eficiência, utilização e produtividade. O segundo denominador é baseado nos recursos financeiros. A estratégia no nível dos negócios é formada por previsão de vendas e lucros, índices de rendimento, e níveis de investimento que são baseados no dinheiro. Por isso, é importante a ligação dos itens baseados no tempo com os itens baseados no dinheiro para sustentação da estratégia de negócios (HILL, 2000). Além disso, o tamanho da empresa e a relação com a estratégia de manufatura traz impactos diferenciados na performance financeira da organização (KAZAN; ÖZER; ÇETIN, 2006).

Um dos mais importantes critérios na elaboração da estratégia de manufatura é a decisão de investimentos (HILL, 2000). O processo de decisão pode ser dividido em quatro elementos principais: estruturação, coleta de informações, conclusões e aprendizado. A estruturação significa definir o que deve ser decidido e determinar os critérios de preferência entre as opções. A coleta de informações é a busca de fatos e reconhecimento dos mesmos para a tomada de decisão. Nas conclusões estruturam-se as informações e avalia o peso da intuição na decisão. O aprendizado se faz com a realimentação das informações de acordo com o esperado, e o armazenamento de tais informações para futuras decisões (RUSSO; SCHOEMAKER, 1993).

De acordo com Hill (2000), as organizações possuem recursos limitados e por isso, tais decisões são feitas com cautela e com profunda análise. A decisão de investimento inicia-se pela busca de vantagem competitiva na manufatura, mas sua análise é feita por indicadores financeiros de avaliação. A principal premissa de tais indicadores é o retorno do capital investido associado a cada investimento analisado distintamente. Os argumentos que investimentos devem trazer um rápido retorno (*payback*) são atraentes do ponto de vista financeiro e emocional, entretanto, considerar somente estes aspectos podem levar a decisões falhas na constituição de critérios para a competitividade estratégica.



As decisões de investimentos devem ser baseadas em alguns princípios (HILL, 2000):

- Decisões de investimentos devem ser baseadas nos ganhadores de pedidos.
- Sistemas de controle financeiro devem ser desenvolvidos de acordo com os processos de análise de investimentos.
- Investimentos não são decisões distintas, mas devem ser consideradas a parte na companhia.
- Deve existir apenas uma razão substantiva para a proposta de investimento.
- Excessivo uso do retorno de investimento (ROI) distorce a construção da estratégia.
- Garantias governamentais não deve ser base para decisão.
- Associar investimentos ao ciclo de vida do produto reduz riscos.
- Manufatura deve testar as implicações do processo nas previsões do ciclo de vida do produto.
- Decisões de investimento devem quantificar requisitos de capital humano e infra-estrutura.
- Auditorias devem captar o aprendizado para decisões futuras.

De acordo com Slack (1993), para os investimentos em ativos na manufatura, a principal medida de desempenho é o retorno financeiro, sob o conceito de retorno sobre investimento - ROI (Return on investment). Essa medida de desempenho deve ser desdobrada além da simples razão lucro sobre investimento total, deve ser lucro sobre saída e saída sobre investimento total:

$$\frac{\textit{Lucro}}{\textit{Investimento\_total}} = \frac{\textit{Lucro}}{\textit{Saída}} \times \frac{\textit{Saída}}{\textit{Investimento\_total}}$$

A saída sobre investimento total pode ser decomposta em três outros fatores:

$$\frac{Saída}{Investimento\_total} = \frac{Saída}{Capacidade} \times \frac{Capacidade}{Investimento\_fixo} \times \frac{Investimento\_fixo}{Investimento\_total}$$

Saída sobre capacidade ou utilização da operação é determinada pela habilidade da operação ajustar sua capacidade conforme a demanda. Capacidade sobre investimento fixo define a produtividade do investimento fixo, e investimento fixo sobre investimento total é o capital imobilizado do negócio, ou seja, a administração do capital empregado.

O investimento será estratégico no sentido em que afeta a competitividade da empresa e sua influência na operação, ou seja, qualidade, velocidade, confiabilidade e flexibilidade. Se considerar somente o ROI, os investimentos tornam-se proibitivos, por isso, deve-se avaliar o investimento conforme sua viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade. Se os recursos requeridos para instalação de uma tecnologia são maiores que aqueles que são obtidos ou são avaliáveis, o investimento não é viável (SLACK, 1993). Para Lander e Bayou (1992) somente a utilização exclusiva do Retorno de Investimento pode resultar em problema pois devido ao alto custo de aquisição do robô industrial, esse índice acaba diminuindo o rendimento do investimento se este não for calculado a longo prazo, e se não considerar o fluxo de caixa e o custo do dinheiro durante os descontos no fluxo de caixa.

Uma análise não detalhada com relação aos investimentos pode gerar decisões errôneas com impacto direto na lucratividade. Deve-se analisar o Custo Total de Propriedade (TCO – Total Cost Ownership), ou seja, o custo desde a compra do equipamento até o seu descarte (BIERMA; WATERSTRAAT, 2004). Por meio do TCO pode-se analisar adicionalmente ao custo direto de aquisição do equipamento, os custos indiretos, ou seja, os custos futuros que o equipamento demandará em seu ciclo de vida, como peças de reposição, custos de manutenção, treinamentos especiais e consumíveis (WILD; HERGES, 2000)

Investimentos em robotização e manufatura flexível têm potencial para redução de custos, flexibilidade, qualidade e aumento de produção, mas justificar tais investimentos torna difícil considerando apenas aspectos econômicos (MILLS et al., 1999).

Se os investimentos atingem os objetivos da empresa em termos de impacto operacional e impacto financeiro, o investimento é aceitável. A vulnerabilidade do

investimento deve ser analisada pelo risco inerente ao processo, seu desempenho, condições externas como mercado e reação do investimento face à concorrência (SLACK 1993).

Para Mills et al. (1999), o motivo para a robotização não é apenas a substituição de mão-de-obra por robôs. As análises para um quadro de decisão de investimentos em robotização é a comparação entre o custo de capital e os custos de operação da instalação de robôs levando em conta também fluxo de caixa projetado.

A decisão em robotização deve, entretanto, ser iniciada com uma análise não econômica. Uma produção de baixo volume, normalmente, possui uma maior eficiência com operação manual, ou seja, sem automação. Para volumes altíssimos de produção, como por exemplo, 500.000 unidades ou mais por ano, devem-se utilizar equipamentos estritamente dedicados chamados *hard automation* que são equipamentos construídos unicamente para aquele propósito de produção. Os robôs industriais são aplicados às produções de volumes médios e altos onde se pode eventualmente trocar o tipo de produto ou até mesmo deslocar o robô para outra célula de produção. Deve-se atentar que as decisões em função dos volumes de produção podem variar de acordo com o tipo de aplicação a qual o robô será projetado. Um exemplo são peças de baixo volume que possuem grandes quantidades de solda, o que poderia justificar uma robotização em função do tempo de ciclo.

Aspectos intangíveis também devem ser considerados na decisão de robotização. A robotização pode eliminar trabalhos perigosos e tediosos, e trabalhos que envolvem sérios problemas de ergonomia para os operadores. Robôs são reprogramáveis e podem ser reutilizados em outras tarefas.

Na fase de análise financeira devem-se determinar os custos e benefícios na instalação de robôs industriais, seu custo de investimento, vendas projetada, lucro e ganhos operacionais. Nessa análise deve incluir não só o custo do robô industrial como também o custo de ferramental acoplado, dispositivos de transferência para outras células de produção, equipamentos de segurança para os operadores, custos de manutenção e treinamento do pessoal. Todos os ganhos operacionais também devem ser incluídos tais como ganhos de mão-de-obra, consumíveis, tempo efetivo de operação, redução de afastamento de pessoal (devido problemas de ergonomia LER – Lesão por Esforço Repetitivo) e redução de sucata (MILLS et al. 1999).

A seleção de compradores e fornecedores é variável estratégica e especialmente importante na manutenção de vantagem competitiva (PORTER, 2004). A decisão de investimento em robotização também deve levar em conta aspectos como a parceria com o fornecedor de robôs. A compra de bens-de-capital de alta tecnologia se diferencia da compra de itens gerais de consumo. Bens-de-capital de alta tecnologia possuem um alto ciclo de vida de operação e peças de reposição bem como serviços serão necessários durante esse ciclo. Peças de reposição são itens de alto valor agregado e deve-se considerar seu investimento ou consignação com o fornecedor de robôs. Parceria com fornecedor significa também evitar inclusão de diferentes marcas de robôs em uma mesma planta pois diferentes marcas necessitam de diferentes treinamentos para os operadores, diferentes peças de reposição e eventual dificuldade de comunicação entre equipamentos (SOSKA, 1999).

### 3 METODOLOGIA

Neste capítulo será abordado o tipo de pesquisa, as amostras e sujeitos, o instrumento de análise e os procedimentos de coleta de dados.

Os sujeitos de pesquisa limitam-se as empresas de autopeças, ou seja, não estão sendo consideradas características das empresas montadoras de veículos.

#### 3.1 Tipo da Pesquisa

A pesquisa é exploratória com delineamento tipo levantamento, que tem como objetivo uma maior familiaridade com o problema. Esse tipo de pesquisa traz as vantagens de conhecimento direto da realidade, economia e rapidez, e quantificação (GIL, 2002). Como preparação para a pesquisa exploratória foram entrevistados diretores de empresas fabricantes de robôs e especialistas em robotização de empresas de autopeças com base no problema de pesquisa, verificando como são avaliadas as tomadas as decisões de investimento em robotização industrial na indústria de autopeças brasileira.

#### 3.2 Amostra e Sujeitos da Pesquisa

Na primeira etapa da pesquisa, com foco na elaboração do instrumento de pesquisa, foram realizadas entrevistas com os diretores gerais de quatro fabricantes de robôs sediados no Brasil visando obter informações sobre o perfil das pessoas que decidem ou influenciam a decisão sobre robotização nas empresas de autopeças. Segundo estes diretores, com uma média de 8 anos de experiência no cargo, as pessoas com poder de decisão, ou de influência, sobre este tema nas empresas de autopeças podem ser classificadas em três níveis hierárquicos, conforme segue:

- Diretoria
- Gerência
- Analistas

O nível hierárquico analista, devido às diferenças no modo de operação das empresas, foi dividido de modo a obter uma melhor precisão na pesquisa com relação a área de atuação dos profissionais:

- Engenharia de manufatura
- Compras
- Manutenção

Na segunda etapa da pesquisa, foram entrevistados seis especialistas do setor de autopeças no sentido de obter informações sobre a tomada de decisão em robotização que subsidiassem o posterior desenvolvimento do formulário de pesquisa.

Finalmente, na terceira etapa, foi realizada uma pesquisa exploratória quantitativa, caracterizada como levantamento, junto às empresas associadas ao Sindipeças, que formam uma população de 488 empresas, e são responsáveis por 95% da produção local destinadas às montadoras, ao segmento de reposição e ao mercado externo (Sindipeças 2008). Foram enviados 329 instrumentos de pesquisa que resultaram em uma amostra de 101 empresas, ou 20,7 % do total de empresas associadas ao Sindipeças. Os sujeitos correspondem às pessoas que ocupam os cargos de decisão sugeridos pelos fabricantes de robôs.

O setor de autopeças é diversificado e, neste sentido, a pesquisa abrange todos os segmentos: plásticos, borrachas, conjuntos estampados, conjuntos soldados, usinagem seriada, forjados e fundidos.

### 3.3 Instrumento da Pesquisa

A elaboração do instrumento de pesquisa foi feita com base nas informações extraídas da pesquisa bibliográfica e das entrevistas abertas com especialistas em robotização industrial em empresas de autopeças.

Durante as entrevistas abertas com especialistas, foram questionados quais são os pontos mais importantes a serem considerados na tomada de decisão de investimentos em robotização. Foram entrevistados 6 especialistas, onde pôde-se obter repetições referente aos pontos mais importantes na tomada de decisão em investimentos em robotização. Na tabela 1 podem-se observar, além do tempo de experiência de cada especialista, temas chave abordados para a tomada de decisão em investimentos em robotização.

**Tabela 1 - Pontos importantes para a tomada de decisão em robotização**

Especialista	Tempo de experiência	Custo	Produtividade	Qualidade	Flexibilidade	Tecnologia	Estratégia	Desenvolvimento de produto	Confiabilidade	Ergonomia
Especialista 1	14 anos	X	X	X	X				X	X
Especialista 2	7 anos	X	X	X		X	X	X		
Especialista 3	12 anos	X		X	X					
Especialista 4	11 anos	X	X	X	X					
Especialista 5	7 anos	X		X						X
Especialista 6	6 anos	X		X	X	X	X			

Fonte: dados do autor

Com base na pesquisa bibliográfica e em entrevistas abertas com especialistas, foi construído um instrumento de pesquisa com 27 variáveis dispostas por meio de assertivas. Cada assertiva possui uma escala Likert de 5 níveis.

Discordo Totalmente	1	2	3	4	5	Concordo Totalmente
------------------------	---	---	---	---	---	------------------------

Os instrumentos de pesquisa foram enviados para 5 respondentes em caráter de validação. As assertivas foram compreendidas sem problemas não havendo alteração antes do envio definitivo. Estes questionários não foram adicionados à análise de resultados.

O instrumento de pesquisa possui uma variável não-métrica, que é a posição hierárquico-funcional do respondente na organização e uma variável métrica que é o grau de robotização da empresa. Os dados qualificadores do sujeito estarão dispostos após a escala Likert de modo a evitar “inibição” dos respondentes, bem como, deixar opcional a identificação dos mesmos (SILVA; SIMON, 2005).

O instrumento de pesquisa final contou com 27 assertivas conforme quadro 1.

#### Quadro 1 - Assertivas do instrumento de pesquisa

1. A robotização industrial deve ser feita apenas para produtos desenhados para processos robotizados.
2. O investimento em robotização industrial deve levar em conta sua flexibilidade de aplicação em diversos tipos processos antes de uma análise financeira do investimento.
3. A busca de competitividade da empresa não passa sempre pelo setor produtivo, independente da estratégia da empresa.
4. A análise financeira do robô industrial e do sistema (célula) ao qual o robô está inserido deve estar associada ao ciclo de vida do produto.
5. Para trabalhos que ofereçam perigo para o seu humano, devem-se aplicar robôs independentemente do retorno financeiro do investimento.
6. As tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias de produção das montadoras de veículos.
7. Investir em robôs industriais é importante pois trata-se de tecnologia de última geração, independente dos custos dos mesmos.
8. As decisões de investimento em tecnologia de produção devem ser feitas exclusivamente por engenheiros e especialistas de processo.
9. A estratégia de manufatura não deve estar sempre subordinada a estratégia principal da empresa.
10. O aumento de qualidade dos produtos produzidos por robôs é suficiente para justificar seu investimento, independente do retorno financeiro e <i>pay-back</i> .
11. A grande dificuldade das análises de investimento em robotização industrial não é o custo de aquisição de um robô, mas o custo do sistema em que o robô está inserido.
12. Na composição da estratégia de investimento em equipamentos, tecnologia é mais importante que o retorno de investimento.
13. Deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e <i>pay-back</i> , de acordo com a política da empresa
14. Mesmo sem retorno de investimento, utilizar robôs é importante devido a qualidade que estes trazem para a produção.
15. O uso de uma análise financeira como retorno sobre investimento não se aplica a robôs industriais pois esses são bens duráveis flexíveis utilizados em outros projetos.



16. Independente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora).
17. No cálculo de retorno de investimento em robôs industriais não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer.
18. Investir em robôs industriais é importante, independente do retorno financeiro, porque mostra aos clientes um parque industrial moderno.
19. O robô deve estar associado ao ciclo de vida do produto e por isso seu custo de aquisição deve ser o menor possível para viabilizar o investimento.
20. Nem sempre se deve analisar índices financeiros antes de se definir o tipo de tecnologia de produção.
21. A robotização industrial é eficaz porque basicamente reduz mão-de-obra.
22. Não importa a estratégia de manufatura, novas tecnologias de produção devem estar em primeiro plano.
23. O robô industrial deve ser considerado como um bem durável não só para um projeto mas para projetos futuros, como um investimento de longo prazo.
24. Investimento em robotização deve contemplar apenas o custo de aquisição. Não é necessário análise de investimento em robôs levando em conta desde a compra do equipamento até o seu descarte, e peças de reposição.
25. Analisar um investimento em robotização industrial deve ser feito a longo prazo considerando a flexibilidade de aplicação de um robô..
26. Os investimentos em robôs industriais não devem estar associados ao ciclo de vida do produto que este irá produzir.
27. O aumento de produtividade em robotização justifica seus investimentos, independente do <i>pay-back</i> exigido pela empresa.

Fonte: Elaborado pela autor

### 3.4 Procedimentos de Coleta de Dados

Para a coleta de dados, grupos com interesses em comum podem oferecer apoio à pesquisa (GIL, 2002). Os instrumentos de coletas de dados foram enviados aos pesquisados eletronicamente por e-mail.

De acordo com Slack (1993), o grau de automação é uma dimensão importante para a definição da estratégia de manufatura. A análise dos dados será feita de forma geral e de forma distinta de acordo com o grau de robotização: baixo nível de robotização e alto nível de robotização. De acordo com entrevistas com fabricantes de robôs sediados no Brasil, pode-se estabelecer como alto grau de robotização em uma empresa de autopeças, uma quantidade acima de 10 robôs em uma linha de produção.

Os dados foram reduzidos e categorizados, a fim de poderem ser fundamentados no referencial teórico (GIL, 2002).

A pesquisa foi feita de forma não-aleatória em empresas de autopeças sediadas no Brasil, durante o período de 09/07/2008 a 20/08/2008.

## 4 ANÁLISE DE RESULTADOS

A análise dos dados dar-se-á por meio de análise fatorial exploratória.

A análise fatorial analisa a estrutura das correlações entre um grande número de variáveis definindo um conjunto de dimensões, chamados fatores. Essa técnica de análise é uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente consideradas, cada uma relacionada com as outras, empregando a composição linear de variáveis (HAIR et. al., 2005).

O objetivo da análise exploratória é a identificação de estruturas entre as variáveis. Com isso, teremos uma análise fatorial a uma matriz de correlação das variáveis, uma análise fatorial tipo R.

### 4.1 Análise Descritiva da Pesquisa

A pesquisa foi feita de forma não-aleatória em empresas de autopeças sediadas no Brasil, durante o período de 09/07/2008 a 20/08/2008.

Foram enviados 329 instrumentos de pesquisa que resultaram em uma amostra de 101 empresas ou 20,7 % do total de empresas associadas ao Sindipeças.

Os instrumentos de pesquisa foram enviados de forma eletrônica (*e-mail*) dos quais:

- 119 foram respondidos e tabulados
- 91 retornaram (*e-mails* que não chegaram ao destino ou destino não existem mais)
- 4 foram descartados por estarem incompletos
- 115 não foram respondidos.

Dos 234 instrumentos de pesquisa úteis validados, temos conforme tabela 2:

**Tabela 2** - Instrumentos de pesquisa respondidos

Instrumentos de pesquisa	%
Respondidos	50,9
Não respondidos	49,1

Fonte: dados do autor

Dos instrumentos de pesquisa respondidos, temos a seguinte classificação com relação ao sexo do respondente, conforme tabela 3:

**Tabela 3** - Divisão de gênero dos respondentes

Sexo	%
Masculino	98,3
Feminino	1,7

Fonte: dados do autor

#### 4.2 Análise Descritiva dos Respondentes

Os instrumentos de pesquisa foram enviados para empresas de autopeças de todos os segmentos: plásticos, borrachas, conjuntos estampados, conjuntos soldados, usinagem seriada, forjados e fundidos.

De acordo com a posição hierárquica e especialidade, temos os respondentes divididos de acordo com a tabela 4:

**Tabela 4** - Posição hierárquica dos respondentes

Posição hierárquica	%
Diretor	6,7
Gerente	34,5
Eng. manufatura	42,0
Comprador	9,2
Manutenção	7,2

Fonte: dados do autor

Na tabela 5, podemos observar a divisão dos respondentes de acordo com o nível de robotização das empresas em que atuam.

**Tabela 5** - Nível de robotização

Nível de robotização	%
Nenhum	25,2
Até 5 robôs	23,5
De 5 a 10 robôs	10,9
De 10 a 30 robôs	16,0
Acima de 30 robôs	24,4

Fonte: dados do autor

Observa-se que 75% das empresas respondentes já operam com algum grau de robotização. Complementarmente, as empresas pesquisadas que não possuem robôs industriais instalados foram consideradas na pesquisa pois as mesmas já possuíam intenção de robotização das linhas de produção.

#### 4.3 Análise Fatorial

Para os dados coletados foi aplicada como análise multivariada a análise fatorial.

Análise multivariada de dados é o entendimento e aplicação de um grupo de técnicas estatísticas, que simultaneamente analisam duas ou mais variáveis, que visam uma melhor compreensão e domínio da análise de dados (HAIR et. al., 2005).

O objetivo da análise fatorial é a identificação de estruturas relacionais entre as variáveis. Com isso, temos uma análise fatorial de uma matriz de correlação de variáveis ou uma análise fatorial tipo R.

Ainda segundo Hair et. al. (2005), a análise fatorial analisa a estrutura das correlações entre um grande número de variáveis definindo um conjunto de dimensões, chamados fatores. Essa técnica de análise é uma técnica de interdependência na qual todas as variáveis são simultaneamente consideradas, cada uma relacionada com as outras, empregando a composição linear de variáveis.

Os dados tabulados foram exportados para análise estatística por meio do software SPSS 13.0 para sistema operacional Windows. Cada assertiva é respectivamente a variável de análise, ver quadro 2, no SPSS e contém os valores respondidos de acordo com a escala Likert determinada de 1 a 5, conforme quadro 2.

**Quadro 2 - Variáveis de análise**

Variável	Assertiva
v1	A robotização industrial deve ser feita apenas para produtos desenhados para processos robotizados.
v2	O investimento em robotização industrial deve levar em conta sua flexibilidade de aplicação em diversos tipos processos antes de uma análise financeira do investimento.
v3	A busca de competitividade da empresa não passa sempre pelo setor produtivo, independente da estratégia da empresa.
v4	A análise financeira do robô industrial e do sistema (célula) ao qual o robô está inserido deve estar associada ao ciclo de vida do produto.
v5	Para trabalhos que ofereçam perigo para o seu humano, devem-se aplicar robôs independentemente do retorno financeiro do investimento.
v6	As tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias de produção das montadoras de veículos.
v7	Investir em robôs industriais é importante pois trata-se de tecnologia de última geração, independente dos custos dos mesmos.
v8	As decisões de investimento em tecnologia de produção devem ser feitas exclusivamente por engenheiros e especialistas de processo.
v9	A estratégia de manufatura não deve estar sempre subordinada a estratégia principal da empresa.
v10	O aumento de qualidade dos produtos produzidos por robôs é suficiente para justificar seu investimento, independente do retorno financeiro e <i>pay-back</i> .
v11	A grande dificuldade das análises de investimento em robotização industrial não é o custo de aquisição de um robô, mas o custo do sistema em que o robô está

	inserido.
v12	Na composição da estratégia de investimento em equipamentos, tecnologia é mais importante que o retorno de investimento.
v13	Deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e <i>pay-back</i> , de acordo com a política da empresa
v14	Mesmo sem retorno de investimento, utilizar robôs é importante devido a qualidade que estes trazem para a produção.
v15	O uso de uma análise financeira como retorno sobre investimento não se aplica a robôs industriais pois esses são bens duráveis flexíveis utilizados em outros projetos.
v16	Independente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora).
v17	No cálculo de retorno de investimento em robôs industriais não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer.
v18	Investir em robôs industriais é importante, independente do retorno financeiro, porque mostra aos clientes um parque industrial moderno.
v19	O robô deve estar associado ao ciclo de vida do produto e por isso seu custo de aquisição deve ser o menor possível para viabilizar o investimento.
v20	Nem sempre se deve analisar índices financeiros antes de se definir o tipo de tecnologia de produção.
v21	A robotização industrial é eficaz porque basicamente reduz mão-de-obra.
v22	Não importa a estratégia de manufatura, novas tecnologias de produção devem estar em primeiro plano.
v23	O robô industrial deve ser considerado como um bem durável não só para um projeto mas para projetos futuros, como um investimento de longo prazo.
v24	Investimento em robotização deve contemplar apenas o custo de aquisição. Não é necessário análise de investimento em robôs levando em conta desde a compra do equipamento até o seu descarte, e peças de reposição.
v25	Analisar um investimento em robotização industrial deve ser feito a longo prazo considerando a flexibilidade de aplicação de um robô.
v26	Os investimentos em robôs industriais não devem estar associados ao ciclo de vida do produto que este irá produzir.
v27	O aumento de produtividade em robotização justifica seus investimentos, independente do <i>pay-back</i> exigido pela empresa.

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.3.1 Teste de Normalidade

Normalidade é o grau em que a distribuição dos dados da amostra corresponde a uma distribuição normal, ou seja, quando os valores probabilísticos sobre a variável estão agrupados em torno de uma média em um padrão simétrico (HAIR et. al., 2005).

Para amostras superiores a 50 unidades utiliza-se o teste de aderência à distribuição normal de Kolmogorov-Smirnov (SIEGEL, 1979). Segundo Hair et. al.

(2005), para análise fatorial exploratória não há necessidade de uma normalidade na amostra.

Na tabela 6 podemos observar o resultado do teste de Kolmogorov-Smirnov. Considerando uma significância de  $\alpha=0,05$ , temos que a amostra não apresenta uma distribuição normal (Asymp. Sig < 0,05).

**Tabela 6 - Teste de Kolmogorov-Smirnov**

	Mean	Std. Deviation	Kolmogorov-Smirnov Z	Asymp. Sig. (2-tailed)
v1	2,3697	1,2134	2,4518	0,000
v2	3,7815	1,1436	2,2473	0,000
v3	2,6471	1,3504	1,8111	0,003
v4	3,7731	1,2312	2,4017	0,000
v5	3,7899	1,1562	2,1478	0,000
v6	3,8403	1,0969	2,3272	0,000
v7	2,0252	0,9608	2,4738	0,000
v8	2,7311	1,3385	1,8515	0,002
v9	2,2857	1,2699	2,4835	0,000
v10	2,1092	1,0151	2,1697	0,000
v11	3,6134	1,1055	2,3621	0,000
v12	2,0168	0,9296	2,3555	0,000
v13	3,4538	1,1553	2,2126	0,000
v14	2,4706	1,0722	2,0797	0,000
v15	2,1008	1,0845	2,4666	0,000
v16	2,7059	1,4163	2,0366	0,000
v17	1,7983	1,1167	3,4611	0,000
v18	1,9916	0,8684	2,4788	0,000
v19	3,1849	1,2553	1,8601	0,002
v20	2,6723	1,2151	1,7862	0,003
v21	2,4538	1,0556	2,2272	0,000
v22	2,4958	1,1923	1,8964	0,002
v23	3,8739	1,0541	2,4901	0,000
v24	1,7143	1,0508	3,4330	0,000
v25	3,8824	1,0510	2,5487	0,000
v26	2,6891	1,3388	1,9157	0,001
v27	2,3445	1,1530	2,2439	0,000

Fonte: SPSS

Como não temos uma distribuição normal, deve-se aplicar análises não-paramétricas à amostra.



#### 4.3.2 Teste de Adequação da Análise Fatorial

Os dados de uma matriz devem possuir correlações suficientes para a aplicação de análise fatorial. Duas maneiras para determinar a adequação de uma análise fatorial é analisar a correlação da matriz inteira ou as correlações parciais de cada variável (HAIR et. al., 2005).

Para o teste de correlação para a matriz inteira, aplicamos o teste Bartlett de esfericidade e a medida de adequação da amostra (MSA) de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO). Na tabela 7, podemos observar que a significância menor que 0,000 indicando a presença de correlações não-nulas, mas não seus padrões. A medida de adequação da amostra KMO apresenta um valor de 0,631. De acordo com Hair et. al. (2005), valores entre 0,6 e 0,7 apresentam um correlação aceitável, com suficiente intercorrelação entre as variáveis. Valores abaixo de 0,5 são considerados inaceitáveis, de 0,5 a 0,6 ruins, acima de 0,7 as intercorrelações tornam-se medianas e acima 0,8 admiráveis.

**Tabela 7 - Teste de Bartlett e KMO**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		,631
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	747,293
	df	351
	Sig.	,000

Fonte: SPSS

Se observamos a matriz de correlação anti-imagem na tabela 8, fornecida pelo SPSS, poderemos ver os valores individuais das variáveis e identificar quais variáveis possuem valores abaixo de 0,5, consideradas inaceitáveis para a aplicação de análise fatorial. Esses valores devem ser observados na diagonais da matriz de correlação anti-imagem.

**Tabela 8 - Matriz de correlação anti-imagem**

	<b>v1</b>	<b>v2</b>	<b>v3</b>	<b>v4</b>	<b>v5</b>	<b>v6</b>	<b>v7</b>	<b>v8</b>	<b>v9</b>
<b>v1</b>	0,48	0,07	-0,02	0,00	-0,01	-0,12	0,22	0,01	0,00
<b>v2</b>	0,07	0,61	-0,12	0,06	-0,13	0,12	-0,26	0,17	-0,05
<b>v3</b>	-0,02	-0,12	0,56	0,09	0,01	-0,10	0,01	-0,05	-0,16
<b>v4</b>	0,00	0,06	0,09	0,64	0,05	-0,12	-0,05	0,08	-0,05
<b>v5</b>	-0,01	-0,13	0,01	0,05	0,47	-0,15	0,13	-0,28	0,07
<b>v6</b>	-0,12	0,12	-0,10	-0,12	-0,15	0,52	-0,34	0,12	-0,18
<b>v7</b>	0,22	-0,26	0,01	-0,05	0,13	-0,34	0,71	-0,11	0,01
<b>v8</b>	0,01	0,17	-0,05	0,08	-0,28	0,12	-0,11	0,56	-0,11
<b>v9</b>	0,00	-0,05	-0,16	-0,05	0,07	-0,18	0,01	-0,11	0,67
	<b>v10</b>	<b>v11</b>	<b>v12</b>	<b>v13</b>	<b>v14</b>	<b>v15</b>	<b>v16</b>	<b>v17</b>	<b>v18</b>
<b>v10</b>	0,75	-0,07	-0,21	0,09	-0,24	0,12	0,04	0,02	-0,07
<b>v11</b>	-0,07	0,40	0,15	-0,03	-0,07	0,00	-0,04	0,03	-0,11
<b>v12</b>	-0,21	0,15	0,71	0,05	0,04	-0,07	0,01	-0,14	-0,29
<b>v13</b>	0,09	-0,03	0,05	0,61	0,03	0,16	-0,32	0,19	0,16
<b>v14</b>	-0,24	-0,07	0,04	0,03	0,75	-0,15	-0,07	-0,02	-0,01
<b>v15</b>	0,12	0,00	-0,07	0,16	-0,15	0,64	-0,25	-0,15	-0,01
<b>v16</b>	0,04	-0,04	0,01	-0,32	-0,07	-0,25	0,62	-0,12	-0,31
<b>v17</b>	0,02	0,03	-0,14	0,19	-0,02	-0,15	-0,12	0,62	-0,06
<b>v18</b>	-0,07	-0,11	-0,29	0,16	-0,01	-0,01	-0,31	-0,06	0,76
	<b>v19</b>	<b>v20</b>	<b>v21</b>	<b>v22</b>	<b>v23</b>	<b>v24</b>	<b>v25</b>	<b>v26</b>	<b>v27</b>
<b>v19</b>	0,53	-0,13	0,07	-0,02	-0,17	0,06	0,03	0,23	0,13
<b>v20</b>	-0,13	0,55	0,00	0,12	0,10	0,00	-0,03	0,07	-0,10
<b>v21</b>	0,07	0,00	0,51	-0,27	0,09	0,09	-0,14	0,15	-0,02
<b>v22</b>	-0,02	0,12	-0,27	0,71	0,03	0,07	0,10	-0,05	-0,07
<b>v23</b>	-0,17	0,10	0,09	0,03	0,61	0,11	-0,39	-0,13	-0,10
<b>v24</b>	0,06	0,00	0,09	0,07	0,11	0,58	0,00	-0,08	-0,19
<b>v25</b>	0,03	-0,03	-0,14	0,10	-0,39	0,00	0,57	-0,20	0,14
<b>v26</b>	0,23	0,07	0,15	-0,05	-0,13	-0,08	-0,20	0,59	-0,28
<b>v27</b>	0,13	-0,10	-0,02	-0,07	-0,10	-0,19	0,14	-0,28	0,69

Fonte: SPSS

Podemos observar na tabela 8 que as variáveis v1, v5 e v11 possuem valores inferiores a 0,5 na diagonal da matriz. Devido a essas variáveis, nessa amostra, obterem baixa intercorrelação com as outras variáveis, as mesmas serão eliminadas na análise fatorial.

Com isso, aplicamos novamente os testes de Bartlett de esfericidade e medida de adequação da amostra (MSA) de Kaiser-Meyer-Olkin (KMO).

**Tabela 9 - Teste de Bartlett e KMO**

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy		,665
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	652,853
	df	276
	Sig.	,000

Fonte: SPSS

Na tabela 9 observamos a significância menor que 0,000 indicando a presença de correlações não-nulas. A medida de adequação da amostra KMO apresenta um valor de 0,665. Esse valor é superior ao primeiro teste, conforme esperado, mas ainda apresenta um intercorrelação no mesmo nível.

Na matriz de correlação anti-imagem da tabela 10, pode-se observar o incremento dos valores de adequação de amostra, todos superiores a 0,5.

**Tabela 10 - Matriz de correlação anti-imagem**

	<b>v2</b>	<b>v3</b>	<b>v4</b>	<b>v6</b>	<b>v7</b>	<b>v8</b>	<b>v9</b>	<b>v10</b>
<b>v2</b>	0,67	-0,09	0,06	0,11	-0,25	0,14	-0,05	-0,07
<b>v3</b>	-0,09	0,58	0,12	-0,10	-0,03	-0,04	-0,15	-0,14
<b>v4</b>	0,06	0,12	0,64	-0,12	-0,04	0,10	-0,06	-0,15
<b>v6</b>	0,11	-0,10	-0,12	0,55	-0,31	0,08	-0,18	-0,03
<b>v7</b>	-0,25	-0,03	-0,04	-0,31	0,73	-0,08	0,01	0,01
<b>v8</b>	0,14	-0,04	0,10	0,08	-0,08	0,59	-0,10	-0,35
<b>v9</b>	-0,05	-0,15	-0,06	-0,18	0,01	-0,10	0,69	0,10
<b>v10</b>	-0,07	-0,14	-0,15	-0,03	0,01	-0,35	0,10	0,72
	<b>v12</b>	<b>v13</b>	<b>v14</b>	<b>v15</b>	<b>v16</b>	<b>v17</b>	<b>v18</b>	<b>v19</b>
<b>v12</b>	0,74	0,06	0,07	-0,08	-0,01	-0,15	-0,26	0,26
<b>v13</b>	0,06	0,63	0,08	0,18	-0,35	0,17	0,16	-0,09
<b>v14</b>	0,07	0,08	0,77	-0,17	-0,05	0,01	-0,03	0,16
<b>v15</b>	-0,08	0,18	-0,17	0,63	-0,27	-0,14	0,01	-0,05
<b>v16</b>	-0,01	-0,35	-0,05	-0,27	0,63	-0,12	-0,30	-0,07
<b>v17</b>	-0,15	0,17	0,01	-0,14	-0,12	0,63	-0,06	-0,05
<b>v18</b>	-0,26	0,16	-0,03	0,01	-0,30	-0,06	0,77	-0,14
<b>v19</b>	0,26	-0,09	0,16	-0,05	-0,07	-0,05	-0,14	0,58
	<b>v20</b>	<b>v21</b>	<b>v22</b>	<b>v23</b>	<b>v24</b>	<b>v25</b>	<b>v26</b>	<b>v27</b>
<b>v20</b>	0,55	0,02	0,11	0,11	0,02	-0,06	0,10	-0,11
<b>v21</b>	0,02	0,58	-0,28	0,09	0,05	-0,09	0,12	0,01
<b>v22</b>	0,11	-0,28	0,73	0,01	0,05	0,09	-0,04	-0,06
<b>v23</b>	0,11	0,09	0,01	0,62	0,08	-0,41	-0,13	-0,08
<b>v24</b>	0,02	0,05	0,05	0,08	0,58	0,06	-0,13	-0,15
<b>v25</b>	-0,06	-0,09	0,09	-0,41	0,06	0,61	-0,14	0,12
<b>v26</b>	0,10	0,12	-0,04	-0,13	-0,13	-0,14	0,66	-0,27
<b>v27</b>	-0,11	0,01	-0,06	-0,08	-0,15	0,12	-0,27	0,71

Fonte: SPSS

Aplicado os testes de adequação da análise fatorial e obtendo os resultados positivos. Os dados estão preparados para a aplicação da análise fatorial.

#### 4.3.3 Análise de Componentes Principais

A análise de componentes principais, em conjunto com a análise de fatores comuns, são modelos para obtenção de soluções fatoriais. A análise de componentes principais considera a variância total e determina fatores que contêm pequenas proporções de variância única, esses fatores com as respectivas cargas das variáveis, identificarão a estrutura latente das mesmas (HAIR et. al., 2005). A determinação dos fatores da pesquisa será dada pela análise de componentes principais.

**Tabela 11** - Tabela de variâncias

Component	Total Variance Explained					
	Total	Initial Eigenvalues		Extraction Sums of Squared Loadings		
		% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,0621	16,9253	16,9253	4,0621	16,9253	16,9253
2	2,4827	10,3445	27,2698	2,4827	10,3445	27,2698
3	1,7114	7,1309	34,4007	1,7114	7,1309	34,4007
4	1,6438	6,8492	41,2499	1,6438	6,8492	41,2499
5	1,4105	5,8769	47,1268	1,4105	5,8769	47,1268
6	1,2272	5,1134	52,2402	1,2272	5,1134	52,2402
7	1,1388	4,7451	56,9853	1,1388	4,7451	56,9853
8	1,0960	4,5666	61,5519	1,0960	4,5666	61,5519
9	0,9707	4,0445	65,5964			
10	0,9041	3,7672	69,3636			
11	0,8891	3,7045	73,0681			
12	0,7776	3,2399	76,3080			
13	0,7409	3,0871	79,3951			
14	0,6656	2,7731	82,1683			
15	0,6122	2,5508	84,7191			
16	0,5606	2,3357	87,0548			
17	0,5232	2,1798	89,2347			
18	0,4981	2,0753	91,3099			
19	0,4492	1,8719	93,1818			
20	0,4293	1,7887	94,9705			
21	0,3685	1,5355	96,5060			
22	0,3041	1,2669	97,7729			
23	0,2765	1,1519	98,9248			
24	0,2580	1,0752	100,0000			

Fonte: SPSS

O resultado da extração de fatores por meio da análise fatorial de componentes pode ser observado na tabela 11. Nessa tabela vemos os autovalores (*Total*) de cada fator (*Component*) e a porcentagem de variância, bem com, a porcentagem acumulada. O autovalor representa a quantidade de variância das variáveis para cada fator distintamente.

A extração de fatores utilizando o autovalor torna-se confiável em um conjunto de variáveis entre 20 e 50 unidades (27 no instrumento de pesquisa). Esse critério é chamado de critério da raiz latente. Cada fator individual deve explicar a variância de pelo menos uma variável, ou seja, cada variável contribui com valor 1 do autovalor total e os autovalores inferiores a 1 são descartados (HAIR et. al., 2005). Podemos observar na tabela 11 que o fator 8 é o último fator com autovalor superior a 1.

Ainda segundo Hair et. al. (2005), outro critério para extração de fatores seria o critério da percentagem de variância. Em ciências sociais, 60% da variância total pode ser considerada como satisfatória devido as informações serem menos precisas se comparadas com ciências naturais. Na tabela 11, a percentagem acumulativa mais próxima de 60% é no fator 8 com 61,6 %.

A extração de valores por meio do critério da raiz latente e da percentagem de variância, nos fornece 8 fatores (tabela 12) para a matriz não-rotacionada da análise de componentes principais.

**Tabela 12** -Tabela de variâncias com fatores extraídos

Component	Total Variance Explained					
	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,0621	16,9253	16,9253	4,0621	16,9253	16,9253
2	2,4827	10,3445	27,2698	2,4827	10,3445	27,2698
3	1,7114	7,1309	34,4007	1,7114	7,1309	34,4007
4	1,6438	6,8492	41,2499	1,6438	6,8492	41,2499
5	1,4105	5,8769	47,1268	1,4105	5,8769	47,1268
6	1,2272	5,1134	52,2402	1,2272	5,1134	52,2402
7	1,1388	4,7451	56,9853	1,1388	4,7451	56,9853
8	1,0960	4,5666	61,5519	1,0960	4,5666	61,5519

Fonte: SPSS

A ordem de importância dos fatores é caracterizada conforme a percentagem de variância de cada um.

A matriz não-rotacionada contém os 8 fatores extraídos e as cargas fatoriais para cada variável em cada fator. Na tabela 13 podemos observar a matriz não-rotacionada.

**Tabela 13** - Matriz de componentes não-rotacionada

	Component								Communalities
	1	2	3	4	5	6	7	8	Extraction
<b>v2</b>	0,3914	-0,0676	0,1002	-0,0359	0,0983	0,1475	0,0778	0,5366	0,4945
<b>v3</b>	0,2311	0,1886	-0,2241	0,3930	-0,1728	-0,1734	0,2035	0,5062	0,6511
<b>v4</b>	-0,0120	0,6363	0,0781	-0,0540	0,2548	0,2098	-0,2517	-0,0094	0,5865
<b>v6</b>	0,3547	0,0958	0,3330	0,2808	0,4778	0,0400	0,1158	0,1749	0,5986
<b>v7</b>	0,6137	0,2777	0,3102	0,1001	0,1323	0,0864	0,0567	-0,0086	0,5883
<b>v8</b>	0,3935	0,2310	-0,2405	0,3303	-0,2433	-0,3305	-0,3590	-0,1666	0,7002
<b>v9</b>	0,4211	-0,0593	-0,2830	0,1364	0,2707	-0,2348	0,2224	0,0837	0,4645
<b>v10</b>	0,6815	0,0109	0,1798	0,0028	-0,1322	0,0432	-0,4159	-0,0071	0,6893
<b>v12</b>	0,5678	-0,0687	0,0295	-0,4746	-0,0621	-0,0559	0,2108	-0,1466	0,6262
<b>v13</b>	-0,2547	0,3394	0,2711	0,4981	-0,0014	0,0180	0,3636	-0,2043	0,6759
<b>v14</b>	0,5369	-0,0420	0,1069	-0,0722	-0,3836	0,0683	-0,0994	0,1909	0,5048
<b>v15</b>	0,4973	-0,0807	-0,5324	0,0630	0,0409	0,1141	-0,0091	-0,1826	0,5894
<b>v16</b>	0,4821	0,2592	-0,3015	0,3472	-0,1299	0,0866	0,3128	-0,3018	0,7244
<b>v17</b>	0,3478	-0,0144	-0,5338	-0,2717	0,0249	-0,0403	0,0772	0,2626	0,5571
<b>v18</b>	0,6541	0,2037	-0,1577	-0,0859	0,0097	-0,0355	0,0327	-0,2945	0,5908
<b>v19</b>	-0,0115	0,5946	-0,1780	0,2568	0,2055	0,4282	-0,2129	0,0783	0,7284
<b>v20</b>	0,1630	-0,0218	-0,1892	-0,3984	0,2841	0,4053	0,2840	-0,0097	0,5472
<b>v21</b>	0,2219	0,2589	0,3826	-0,1856	-0,3277	0,1749	0,3353	-0,1689	0,5760
<b>v22</b>	0,4970	0,2848	0,4085	-0,0993	-0,2627	-0,1762	0,0578	0,1760	0,6393
<b>v23</b>	0,2016	-0,5414	0,0422	0,3511	-0,1876	0,3866	-0,1676	0,0295	0,6724
<b>v24</b>	0,3752	-0,2804	0,1197	0,0655	0,5127	-0,0366	-0,1968	-0,1337	0,5589
<b>v25</b>	0,1683	-0,5349	0,0054	0,2130	-0,2585	0,5445	0,0323	-0,0363	0,7255
<b>v26</b>	0,1229	-0,6448	0,1215	0,3624	0,1636	-0,2078	0,2084	-0,0605	0,6940
<b>v27</b>	0,5516	-0,2853	0,2934	-0,1049	0,2213	-0,1579	-0,1248	-0,1307	0,5894

Fonte: SPSS

O primeiro fator ou componente, possui carga mais significativa e explica a quantia maior de variância. O segundo fator, seguinte, possui a segunda carga mais significativa e assim por diante.

As communalidades são a soma das cargas fatoriais ao quadrado de cada variável e apresentam a quantia de variância em uma variável em relação a todos os fatores. Quanto maior a comunalidade maior é a indicação de que a variável tem mais em comum com as outras variáveis (HAIR et. al., 2005).

A matriz não-rotacionada fornece inicialmente a indicação dos fatores extraídos. Para a obtenção de um padrão fatorial mais significativo, deve-se rotacionar a matriz fatorial buscando uma melhor redistribuição da variância entre os fatores.

Na análise será feita uma rotação ortogonal, ou seja, 90 graus entre os fatores. O método de rotação utilizado será o *Varimax*, que segundo Hair et. al. (2005), maximiza a soma de variâncias de cargas exigidas da matriz fatorial. Na tabela 14 podemos observar a nova distribuição das variâncias.

**Tabela 14** - Tabela de variâncias com fatores extraídos rotacionados

Component	Total Variance Explained					
	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	4,0621	16,9253	16,9253	2,4784	10,3266	10,3266
2	2,4827	10,3445	27,2698	2,3008	9,5866	19,9132
3	1,7114	7,1309	34,4007	2,0669	8,6121	28,5253
4	1,6438	6,8492	41,2499	1,8440	7,6835	36,2088
5	1,4105	5,8769	47,1268	1,7188	7,1617	43,3705
6	1,2272	5,1134	52,2402	1,6825	7,0104	50,3809
7	1,1388	4,7451	56,9853	1,3430	5,5956	55,9765
8	1,0960	4,5666	61,5519	1,3381	5,5753	61,5519

Fonte: SPSS

Pode-se observar que na tabela 14, no conjunto *Rotation Sums of Squared Loadings*, podemos comparar a nova distribuição das percentagens das variâncias entre os fatores. A rotação tornará a visualização e agrupamento de variáveis mais simples e teoricamente mais significativo.

**Tabela 15** - Matriz de componentes rotacionada

	Component								Communalities
	1	2	3	4	5	6	7	8	Extraction
<b>v2</b>	0,2518	-0,0795	0,2371	0,0535	0,1519	0,2153	0,5084	0,1943	0,4945
<b>v3</b>	0,0551	0,1867	-0,1301	0,0048	-0,0112	-0,0710	0,7391	-0,2118	0,6511
<b>v4</b>	0,0761	-0,0316	0,0840	0,7064	-0,2540	-0,0618	-0,0719	0,0130	0,5865
<b>v6</b>	0,1253	-0,0059	0,6196	0,1524	-0,0134	-0,2542	0,3182	0,0990	0,5986
<b>v7</b>	0,5135	0,2167	0,4288	0,2273	0,0032	-0,1393	0,1504	0,0082	0,5883
<b>v8</b>	0,1167	0,4480	0,0313	0,1087	-0,0385	0,0879	0,0480	-0,6794	0,7002
<b>v9</b>	-0,0642	0,4420	0,3005	-0,1711	-0,1339	0,0695	0,3480	0,0386	0,4645
<b>v10</b>	0,5037	0,1731	0,3586	0,1601	0,2410	0,3052	-0,0127	-0,3163	0,6893
<b>v12</b>	0,5174	0,3252	0,1441	-0,2315	-0,1066	0,2873	-0,1065	0,2703	0,6262
<b>v13</b>	-0,0192	-0,0099	-0,0757	0,0987	-0,0741	-0,8059	0,0407	-0,0585	0,6759
<b>v14</b>	0,5473	0,1071	0,0083	-0,0311	0,2622	0,2636	0,1860	-0,1412	0,5048
<b>v15</b>	-0,0528	0,6880	0,0935	0,0285	0,1860	0,2579	0,0457	0,0204	0,5894
<b>v16</b>	0,1811	0,7561	-0,0348	0,0790	0,0969	-0,2892	0,1309	-0,0489	0,7244
<b>v17</b>	-0,0042	0,3874	-0,0814	-0,0263	-0,0995	0,5078	0,3146	0,1813	0,5571
<b>v18</b>	0,3681	0,6151	0,2086	0,0839	-0,0817	0,1185	-0,0715	-0,0242	0,5908
<b>v19</b>	-0,1261	0,1437	-0,0227	0,8078	0,0303	-0,1397	0,1350	-0,0038	0,7284
<b>v20</b>	0,0245	0,2102	0,0584	0,1161	0,0194	0,1849	-0,0341	0,6707	0,5472
<b>v21</b>	0,6487	0,0413	-0,1536	0,0125	-0,0010	-0,2722	-0,1211	0,2026	0,5760
<b>v22</b>	0,7335	-0,0190	0,1079	0,0113	-0,1408	-0,0079	0,2121	-0,1556	0,6393

<b>v23</b>	-0,0270	0,0111	0,1377	-0,1263	0,7899	0,0431	0,0388	-0,0965	0,6724
<b>v24</b>	-0,0731	0,1148	0,7114	-0,0446	0,0844	0,1273	-0,0941	0,0114	0,5589
<b>v25</b>	0,0378	0,0694	-0,0166	-0,1513	0,8217	0,0028	-0,0241	0,1427	0,7255
<b>v26</b>	-0,1964	0,0346	0,4066	-0,6031	0,2776	-0,1829	0,1091	-0,0526	0,6940
<b>v27</b>	0,3086	0,0926	0,6186	-0,2250	0,0527	0,1862	-0,1135	-0,0436	0,5894

Fonte: SPSS

Para as cargas fatoriais, Hair et. al. (2005) diz que as cargas maiores que +/- 0,30 atingem o nível mínimo, +/- 0,40 são consideradas importantes e acima de +/- 0,50 com significância prática. Essas orientações servem para amostras maiores que 100.

A matriz de componentes rotacionada com os critérios para a significância das cargas fatoriais encontra-se na tabela 16.

**Tabela 16** - Matriz de componentes rotacionada (carga fatorial > 0,3)

	Component								Communalities
	1	2	3	4	5	6	7	8	Extraction
<b>v2</b>							0,5084		0,4945
<b>v3</b>							0,7391		0,6511
<b>v4</b>				0,7064					0,5865
<b>v6</b>			0,6196				0,3182		0,5986
<b>v7</b>	0,5135		0,4288						0,5883
<b>v8</b>		0,4480						-0,6794	0,7002
<b>v9</b>		0,4420	0,3005				0,3480		0,4645
<b>v10</b>	0,5037		0,3586			0,3052		-0,3163	0,6893
<b>v12</b>	0,5174	0,3252							0,6262
<b>v13</b>						-0,8059			0,6759
<b>v14</b>	0,5473								0,5048
<b>v15</b>		0,6880							0,5894
<b>v16</b>		0,7561							0,7244
<b>v17</b>		0,3874				0,5078	0,3146		0,5571
<b>v18</b>	0,3681	0,6151							0,5908
<b>v19</b>				0,8078					0,7284
<b>v20</b>								0,6707	0,5472
<b>v21</b>	0,6487								0,5760
<b>v22</b>	0,7335								0,6393
<b>v23</b>					0,7899				0,6724
<b>v24</b>			0,7114						0,5589
<b>v25</b>					0,8217				0,7255
<b>v26</b>			0,4066	-0,6031					0,6940
<b>v27</b>	0,3086		0,6186						0,5894

Fonte: SPSS

As variáveis muitas vezes possuem relação com mais de um fator. Para a análise devemos associar cada variável à apenas um fator, com isso, para cada variável será assumido o fator onde ela possui maior carga fatorial. Na tabela 17



podemos observar o resultado visto na tabela 16, porém, com a eliminação das cargas fatoriais de uma mesma variável em diversos fatores e mantendo a maior carga fatorial.

**Tabela 17** - Matriz de componentes rotacionada (variáveis com maior carga)

	Component								Communalities
	1	2	3	4	5	6	7	8	Extraction
v2							0,5084		0,4945
v3							0,7391		0,6511
v4				0,7064					0,5865
v6			0,6196						0,5986
v7	0,5135								0,5883
v8								-0,6794	0,7002
v9		0,4420							0,4645
v10	0,5037								0,6893
v12	0,5174								0,6262
v13						-0,8059			0,6759
v14	0,5473								0,5048
v15		0,6880							0,5894
v16		0,7561							0,7244
v17						0,5078			0,5571
v18		0,6151							0,5908
v19				0,8078					0,7284
v20								0,6707	0,5472
v21	0,6487								0,5760
v22	0,7335								0,6393
v23					0,7899				0,6724
v24			0,7114						0,5589
v25					0,8217				0,7255
v26				-0,6031					0,6940
v27			0,6186						0,5894

Fonte: SPSS

Com isso temos as variáveis divididas por fatores conforme tabela 18 e os fatores com a descrição das variáveis na tabela 19.

**Tabela 18** - Fatores x Variáveis

Fator (construto)	Variável
Fator 1	v7 ; v10 ; v12 ; v14 ; v21 ; v22
Fator 2	v9 ; v15 ; v16 ; v18
Fator 3	v6 ; v24 ; v27
Fator 4	v4 ; v19 ; -v26
Fator 5	v23 ; v25
Fator 6	-v13 ; v17
Fator 7	v2 ; v3
Fator 8	-v8 ; v20

Fonte: SPSS

**Tabela 19 - Fatores x Variáveis (com descrição)**

Fator (construto)	Variável	Assertiva
Fator 1	v7	Investir em robôs industriais é importante pois trata-se de tecnologia de última geração, independente dos custos dos mesmos.
	v10	O aumento de qualidade dos produtos produzidos por robôs é suficiente para justificar seu investimento, independente do retorno financeiro e <i>pay-back</i> .
	v12	Na composição da estratégia de investimento em equipamentos, tecnologia é mais importante que o retorno de investimento.
	v14	Mesmo sem retorno de investimento, utilizar robôs é importante devido a qualidade que estes trazem para a produção.
	v21	A robotização industrial é eficaz porque basicamente reduz mão-de-obra.
	v22	Não importa a estratégia de manufatura, novas tecnologias de produção devem estar em primeiro plano.
Fator 2	v9	A estratégia de manufatura não deve estar sempre subordinada a estratégia principal da empresa.
	v15	O uso de uma análise financeira como retorno sobre investimento não se aplica a robôs industriais pois esses são bens duráveis flexíveis utilizados em outros projetos.
	v16	Independente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora).
Fator 3	v6	As tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias de produção das montadoras de veículos.
	v24	Investimento em robotização deve contemplar apenas o custo de aquisição. Não é necessário análise de investimento em robôs levando em conta desde a compra do equipamento até o seu descarte, e peças de reposição.
	v27	O aumento de produtividade em robotização justifica seus investimentos, independente do <i>pay-back</i> exigido pela empresa.
Fator 4	v4	A análise financeira do robô industrial e do sistema (célula) ao qual o robô está inserido deve estar associada ao ciclo de vida do produto.
	v19	O robô deve estar associado ao ciclo de vida do produto e por isso seu custo de aquisição deve ser o menor possível para viabilizar o investimento.
	-v26	Os investimentos em robôs industriais não devem estar associados ao ciclo de vida do produto que este irá produzir.
Fator 5	v23	O robô industrial deve ser considerado como um bem durável não só para um projeto mas para projetos futuros, como um investimento de longo prazo.
	v25	Analisar um investimento em robotização industrial deve ser feito a longo prazo considerando a flexibilidade de aplicação de um robô.
Fator 6	-v13	Deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e <i>pay-back</i> , de acordo com a política da empresa.
	v17	No cálculo de retorno de investimento em robôs industriais não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer.
Fator 7	v2	O investimento em robotização industrial deve levar em conta sua flexibilidade de aplicação em diversos tipos processos antes de uma análise financeira do investimento.
	v3	A busca de competitividade da empresa não passa sempre pelo setor produtivo, independente da estratégia da empresa.
Fator 8	-v8	As decisões de investimento em tecnologia de produção devem ser feitas exclusivamente por engenheiros e especialistas de processo.
	v20	Nem sempre se deve analisar índices financeiros antes de se definir o tipo de tecnologia de produção.

Fonte: Elaborado pelo autor

Antes da análise dos fatores, faz-se necessário uma avaliação do grau de consistência entre as medidas das variáveis, ou seja, a confiabilidade do instrumento de pesquisa. O coeficiente mais utilizado segundo Hair et. al. (2005) é o alfa de Cronbach. O alfa de Cronbach é um índice normalizado que varia de 0 a 1, sendo o valor 0,6 como aceitável para pesquisas exploratórias.

Será aplicado o coeficiente alfa de Cronbach de confiabilidade, tabela 20, que avalia a escala inteira da amostra e individualmente os fatores.

Para a aplicação do alfa de Cronbach, será feito a inversão dos escores das variáveis v8, v13, v26 no SPSS a fim de evitar uma neutralização de cargas positivas e negativas no teste.

**Tabela 20** - Alfa de Cronbach da amostra

	Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	N of Items
Fator 1	0,700	0,701	6
Fator 2	0,613	0,633	4
Fator 3	0,505	0,509	3
Fator 4	0,621	0,623	3
Fator 5	0,659	0,659	2
Fator 6	0,417	0,417	2
Fator 7	0,203	0,205	2
Fator 8	0,217	0,218	2

Fonte: SPSS

Os fatores 3, 6, 7 e 8 foram considerados abaixo do nível aceitável de acordo com o teste de confiabilidade de Alfa de Cronbach. Por tratar-se de fatores com variáveis relevantes à pesquisa, apenas os fatores 7 e 8 serão descartados da análise final por estarem muito abaixo do limite inferior de 0,6.

#### 4.3.4 Nomeação e Análise dos Fatores

Com a definição dos fatores e suas confiabilidades, segue análise individual dos mesmos:

##### **FATOR 1:** Tecnologia, qualidade e custos

- v7 Investir em robôs industriais é importante pois trata-se de tecnologia de última geração, independente dos custos dos mesmos.
- v10 O aumento de qualidade dos produtos produzidos por robôs é suficiente para justificar seu investimento, independente do retorno financeiro e pay-back.
- v12 Na composição da estratégia de investimento em equipamentos, tecnologia é mais importante que o retorno de investimento.
- v14 Mesmo sem retorno de investimento, utilizar robôs é importante devido a qualidade que estes trazem para a produção.
- v21 A robotização industrial é eficaz porque basicamente reduz mão-de-obra.
- v22 Não importa a estratégia de manufatura, novas tecnologias de produção devem estar em primeiro plano.

No fator 1, analisando os conjunto de variáveis podemos constatar a correlação direta da qualidade com a produção robotizada. De acordo com a média geral de cada variável, há discordância das assertivas, ou seja, os custos de investimento em robotização são importantes e devem ser analisados em conjunto com a tecnologia robotizada e a qualidade que estas podem agregar.

De acordo com Mills et al. (1999), os robôs industriais trazem benefícios como aumento de produção e aumento da qualidade do produto com impacto na redução de custo operacionais. Robotizar não é apenas trocar mão-de-obra por robôs. Hill (2000) afirma que as decisões de processo de manufatura têm forte base tecnológica e devem ter uma perspectiva técnica e de negócios. Para Slack (1993),

muitas decisões no nível dos negócios para a produção são feitas de modo único baseado em tecnologia.

Observa-se que nas empresas que autopeças, há relação direta entre a tecnologia de robotização industrial e a qualidade de produção nas decisões de investimento, porém, contrapondo Slack (1993), as decisões não são feitas baseadas unicamente em tecnologia, mas também, no retorno financeiro do investimento e nos recursos humanos necessários a uma robotização. Observa-se a discordância com relação a redução de mão-de-obra com aplicação de robôs associada as variáveis de tecnologia, onde faz-se necessário adequar tal mão-de-obra as novas tecnologias.

Com base no exposto, denomina-se o fator 1 como: tecnologia, qualidade e custos.

## **FATOR 2: Estratégia funcional e investimento**

- v9 A estratégia de manufatura não deve estar sempre subordinada a estratégia principal da empresa.
- v15 O uso de uma análise financeira como retorno sobre investimento não se aplica a robôs industriais pois esses são bens duráveis flexíveis utilizados em outros projetos.
- v16 Independente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora).
- v18 Investir em robôs industriais é importante, independente do retorno financeiro, porque mostra aos clientes um parque industrial moderno.

No fator 2, com médias discordantes nas variáveis, indica que independente do efeito tecnológico que uma manufatura robotizada traz à produção, a orientação a cerca da estratégia de negócio é prioridade em relação a novas tecnologias.

Subordinada à estratégia de negócios, temos as estratégias funcionais. Dentre as estratégias funcionais temos as estratégias funcionais de controladoria e administração e manufatura. As estratégias funcionais se complementam (WHEELWRIGHT, 1984; HILL, 2000). A estratégia de manufatura é o alicerce estratégico e o motor competitivo da empresa (SLACK, 2003). Robôs são

reprogramáveis e podem ser utilizados em outros projetos (MILLS et al., 1999). Argumentos de que investimentos devem trazer rápido retorno são atraentes do ponto de vista financeiro e emocional, porém, considerar somente estes aspectos pode levar a decisões falhas de critérios para a competitividade estratégica (HILL, 2000).

As decisões de investimento nas indústrias de autopeças são baseadas fortemente nas estratégias funcionais de controlaria e administração onde são formatadas as decisões de investimento com base no retorno de investimento.

Seguindo a tendência do fator 1, as análises financeiras acerca de investimento se sobressaem às variáveis competitivas tecnológicas de um investimento em robotização industrial, ou, as vantagens tecnológicas de um investimento em robotização industrial podem não ser analisadas em todos os aspectos.

Com base no exposto, denominou-se o fator 2 como: estratégia funcional e investimento.

### **FATOR 3: Produtividade e cliente**

- v6 As tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias de produção das montadoras de veículos.
- v24 Investimento em robotização deve contemplar apenas o custo de aquisição. Não é necessário análise de investimento em robôs levando em conta desde a compra do equipamento até o seu descarte, e peças de reposição.
- v27 O aumento de produtividade em robotização justifica seus investimentos, independente do pay-back exigido pela empresa.

A produtividade e o cliente são as orientações do fator 3. Os custos envolvidos na implantação de uma produção robotizada e o alinhamento com as tecnologias dos clientes finais (montadoras) estão correlacionadas.

Segundo Santos e Pinhão (2000), a forma de produção das indústrias de autopeças são afetadas com requisitos de qualidade, máquinas especiais para produção e sistemas logísticos estabelecidos pela montadora.

O ciclo de vida de um robô industrial deve considerar sua aquisição, utilização e descarte (LANDER; BAYOU, 1992). O aumento da produtividade e competitividade moveram da empresa para a cadeia de valor ao qual está inserida (CAGLIANO; CANIATO; SPINA, 2006).

No fator 3, as empresas de autopeças mostram a necessidade de alinhamento de suas tecnologias de produção com a de seus clientes, montadoras. Nesse fator observa-se entretanto que esse alinhamento tecnológico dar-se-á somente se houver respectivos retornos financeiros, ou seja, o alinhamento tecnológico deve respeitar os critérios de análise financeira da estratégia de negócio da autopeças.

Com base no exposto, denominou-se o fator 3 como: produtividade e cliente.

#### **FATOR 4: Robotização associado ao produto**

- v4 A análise financeira do robô industrial e do sistema (célula) ao qual o robô está inserido deve estar associada ao ciclo de vida do produto.
- v19 O robô deve estar associado ao ciclo de vida do produto e por isso seu custo de aquisição deve ser o menor possível para viabilizar o investimento.
- v26 Os investimentos em robôs industriais não devem estar associados ao ciclo de vida do produto que este irá produzir.

A robotização industrial associada ao ciclo de vida de vida de um produto são as orientações do fator 4. A variável 26 se relaciona no fator por obter valores discordantes.

A escolha tecnológica de uma processo de automação deve ser adequada ao perfil do produto (SLACK, 1993). A produção robotizada deve prever que seus produtos sejam projetados para que possam ser manipulados por robôs industriais. Robôs são reprogramáveis e podem ser reutilizados em outros projetos (Mills et. al, 1999). Associar investimentos ao ciclo de vida do produto reduz riscos (HILL, 2000).

A robotização associada ao ciclo de vida do robô industrial faz parte das estratégias das empresas de autopeças. Mills et al. (1999), afirma que os robôs são bens duráveis que podem ser reutilizados em diversos projetos, ou seja, diversos produtos e seus ciclos.

Com base no exposto, denominou-se o fator 4 como: robotização associada ao produto.

#### **FATOR 5:** Investimento a longo prazo

- v23 O robô industrial deve ser considerado como um bem durável não só para um projeto mas para projetos futuros, como um investimento de longo prazo.
- v25 Analisar um investimento em robotização industrial deve ser feito a longo prazo considerando a flexibilidade de aplicação de um robô.

Investimento a longo prazo em robôs industriais é a orientação do fator 5.

Robôs são reprogramáveis e podem ser utilizados em outros projetos (MILLS et al., 1999). Decisões de investimento devem ser desenvolvidas de acordo com cada processo de investimento, ou seja, tipo de investimento (HILL, 2000). Para Lander e Bayou (1992), somente a utilização de análises de retorno de investimento pode ser um problema nas análises de robotização industrial devido seus custos.

Para as empresas de autopeças os investimentos em robotização industrial devem ser feitos com base no longo prazo contrapondo os investimentos associados ao ciclo de vida do produto.

Com base no exposto, denominou-se o fator 5 como: investimento de longo prazo.

#### **FATOR 6:** Robotização independente dos custos

- v13 Deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e pay-back, de acordo com a política da empresa.
- v17 No cálculo de retorno de investimento em robôs industriais não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer.

No fator 6, temos como orientação a robotização independente dos custos.

Para Mills et al. (1999), a decisão em robotização deve-se iniciar com uma análise não econômica. Aspectos intangíveis devem ser considerados na decisão em robotização. Robôs são reutilizáveis e podem ser utilizados em outras tarefas.



Há também ganhos operacionais com robotização levando em conta a substituição de mão-de-obra em de tarefas que oferecem perigos à segurança e saúde. Para Slack (1993), se os recursos para instalação de uma tecnologia são maiores que aqueles que são obtidos, o investimento não é viável.

Para as empresas de autopeças, investir em robotização industrial deve estar associado aos custos envolvidos da instalação e ao retorno de investimento.

Com base no exposto, denominou-se o fator 6 como: robotização independente do custo.

Com a análise final e nomeação, na tabela 21, podemos observar de modo geral o resultado final dos fatores:

**Tabela 21 - Fatores**

<b>Fator (construto)</b>	<b>Descrição</b>
Fator 1	Tecnologia, qualidade e custos
Fator 2	Estratégia funcional e investimentos
Fator 3	Produtividade e cliente
Fator 4	Robotização associada ao produto
Fator 5	Investimento a longo prazo
Fator 6	Robotização independente dos custos

Fonte: Elaborado pelo autor

#### 4.4 Análise de Tendências

No intuito de avaliar individualmente as variáveis dos fatores gerados pela análise fatorial, a análise de tendências é um agrupamento da escala Likert de cada variável onde se pode observar a frequência das respostas (indicadas percentualmente) a fim de observar a tendência entre a discordância e a concordância sobre a variável.

No agrupamento da escala Likert, alteramos o valor da escala conforme tabela 22.

**Tabela 22** - Valores de escala para análise de tendências

Valor da resposta	Novo Valor
1	1
2	1
3	2
4	3
5	3

Fonte: Elaborado pelo Autor

A nova escala fica definida conforme tabela 24.

**Tabela 23** - Fatores análise de tendência

Novo valor	Descrição
1	Discordância
2	Indiferença
3	Concordância

Fonte: Elaborado pelo Autor

Com a nova escala, no próprio SPSS é feita a análise de frequência e suas respectivas percentagens. Podemos observar os valores de cada variável na tabela 25.

**Tabela 24** - Análise de tendências por variável

Fator (construto)	Variável	Assertiva	Discordância (%)	Indiferença (%)	Concordância (%)
Fator 1	v7	Investir em robôs industriais é importante pois trata-se de tecnologia de última geração, independente dos custos dos mesmos.	66,4	29,4	4,2
	v10	O aumento de qualidade dos produtos produzidos por robôs é suficiente para justificar seu investimento, independente do retorno financeiro e <i>pay-back</i> .	65,5	26,9	7,6
	v12	Na composição da estratégia de investimento em equipamentos, tecnologia é mais importante que o retorno de investimento.	69,7	23,5	6,7
	v14	Mesmo sem retorno de investimento, utilizar robôs é importante devido a qualidade que estes trazem para a produção.	52,1	33,6	14,3

	v21	A robotização industrial é eficaz porque basicamente reduz mão-de-obra.	53,8	30,3	16,0
	v22	Não importa a estratégia de manufatura, novas tecnologias de produção devem estar em primeiro plano.	51,3	29,4	19,3
	v9	A estratégia de manufatura não deve estar sempre subordinada a estratégia principal da empresa.	63,9	15,1	21,0
	v15	O uso de uma análise financeira como retorno sobre investimento não se aplica a robôs industriais pois esses são bens duráveis flexíveis utilizados em outros projetos.	68,9	18,5	12,6
Fator 2	v16	Independente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora).	49,6	16,0	34,5
	v18	Investir em robôs industriais é importante, independente do retorno financeiro, porque mostra aos clientes um parque industrial moderno.	73,1	21,8	5,0
	v6	As tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias de produção das montadoras de veículos.	10,9	23,5	65,5
Fator 3	v24	Investimento em robotização deve contemplar apenas o custo de aquisição. Não é necessário análise de investimento em robôs levando em conta desde a compra do equipamento até o seu descarte, e peças de reposição.	85,7	4,2	10,1
	v27	O aumento de produtividade em robotização justifica seus investimentos, independente do <i>pay-back</i> exigido pela empresa.	58,8	21,0	20,2
	v4	A análise financeira do robô industrial e do sistema (célula) ao qual o robô está inserido deve estar associada ao ciclo de vida do produto.	16,8	18,5	64,7
Fator 4	v19	O robô deve estar associado ao ciclo de vida do produto e por isso seu custo de aquisição deve ser o menor possível para viabilizar o investimento.	31,1	26,1	42,9
	-v26	Os investimentos em robôs industriais não devem estar associados ao ciclo de vida do produto que este irá produzir.	31,1	21,0	47,9
Fator 5	v23	O robô industrial deve ser considerado como um bem durável não só para um projeto mas para projetos futuros, como um investimento de longo prazo.	10,1	21,8	68,1

	v25	Analisar um investimento em robotização industrial deve ser feito a longo prazo considerando a flexibilidade de aplicação de um robô.	10,1	21,0	68,9
	-v13	Deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e <i>pay-back</i> , de acordo com a política da empresa.	52,1	27,7	20,2
Fator 6	v17	No cálculo de retorno de investimento em robôs industriais não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer.	79,0	10,9	10,1

Na tabela 24 pode-se observar que as variáveis correlacionadas em cada fator, possuem predominantemente as mesmas tendências. Deve-se também observar os valores intermediários de indiferença, que devem ser analisados na visão geral da tendência da variável.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas considerações finais serão abordados os resultados finais da pesquisa, as limitações da pesquisa e recomendações para futuros estudos.

### 5.1 Sobre os Resultados da Pesquisa

Compreender as alterações nos aspectos tecnológicos nas indústrias de autopeças e sua relação na cadeia de suprimentos é entender o crescimento que esta indústria teve no Brasil (DI SERIO; SAMPAIO; PEREIRA, 2006).

Um estratégia de manufatura apropriada, coerente, abrangente e consistente no tempo é o alicerce do sucesso estratégico e motor competitivo de uma empresa (SLACK, 1993).

A robotização industrial simboliza não somente o grau de modernidade de um parque industrial como também a evolução da mão-de-obra técnica industrial que, a partir da indústria automobilística, ganhou espaço em outros segmentos como farmacêutico, alimentício, mineração, entre outros. Essa evolução na mão-de-obra também pode ser atestada pela crescente oferta de cursos específicos, como mecatrônica, pelas instituições de ensino públicas e privadas em tecnologia em mecatrônica e engenharia mecatrônica.

O processo de tomada de decisão em investimentos de bens-de-capital tem papel fundamental na elaboração das estratégias funcionais e grande impacto na competitividade empresarial tanto localmente quanto internacionalmente. As necessidades das montadoras de veículos em seus respectivos projetos globais demandam das indústrias de autopeças um caráter multinacional voltado para uma competição na cadeia de produção.

As decisões de investimento acerca da robotização industrial não são decisões estratégicas isoladas, ou seja, decisões tomadas somente na área de manufatura ou somente financeira, mas são decisões que interagem entre as diversas funções da estratégia de negócios. Os aspectos intangíveis inerentes de

uma robotização como a redução de trabalhos tediosos e repetitivos da mão-de-obra, ergonomia e redução de afastamentos por LER (Lesão por Esforço Repetitivo) também revestem as decisões de investimento.

Com o objetivo de analisar de que forma é feita a tomada de decisão em investimentos em robotização industrial e suas relações com as estratégias funcionais em indústrias de autopeças, contribuindo assim para um melhor entendimento das transformações nessa indústria, foi realizado uma pesquisa exploratória quantitativa em indústrias de autopeças que possuem ou tiveram a intenção de robotizar seus processos de produção.

A análise dos dados foi feita por meio de análise fatorial exploratória. A partir da revisão bibliográfica e entrevista com especialistas em robotização industrial, foram criados assertivas para o instrumento de pesquisa, abordando os principais itens relativos à tomada de decisão de investimentos em robotização industrial. O intuito foi checar as relações entre tais variáveis e como são utilizadas pelas autopeças no processo de tomada de decisão de investimento em robotização.

Dado o resultado da análise fatorial, foram encontrados os seguintes fatores: tecnologia, qualidade e custos; estratégia funcional e investimentos; produtividade e cliente; robotização associada ao produto; investimento a longo prazo; e robotização independente dos custos.

Ao analisarmos o fator 1, tecnologia, qualidade e custos, encontra-se a maior correlação entre as variáveis. O robô industrial possui um alto valor agregado, ou seja, um alto valor no custo de aquisição. De acordo com Slack (1993), se considerarmos apenas o retorno de investimento (ROI) como medida de análise para tomada de decisão em investimentos de robotização, os mesmos tornam-se proibitivos, por isso, deve-se avaliar o investimento conforme sua viabilidade, aceitabilidade e vulnerabilidade. O resultado da pesquisa, entretanto, mostrou que mesmo com a associação qualidade e tecnologia, os custos aparecem como principal item do trinômio. A pesquisa mostra que diferentemente do que Slack (1993) diz, os investimentos em manufatura não são baseados unicamente em tecnologia, mas essencialmente, nas análises financeiras e conforme a variável 21, nos recursos humanos necessários à uma robotização. De acordo com Mills et al. (1999), robotizar não é apenas trocas mão-de-obra por robôs e isso foi confirmado na pesquisa, porém, Mills et. al. (1999) também afirmam que investimentos em robotização e manufatura flexível têm potencial de redução de custos mas tais

investimentos tornam-se inviáveis se considerados apenas sob uma perspectiva econômico-financeira.

Os investimentos e suas associações com as estratégias funcionais de uma estrutura de negócios são analisadas no conjunto do fator 2. Ao observamos a variável 9, vemos que os respondentes confirmam que a estratégia de manufatura deve estar subordinada a uma estratégia de negócios, corroborando Skinner (1969), Wheelwright (1984) e Cagliano; Caniato e Spina (2006).

Assim como observado no fator 1, os investimentos em robotização industrial pelos respondentes divergem de Slack (1993). Esses investimentos não são baseados somente em tecnologia e manufatura, mas sim, atrelados à estratégia financeira.

Na variável 18, temos um alto índice de discordância (73%) com relação à importância de um parque industrial moderno face aos clientes das autopeças independentemente do retorno financeiro de tais investimentos. Analisando-se porém a variável 16, (independentemente do custo de investimento em tecnologias na produção, tais investimentos devem ser feitos se for solicitação do cliente final (por ex. montadora), observa-se que os respondentes que concordam e os indiferentes somam uma maioria, ou seja, entendem que é importante a aplicação de robôs industriais caso seus clientes exijam, independentemente dos custos. Podemos entender que há uma divergência nas respostas dependendo de como é abordado a colocação da montadora (cliente) na assertiva. Santos e Pinhão (2000) afirmam que qualidade, máquinas especiais de produção e sistemas de logística são pré-requisitos para fornecimento de sistemas modulares às montadoras. Os robôs industriais são máquinas especiais à produção. Podemos entender que a forma como a assertiva foi definida, evidenciando a montadora como cliente, mostra que a estratégia de manufatura e a estratégia financeira da empresa, cedem espaço uma a outra, conforme a natureza da relação de fornecimento entre a empresa de autopeças e a montadora.

O fator 3 está muito próximo do fator 2 pois trata-se de produtividade e cliente. Temos na variável 6 a confirmação de que as tecnologias de produção das empresas de autopeças devem estar alinhadas com as tecnologias das montadoras. A produtividade das linhas das empresas de autopeças deve seguir os mesmos preceitos das linhas das montadoras, por meio de tecnologia e qualidade.

Associar investimentos ao ciclo de vida do produto reduz riscos (HILL, 2000), e neste sentido o fator 4, nos mostra que os respondentes das empresas de autopeças associam a robotização industrial e seus investimentos ao ciclo do produtos que estes irão produzir, reduzindo riscos conforme afirma Hill (2000). Mills et. al. (1999) também afirmam que a robotização deve estar associada ao ciclo do produto. Podemos também observar que não só o robô industrial como seus componentes (célula e ferramenta) também devem estar associados ao ciclo do produto confirmando Soska (1999) que diz que o investimento em robotização não se resume à compra apenas do robô industrial, mas relaciona-se a todo o sistema no qual ele está inserido.

Em uma análise paralela ao investimento do robô industrial ao ciclo de produto, temos no fator 5 o investimento em robotização como um investimento de longo prazo. De acordo com Lander e Bayou (1982), investimentos em robotização industrial devem passar por três fases, sendo elas aquisição, utilização e venda ou descarte. Esse investimento deve estar atrelado às metas gerenciais e analisados no longo prazo. Se esse investimento não for calculado a longo prazo, a aquisição de robôs industriais podem tornar-se inviáveis. Na análise de tendências do fato 5, temos que mais de 60% dos respondentes concordam que os investimentos em robotização devem ser feitos a longo prazo. Esse fato acaba por contradizer o fator 4 onde temos os investimentos em robotização atrelados ao ciclo de vida do produto. Observando o ciclo de vida dos produtos nas montadoras, vemos que o tempo de vida dos veículos está cada vez menor. Mills et. al. (1999) afirmam que produtos desenhados para fabricação utilizando robôs industriais trazem flexibilidade na produção. A associação dos investimentos em robotização de longo prazo, com produtos com ciclo de vida cada vez menores deve-se à inter-modularidade que os produtos das montadoras possuem em seus diversos modelos e conseqüentemente nos modelos das autopeças.

Para Mills et. al. (1999), aspectos intangíveis devem ser considerados na decisão em robotização e a decisão em robotização deve-se iniciar com uma análise não econômica. No fator 6, a maioria dos respondentes (52%) discordam de que deve-se investir em robotização industrial somente se houver retorno financeiro e pay-back, de acordo com a política da empresa. Contraponto o resultado das variáveis do fator 1 onde o retorno de investimento é mais importante que resultados como qualidade. Essa assertiva não possui um trade-off entre custos e outras



características, o que deve ter sugestionado os respondentes que por isso, discordaram. Ainda nesse fator, temos a variável 17 onde os respondentes discordam que no cálculo de retorno de investimento em robôs industriais, não deve-se levar em conta a redução de mão-de-obra que este irá trazer. Para Mills et. al. (1999), robôs industriais trazem ganhos operacionais ao levar em conta a substituição de mão-de-obra em de tarefas que oferecem perigos à segurança e saúde. Slack (1993) afirma que a seleção do processo tecnológicos deve-se levar em conta, além de outros itens, o grau de automação, ou seja, o equilíbrio ente máquinas e mão-de-obra direta, em um sistema. Mesmo com redução de custo mão-de-obra, a robotização deve levar em conta a redução da variabilidade em um sistema de manufatura. Com isso, ao analisarmos os respondentes no fator 6, observa-se que a pesquisa coincide com as afirmações de Mills et al.(1999) e Slack (1993).

O resultado da pesquisa exploratória nos mostra que os custos envolvidos em um investimento em robotização industrial são os itens mais importantes em uma tomada de decisão de investimentos desse tipo. Aspectos como tecnologia, qualidade e produtividade possuem uma importância secundária, se estes não estiverem alinhados com a estratégia financeira do negócio. A estratégia de manufatura nas empresas de autopeças pode ser considerada subordinada à estratégia financeira das empresas.

A robotização industrial é entendida como um investimento de longo prazo que deve ser atrelado ao ciclo de vida do produto ou a uma família de produtos. Aspectos intangíveis de uma robotização são conhecidos, porém, não compõem parcela significativa na tomada de decisão em robotização.

De um modo geral, o resultado da pesquisa pode ser entendido com base na importância de cada estratégia funcional dentro da estratégia de negócios da empresa. Nas autopeças brasileiras, as estratégias de controladoria e administração se sobressaem em relação à estratégia de manufatura devido às altas taxas de juros praticadas e aos custos de mão de obra relativamente baixos no Brasil. Em contrapartida, Japão e na Alemanha, países fabricantes de veículos com os maiores números de robôs instalados, caracterizam-se por baixas taxas de juros e custo de mão-de-obra elevado.

## 5.2 Limitações da pesquisa e recomendações de futuros estudos

A pesquisa limitou-se ao estudo de tomada de decisão de investimentos em robotização industrial nas empresas de autopeças. Na pesquisa foi avaliada a maneira como as empresas de autopeças decidem sobre investimentos em robotização e sua relação com a estratégia competitiva e sua posição na cadeia de suprimentos. Para estudos futuros, recomenda-se uma análise sobre a robotização industrial nas indústrias automobilísticas e uma análise da robotização nas indústrias de autopeças sob a ótica das indústrias automobilísticas tendo como base o alinhamento de tecnologias da cadeia produtiva.

## REFERÊNCIAS

ANFAVEA. Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores - Brasil. **Anuário da indústria automobilística Brasileira**. São Paulo: ANFAVEA, 2008. Disponível em: <<http://www.anfavea.com.br/anuario2008/indice.pdf>>. Acesso em: nov. 2008.

BIERMA, T. J.; WATERSTRAAT, F.L. Total cost of ownership for metalworking fluids. **Illinois Waste Management and Research Center**. Illinois State University Normal. Illinois, 2004.

CAGLIANO, R.; CANIATO, F.; SPINA, G. The linkage between supply chain integration and manufacturing improvement programmes. **International Journal of Operations & Production Management**. v. 26, n. 3. p. 282-299, 2006.

CHONG Y.; SALVENDY, G. **Handbook of Industrial Robotics**. 2. ed. New York: John Wileys & Sons, 1999

CLARK, K. Competing through manufacturing and the new manufacturing paradigm: is manufacturing strategy passé? **Production and Operations Management**. Miami, v. 5, n.1, p. 42-68, 1996.

DI SERIO, L. C.; SAMPAIO, M.; PEREIRA, S. F.. **A evolução dos conceitos de logística: um estudo na cadeia automobilística no Brasil**. ANPAD – Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração. Rio de Janeiro: ANPAD/EnANPAD, 2006.

ENGELBERGER, J. F. **Handbook of industrial robotics**. 2. ed. New York: John Wileys & Sons, 1999

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

HAIR, J. F. et al. **Análise multivariada de dados**. 5.ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAYES, R. H.; WHEELWRIGHT, S. C. **Restoring our competitive edge: competing through manufacturing**. New York: John Wiley, 1984.

HAYES, R. H.; PISANO, G. P. Manufacturing Strategy: at the intersection of two paradigm shifts. **Production and Operations Management**. Miami, v. 5, n.1, p.25-41, 1996.

HILL, T. **Manufacturing strategy: text and cases**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 2000.

HITT, M. A. **Administração estratégica: competitividade e globalização**. São Paulo: Pioneira; Thomson Learning, 2005. p. 105-109.

IFR - International Federation of Robotics. **World robotics 2007**. [S.l.]: International Federation of Robotics, 2007.

KAYALI, M. M. Real options as a tool for making strategic investment decisions. **Journal of American Academy of Business**. Cambridge, v. 8, n.1, p. 282-286, mar. 2006.

KAZAN, H.; ÖZER, G.; ÇETIN, A. T. The effect of manufacturing strategies on financial performance. **Measuring Business Excellence**. v. 10, n. 1, p. 14-26, 2006.

KURFESS, T. R. **Robotics and automation Handbook**. Boca Raton: CRC Press LLC, 2005.

LANDER, G. H.; BAYOU, M. E. Does ROI apply to robotic factories? **Management Accounting**, Montvale. p. 49-53, may 1992.

MILLS J. J et al. **Handbook of Industrial Robotics**. 2. ed. New York: John Wileys & Sons. 1999. p.675-694.

MINTZBERG, Henry et al. **Safári de Estratégia. Bookman. Porto Alegre, 2000**.

NOF, S. Y. **Handbook of industrial robotics**. New York: John Wiley & Son. Inc. 1999.

PORTER, M. E. **Estratégia competitiva: técnicas para análise de indústrias e da concorrência**. 2.ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2004.

PORTER, M. E. **Competição = On competition: estratégias competitivas essenciais**. Rio de. Janeiro: Campus, 1999

PORTER, M. E. **Competição = on competition: estratégias competitivas essenciais**. Rio de Janeiro: Campus, 1999.

PORTER, M. E. What is strategy? **Harvard Business Review**, v.74, n.6, p.61-78, nov./dec. 1996.

PRAJOGO, D. I. et al. Manufacturing strategies and innovation performance in newly industrialized countries. **Industrial Management & Data Systems**. v. 107, n.1, p. 52-68, 2007.

REUTERS, 2009. <http://www.reuters.com/> acesso em: jan.2009

RUSSO, J. E.; SCHOEMAKER, P. J. H. **Tomada de decisões: armadilhas**. São Paulo: Saraiva, 1993.

SAFFORD, E. L. **The complete handbook of robotics**. New York: McGraw-Hill, 1978.

SANTOS, Â. M. M. M.; PINHÃO, C. M. Á. **BNDES Setorial**. Rio de Janeiro, n.11. p.71-86. Março, 2000.

SCARVADA, L. F. R.; HAMACHER, S. Evolução da cadeia de suprimentos da indústria automobilística no Brasil. **Revista de Administração Contemporânea**. v. 5, n. 2, maio/ago. p. 201-219, 2001.

SCHONBERGER, R. J. **World Class Manufacturing: the lessons od simplicity Applied**. New York: The Free Press, 1986.

SELLITO, M. A.; WALTER, C.. Avaliação do desempenho de uma manufatura de equipamentos eletrônicos segundo critérios de competição. **Produção**, v. 16, n.1, p. 34-47, jan./abr., 2006.

SIEGEL, S. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. São Paulo, McGraw-Hill, 1979. 350 p. 1979

SILVA, D.; SIMON, F. O. Abordagem Quantitativa de Análise de Dados de Pesquisa: Construção e Validação de Escala de Atitude. **Cadernos do CERU**, v. 2, n. 16, p. 11-27, 2005.

SINDIPEÇAS. **Desempenho do setor de Autopeças 2008**. Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores. [S.l.]; SINDIPEÇAS, 2008.

SKINNER, W., Manufacturing-Missing Link in Corporate Strategy. **Harvard Business Review**. v. 47, n. 3, p.136-145, may/Jun. 1969.

SLACK, N., **Vantagem competitiva em manufatura** : atingindo competitividade nas operações industriais.São Paulo, Atlas,1993.

SOSKA, G. V. **Handbook of Industrial Robotics**. 2. ed.New York: John Wileys & Sons. 1999. p.825-828.

STONE, W. L. **Robotics and automation Handbook**. Boca Raton: CRC Press LLC. 2005. p.1-12.

TREACY, M.; WIERSEMA, F. **A disciplina dos líderes de mercado**: escolha seus clientes, direcione seu foco, domine seu mercado. Rio de Janeiro: Rocco, 1995.

VOSS, A. C. Alternative paradigms for manufacturing strategy. **International Journal of Operations & Production Management**, v.15, n.4, p.5-16, 1995.

WHEELWRIGHT, S. C. Manufacturing strategy: defining the Missing Link. **Strategic Management Journal**, v. 5, p. 77-91, 1984.

WHEELWRIGHT, S. C.; BOWEN, K. The challenge of manufacturing advantage. **Production and Operations Management**., Miami. v. 5, n. 1, 1996.

WILD, Martin; HERGES, Sascha. Total Cost of Ownership (TCO) – Ein Überblick. **Arbeitspapiere WI, Nr. 1/2000, Hrsg.** BWL und Wirtschaftsinformatik. Johannes Gutenberg-Universität: Mainz 2000.