

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Rafael Perez Pagan**

**Seleção de componentes eletrônicos durante o Processo de  
Desenvolvimento de Produtos de empresas brasileiras**

**Dissertação submetida ao Programa de Pós-  
Graduação em Engenharia de Produção como parte  
dos requisitos para obtenção do Título de Mestre  
em Ciências em Engenharia de Produção**

**Área de concentração: Engenharia de Produção**

**Orientador: Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.**

**Setembro de 2013**

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Mauá –  
Bibliotecária Jacqueline Balducci- CRB\_6/1698

P128s

Pagan, Rafael Perez  
Seleção de componentes eletrônicos durante o Processo de  
Desenvolvimento de Produto de empresas brasileiras / Rafael  
Perez Pagan. – Itajubá, (MG) : [s.n.], 2013.  
139 p. il.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva.  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Itajubá.

1. Processo de Desenvolvimento de Produtos. 2. Indústria  
eletrônica. 3. Critérios de seleção. 4. Componentes eletrônicos.  
I. Silva, Carlos Eduardo Sanches da, orient. II. Universidade  
Federal de Itajubá. III. Título.

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

**Rafael Perez Pagan**

**Seleção de componentes eletrônicos durante o Processo de  
Desenvolvimento de Produtos de empresas brasileiras**

Dissertação aprovada por banca examinadora em 09 de setembro de 2013, conferindo ao autor o título de *Mestre em Ciências em Engenharia de Produção*.

**Banca Examinadora:**

Prof. Carlos Eduardo Sanches da Silva, Dr.

Prof. Carlos Henrique Pereira Mello, Dr.

Prof. Eduardo Gomes Salgado, Dr.

Prof. Tales Cleber Pimenta, Dr.

**Itajubá**

**2013**

# DEDICATÓRIA

Dedico esta dissertação ao meu pai, Cesar, por tanto me inspirar à pesquisa. À minha mãe, Fátima, por seu dom em simplificar momentos difíceis. E à Helena, por toda sua paciência, companhia e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, Cesar e Fátima, por todos conselhos e incentivos.

À Helena, pelo carinho e companhia e também aos seus pais, Licínio e Helenice, por todo exemplo de vida e apoio.

Ao orientador Carlos Eduardo Sanches da Silva por sua confiança e seus ensinamentos.

Às empresas participantes do estudo e seus colaboradores, por sua disponibilidade e paciência.

À CAPES e à FAPEMIG pelo apoio financeiro.

*“Se fiz descobertas valiosas, foi mais por ter  
paciência do que qualquer outro talento”  
(Isaac Newton)*

## RESUMO

A eletrônica tem sido um dos pilares da inovação nos mais diversos setores industriais. Os avanços tecnológicos na miniaturização de componentes e as crescentes exigências dos clientes pressionam as empresas a desenvolverem seus produtos de forma mais eficiente. Dispositivos eletrônicos envolvem um dependente e interconectado conjunto de peças que solucionam as funções internas do produto, tornando sua atividade de seleção um item crucial para os desenvolvedores. Nesta atividade, a atenção aos lançamentos de novas tecnologias permite que as empresas permaneçam atualizadas em relação aos componentes disponíveis no mercado. Entretanto, no Brasil, o acesso a estes lançamentos pode ser comprometido devido à carência de fabricantes de componentes eletrônicos no país, forçando as empresas a dependerem de tecnologia externa para o desenvolvimento de seus produtos. O objetivo desta pesquisa é analisar os critérios utilizados, pelas empresas brasileiras, para a seleção de componentes eletrônicos no Processo de Desenvolvimento de Produtos (PDP), identificando as características que influenciam a atividade e os principais motivadores de alterações na lista de componentes (BOM) do produto após seu lançamento. Para isso, utilizou-se o método de pesquisa levantamento (*survey*) de caráter descritivo. A sistemática e o instrumento para coleta de dados propostos foram validados por meio de um teste piloto e aplicados a uma amostra aleatória de 75 empresas brasileiras desenvolvedoras de produtos eletrônicos. Os resultados do trabalho evidenciam uma maior importância dos critérios de seleção que consideram o ambiente do produto, atribuindo a atividade de qualificação do componente em si a seus fabricantes e distribuidores. Também apontam que a importância dada aos critérios é maior ao considerar componentes de maior valor agregado devido ao risco de reprojeto envolvido. Além disso, destaca-se que o maior motivador de alterações no BOM é a obsolescência de componentes, colocando-o como um fator crítico nas empresas estudadas.

**Palavras-chave:** Processo de Desenvolvimento de Produtos; Indústria eletrônica; Critérios de seleção; Componentes eletrônicos.

## ABSTRACT

*In many industrial sectors electronics have been one of the basis of innovation. Technological advances in parts miniaturization and the increase of customers' demands press companies to develop their products efficiently. Electronic parts involve a dependent and interconnected set of pieces that solve product's internal functions, what make the selection activity a crucial item for developers. During this activity, the attention to new technology launches allows companies to stay updated about components available in the market. However, in Brazil, the access to these launches may be jumbled due to the lack of electronic parts manufacturers in the country, what forces companies to rely on foreign technology to develop their products. The aim of this research is to analyse criterias used by brazilian companies during the selection of electronic parts in the Product Development Process (PDP), identifying characteristics that influence this activity and the major motivators for changes in product's bill of material after its launch. To achieve research's goal, a descriptive survey research was used. The systematic and the collection data instrument proposed were validated through a pilot testing and applied to a random sample of 75 brazilian electronic products developers companies. The results show a greater importance of the selection criteria that consider the product environment, attributing parts qualification activity to their manufacturers and distributors. Also point that the importance given to the criteria is greater when considering parts with higher added value because of the risk of redesign involved in the process. Moreover, the research shows that the greatest motivator for changes in the bill of materials is parts' obsolescence, considered a critical factor for studied companies.*

**Key-words:** *Product Development Process; Electronic Industry; Selection criteria; Electronic parts.*



## Lista de figuras

Figura 1.1 – Mapa conceitual de pesquisa. ....	17
Figura 2.1 – Níveis de generalização do PDP.....	22
Figura 2.2 – Custos, benefícios e incertezas nas diferentes fases do PDP.....	27
Figura 3.1– Método de seleção e gestão de componentes eletrônicos.....	34
Figura 3.2 – Processo de avaliação do componente fora do ambiente do produto.....	37
Figura 3.3 – Fluxo de informações na indústria eletrônica. ....	45
Figura 3.4 – Processo de avaliação do componente no ambiente do produto.....	48
Figura 3.5 – Comportamento da taxa de falhas durante o ciclo de vida do produto. ....	51
Figura 3.6 – Procedimento para avaliação da confiabilidade do componente no produto. ....	52
Figura 3.7 – Ilustrações de alguns <i>packages</i> básicos e suas denominações.....	54
Figura 3.8 – Processo de avaliação da obsolescência. ....	56
Figura 3.9 – Artigos selecionados por ano de publicação.....	58
Figura 3.10 – Rede de co-citações dos artigos selecionados.....	60
Figura 4.1 – Compartilhamento de características entre os construtos ligados aos critérios de seleção.....	65
Figura 4.2 – Modelo teórico da pesquisa. ....	69
Figura 4.3 – Atividades de pesquisa. ....	71
Figura 4.4 – Quantidade de empresas na estrutura de amostragem e na população final por estado e por órgão. ....	74
Figura 4.5 – Procedimento de coleta de dados. ....	77
Figura 4.6 – Gráfico do número de envios de questionários e número de respostas válidas por tempo.....	85
Figura 4.7 – Gráfico do número acumulado de envios de questionários e número de respostas válidas por tempo.....	85
Figura 5.1 – Gráfico de pizza quanto ao porte das empresas participantes.....	88
Figura 5.2 – Histograma da idade das empresas participantes.....	89
Figura 5.3 – Gráfico de barras quanto ao segmento das empresas participantes. ....	89
Figura 5.4 – Gráfico de barras do construto CAFAT (fatores críticos do cenário brasileiro) na amostra. ....	90
Figura 5.5 – Gráfico em radar da importância dada aos critérios de seleção nas questões Q1 a Q16.....	93
Figura 5.6 – Gráfico de barras com respostas das questões Q17, Q18 e Q19.....	94

Figura 5.7 – Gráfico de barras com respostas das questões Q17, Q18 e Q19.....	96
Figura 5.8 – Gráfico de barras com respostas das questões Q27 e Q28. ....	97
Figura 5.9 – Gráfico de barras com respostas das questões Q38 e Q43. ....	99
Figura 5.10 – Gráfico de barras com respostas da questão Q44.....	100
Figura 5.11 – Modelo teórico de pesquisa após testes de hipóteses. ....	107
Figura 5.12 – Comparação com o resultado de Torresen & Lovland (2007) para o construto CQTEMPO.....	110

## Lista de quadros

Quadro 2.1 – Modelos de referência para o PDP do setor eletrônico.....	24
Quadro 2.2 – Seleção de componentes eletrônicos em modelos de referência para o PDP do setor.....	28
Quadro 3.1 – Critérios de avaliação segundo as normas ANSI EIA 4899 e IEC TS 62239....	33
Quadro 3.2 – Critérios de seleção de componentes pela norma MIL-STD-3018. ....	33
Quadro 3.3 – Descrição das atividades da metodologia de seleção e gestão de componentes eletrônicos. ....	35
Quadro 3.4 – Critérios de seleção de componentes eletrônicos. ....	36
Quadro 3.5 – Categorias para avaliação do fabricante de componentes eletrônicos. ....	38
Quadro 3.6 – Tipos de distribuidores de componentes eletrônicos. ....	40
Quadro 3.7 – Categorias para avaliação do distribuidor de componentes eletrônicos. ....	41
Quadro 3.8 – Características similares em uma família de componentes.....	42
Quadro 3.9 – Categorias para avaliação da família de componentes eletrônicos.....	43
Quadro 3.10 – Informações relevantes de componentes eletrônicos.....	46
Quadro 3.11 – Fatores críticos para a identificação do ambiente do produto. ....	47
Quadro 3.12 – Categorias do processo de garantia da aplicação do componente nas normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239. ....	49
Quadro 3.13 – Tipos de parâmetros encontrados em <i>data sheets</i> .....	50
Quadro 3.14 – Categorias para avaliação da montagem do componente eletrônico. ....	54
Quadro 4.1 – Construtos ligados à avaliação dos critérios de seleção de componentes.....	64
Quadro 4.2 – Construtos ligados às consequências da avaliação dos critérios de seleção de componentes. ....	66
Quadro 4.3 – Construtos ligados à caracterização da organização. ....	68
Quadro 4.4 – Construtos ligados à percepção da importância da seleção na organização. ....	69
Quadro 4.5 – Características da população alvo e suas justificativas.....	72
Quadro 4.6 – Relação de órgãos participantes da estrutura de amostragem. ....	72
Quadro 4.7 – Atividades que visam aumentar a taxa de retorno e diminuir o número de respostas incompletas.....	78
Quadro 4.8 – Questões de mensuração e $\alpha$ dos construtos de avaliação dos critérios de seleção.....	80
Quadro 4.9 – Questões de mensuração e $\alpha$ dos construtos de consequências dos critérios de seleção.....	82

Quadro 4.10 – Questões de mensuração e $\alpha$ dos construtos de caracterização da organização. .....	82
Quadro 4.11 – Questões de mensuração das práticas para diminuição das alterações no BOM e relação entre seleção e sobrevivência.....	83
Quadro 5.1 – Plano de análise de dados da pesquisa. ....	87

## Lista de tabelas

Tabela 3.1 – Periódicos relevantes no tema de pesquisa.....	59
Tabela 5.1 – Fatores críticos do cenário brasileiro apontado pelas empresas pesquisadas.....	90
Tabela 5.2 – Importância dada aos critérios de seleção para componentes de alto valor agregado. ....	91
Tabela 5.3 – Importância dada aos critérios de seleção para componentes de baixo valor agregado. ....	92
Tabela 5.4 – Resultados dos construtos relativos à avaliação dos critérios de seleção de componentes. ....	94
Tabela 5.5 – Valores para formação do construto tempo para alteração no BOM (CQTEMPO). ....	95
Tabela 5.6 – Frequência dos motivos causadores de alterações no BOM ligados ao grupo componente.....	95
Tabela 5.7 – Frequência dos motivos causadores de alterações no BOM ligados ao grupo aplicação.....	96
Tabela 5.8 – Valores para formação do construto tempo para alteração no BOM (CQTEMPO). ....	97
Tabela 5.9 – Resultados dos construtos relativos às consequências da avaliação dos critérios de seleção. ....	98
Tabela 5.10 – Importância dada às práticas para diminuição da necessidade de alterações no BOM.....	98
Tabela 5.11 – Resultados do teste ANOVA para as hipóteses $H_{1A}$ e $H_{2A}$ . ....	101
Tabela 5.12 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para as hipóteses $H_{1B}$ e $H_{2B}$ ....	102
Tabela 5.13 – Resultados do teste ANOVA para as hipóteses $H_{8A}$ e $H_{9A}$ . ....	103
Tabela 5.14 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para as hipóteses $H_{8B}$ e $H_{9B}$ ....	103
Tabela 5.15 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para as hipóteses $H_3$ , $H_4$ , $H_5$ , $H_6$ e $H_7$ .....	104
Tabela 5.16 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para as hipóteses $H_{10}$ e $H_{13}$ . ...	105
Tabela 5.17 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para a hipótese $H_{11}$ . ....	106
Tabela 5.18 – Resultados do teste de correlação de <i>Pearson</i> para as hipóteses $H_{1B}$ e $H_{2B}$ . ....	106

## Lista de abreviaturas e siglas

ABDI	Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
AEC	<i>Automotive Electronic Council</i>
AHP	<i>Analytic Hierarchy Process</i>
AOQ	<i>Average Outgoing Quality</i>
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
BOM	<i>Bill Of Materials</i>
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CMOS	<i>Complementary Metal-Oxide-Semiconductor</i>
CNI	Confederação Nacional da Indústria
CPK	Índices de Capabilidade de Processo
DFA	<i>Design For Assembly</i>
DFR	<i>Design For Reliability</i>
DIP	<i>Dual In-line Package</i>
DOD	<i>United States Department Of Defense</i>
EBT	Empresas de Base Tecnológica
ECMP	<i>Electronic Components Management Plan</i>
FINEP	Financiadora de Estudos e Projetos
fpc	<i>Finite Population Correction Factor</i>
HTOL	<i>High Temperature Operating Life</i>
HTS	<i>High Temperature Storage</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IGBT	<i>Insulated Gate Bipolar Transistor</i>
JEDEC	<i>JEDEC Solid State Technology Association</i>
LCEP	<i>Life Cycle Environment Profile</i>
LED	<i>Light Emitting Diode</i>
LTOL	<i>Low Temperature Operating Life</i>
MCTI	Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação
MOS	<i>Metal-Oxide-Semiconductor</i>
MRM	Modelo de Referência Mecatrônico
NFF	<i>No-Fault-Found</i>
NMOS	<i>N-type Metal-Oxide-Semiconductor</i>
OCDE	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico
OEM	<i>Original Equipment Manufacturer</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PBGA	<i>Plastic Ball Grid Array</i>
PCI	Placa de Circuito Impresso

PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
PGA	<i>Pin Grid Array</i>
PITCE	Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior
PLCC	<i>Plastic leaded Chip Carrier</i>
PME	Pequenas e Médias Empresas
PMP	<i>Parts Management Program</i>
PPB	Processo Produtivo Básico
QFP	<i>Quad Flat Package</i>
SINAEES-AM	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares de Manaus
SINAEES-MG	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de Minas Gerais
SINAEES-PR	Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares, Aparelhos de Radiotransmissão, Refrigeração, Aquecimento e Tratamento de Ar, Lâmpadas, e Aparelhos Elétricos de Iluminação do Estado do Paraná
SINAEES-SP	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de São Paulo
SINDVEL	Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Vale da Eletrônica
SMD	<i>Surface Mount Device</i>
SOIC	<i>Small-Outline Integrated Circuit</i>
SOT	<i>Small-Outline Transistor</i>
THB	<i>Temperature, Humidity, Bias</i>
TO	<i>Transistor Outline</i>
TS	<i>Thermal Shock</i>
TVS	<i>Transient Voltage Suppression</i>

# SUMÁRIO

Capítulo 1 - Introdução .....	15
1.1 Considerações iniciais e justificativas .....	15
1.2 Objetivo.....	17
1.3 Método .....	18
1.4 Estrutura do trabalho.....	19
Capítulo 2 - Processo de desenvolvimento de produtos.....	20
2.1 Definições e conceitos básicos .....	20
2.2 Modelos de referência para o PDP .....	22
2.3 Modelos de referência para o PDP no setor eletrônico.....	23
2.4 Seleção de componentes eletrônicos durante o PDP .....	27
Capítulo 3 - Seleção e gestão de componentes eletrônicos .....	32
3.1 Fundamentos da seleção de componentes eletrônicos.....	32
3.2 Seleção do componente fora do ambiente do produto.....	37
3.2.1 Avaliação do fabricante .....	38
3.2.2 Avaliação do distribuidor .....	39
3.2.3 Avaliação da família do componente .....	41
3.2.4 Avaliação da acessibilidade à informações .....	44
3.3 Seleção do componente no ambiente do produto .....	47
3.3.1 Avaliação do desempenho .....	48
3.3.2 Avaliação da confiabilidade .....	50
3.3.3 Avaliação da montagem .....	53
3.3.4 Avaliação da obsolescência .....	55
3.4 Análise bibliométrica dos critérios de seleção de componentes eletrônicos .....	57
3.5 Fatores críticos do complexo eletrônico brasileiro.....	61
Capítulo 4 - Metodologia de pesquisa.....	64
4.1 Definição dos construtos e hipóteses de pesquisa .....	64
4.2 Método utilizado.....	70
4.3 Definição da população e amostra.....	71
4.4 Método de coleta de dados.....	75
4.4.1 Procedimento de coleta de dados .....	76
4.4.2 Avaliação do procedimento e instrumento de coleta de dados.....	79
4.4.3 Coleta dos dados .....	84
Capítulo 5 - Análise de dados.....	86
5.1 Análise descritiva .....	88
5.1.1 Caracterização das organizações.....	88



5.1.2 Distribuição da avaliação dos critérios de seleção .....	91
5.1.3 Distribuição das consequências ligadas aos critérios de seleção .....	94
5.1.4 Práticas e relação entre seleção e sobrevivência .....	98
5.2 Testes de hipóteses .....	100
5.2.1 Relações entre os grupos de critérios de avaliação .....	101
5.2.2 Relações entre as consequências ligadas aos critérios de avaliação .....	102
5.2.3 Relação entre avaliação dos critérios de seleção e suas consequências .....	104
5.2.4 Relação entre a caracterização da empresa e a avaliação dos critérios de seleção .....	105
5.3 Discussão dos resultados.....	106
5.3.1 Caracterização das organizações.....	107
5.3.2 Avaliação dos critérios de seleção .....	109
5.3.3 Consequências ligadas aos critérios de seleção .....	110
5.3.4 Relações entre os contrutos de caracterização, avaliação e consequências.....	113
Capítulo 6 - Conclusões .....	115
6.1 Conclusões de pesquisa .....	115
6.2 Conclusões sobre o método utilizado .....	117
6.3 Recomendações para trabalhos futuros.....	119
Apêndice A - Instrumento para coleta de dados.....	120
Apêndice B - Dados coletados na pesquisa.....	125
Referências .....	128

# Capítulo 1 - Introdução

## 1.1 Considerações iniciais e justificativas

A eletrônica tem sido um dos principais alicerces para a inovação em diversos setores. Produtos dedicados à biomedicina, automação, sistemas inteligentes de energia, além dos tradicionais bens de consumo como, *notebooks*, *tablets* e *smartphones* são incentivados pelos constantes avanços tecnológicos na minituarização de componentes eletrônicos e pela crescente exigência do mercado (KIM, 2012; SHIPP *et al.*, 2012; LEAHY & OSTER, 2012).

Segundo Mallick & Schroeder (2005), o sucesso comercial de um novo produto eletrônico está diretamente relacionado com seu baixo custo e tempo de desenvolvimento. Neste contexto, tais produtos tem mais possibilidade de sucesso se forem mais baratos e entrarem no mercado mais cedo (LAU, 2002; CORCORAN, 2012). O que torna relevante o Processo de Desenvolvimento de Produtos, ou PDP, como meio de assegurar a sobrevivência e o crescimento das empresas do setor eletrônico.

Entretanto, existem fatores que diferenciam o PDP deste setor perante outros. Tripathy & Eppinger (2011) classificam o desenvolvimento de produtos eletrônicos como complexos por envolverem um alto número de componentes interconectados e dependentes. Moulianitis, Aspragathos & Dentsoras (2004) destacam que o grande número de soluções possíveis para uma mesma função eletrônica de um produto dificulta eventuais retrabalhos ou alterações. Foucher *et al.* (1998) e Helo (2004) ainda argumentam que, ao contrário de outros setores da indústria, a era da verticalização no setor eletrônico é considerada obsoleta e não econômica, conseqüentemente, cada empresa participante se concentra em seu *core business*. Este conceito corrobora com Minderhoud & Fraser (2005) e Eppinger & Chitkara (2009), que tratam o desenvolvimento de produtos eletrônicos como um processo de caráter global, o qual diversas atividades são executadas em locais diferentes, de acordo com sua especialidade.

Desta forma, empresas desenvolvedoras de produtos eletrônicos de sucesso não aguardam o avanço da tecnologia internamente, elas precisam se atentar aos *roadmaps* das outras empresas participantes do setor, principalmente, das empresas fabricantes de componentes eletrônicos (HELO, 2004; GRIFFIN *et al.*, 2009). Argumento que está em concordância com Pecht (2004), que afirma que a lista de componentes eletrônicos que integram o produto, também conhecida como o *Bill Of Materials* (BOM), serve como referência para a qualidade do mesmo. Exemplos claros são os computadores, *notebooks* e, até mesmo, *videogames*, que utilizam como apelo de venda seus próprios microprocessadores.

Para Syrus, Pecht & Humphrey (2001a), este cenário, aliado a evolução na cadeia de suprimentos do setor, fazem com que estas empresas necessitem de uma metodologia para a seleção dos componentes eletrônicos. Inicialmente, as normas para gestão e seleção de componentes foram criadas por órgãos militares, vista a alta demanda do setor na década de cinquenta. Entretanto, com o avanço da participação de produtos eletrônicos em setores como automotivo, industrial, telecomunicações e bens de consumo, novas normas começaram a ser desenvolvidas por organizações privadas visando a flexibilização e uma maior agilidade no acompanhamento dos avanços tecnológicos (FOUCHER *et al.*, 1998; SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a; JACKSON *et al.*, 1999).

Dentre as normas que descrevem uma metodologia para gestão e seleção de componentes eletrônicos destacam-se a IEC/TS 62239-2003 e a ANSI/EIA 4899-2002 (IEC, 2008). Entretanto, mesmo apresentando melhorias em comparação com as antigas normas militares, tais normas aparentam não ser suficientes para garantir a qualidade do produto (PECHT, 2004). Para Jackson *et al.* (1999a) a composição do BOM do produto influencia diretamente na sua manufaturabilidade, compatibilidade de montagem, facilidade de retrabalho, testabilidade, preço, ciclo de vida, tempo de desenvolvimento, entre outros critérios que devem ser levados em consideração durante a seleção dos componentes.

Além disso, o momento da seleção de componentes durante o PDP pode impactar de diferentes maneiras o custo e tempo de desenvolvimento do produto. Durante o início do PDP as decisões tomadas são menos custosas, os benefícios podem ser maiores, mas as incertezas ainda são grandes e, portanto, um erro durante a seleção de componentes pode exigir drásticas alterações nas fases seguintes. De maneira análoga, durante as fases posteriores as incertezas nas decisões são menores, mas as possibilidades de redução de custo diminuem, restringindo as opções de componentes àquelas especificações já realizadas nas fases anteriores (BAXTER, 2000; KRISHNAN & ULRICH, 2001; MILLSON & WILEMON, 2006; REDDI & MOON, 2011).

No Brasil, a atividade de seleção de componentes ainda é dificultada por outro fator determinante: a fabricação de componentes eletrônicos em escala no país é escassa (BNDES, 2010; ABINEE, 2013a). Isto torna os desenvolvedores brasileiros dependentes de tecnologia externa e de informações de difícil acesso (ABINEE, 2010). Num setor onde a atividade de seleção de componentes e a troca de informações entre seus participantes são cruciais, tais características podem comprometer o sucesso do PDP. Este cenário justifica e representa a motivação deste trabalho. Em outras palavras, a principal questão que motiva esta pesquisa é:

## como as empresas brasileiras selecionam os componentes eletrônicos de seus produtos?

Para trabalhar este tema, realizou-se como primeira atividade a construção de um mapa conceitual, que é uma prática sugerida por Rowley & Slack (2004) e Kinchin, Streatfield & Hay (2010). A Figura 1.1 apresenta este mapa.

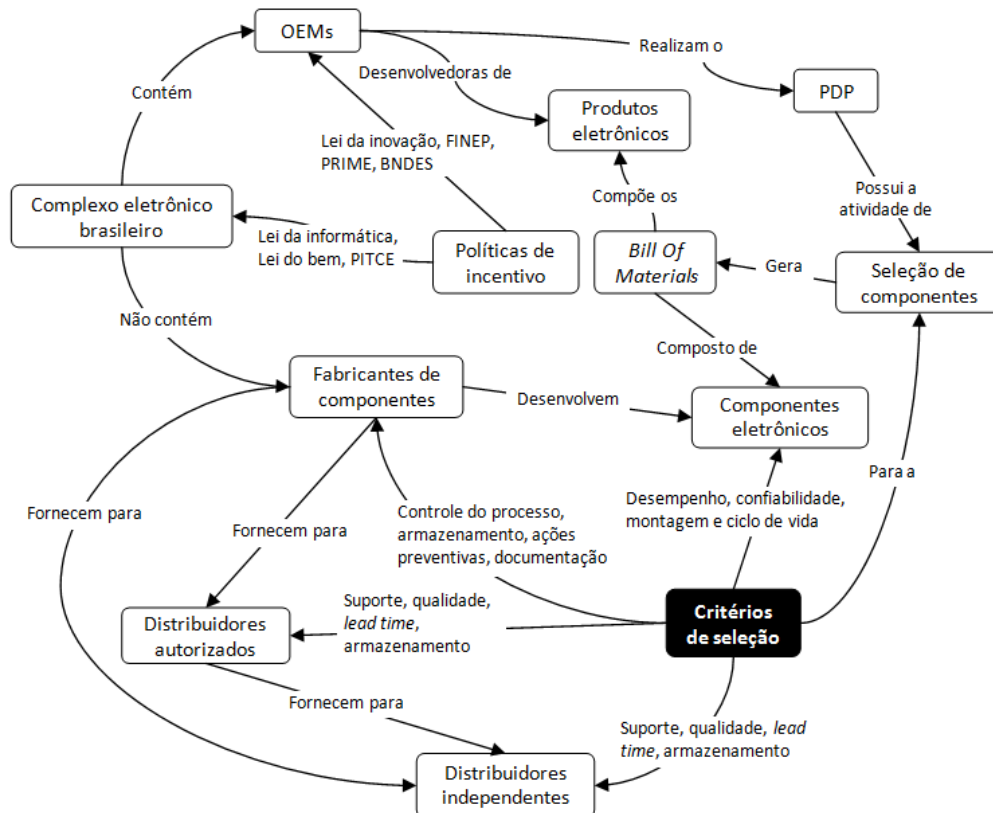


Figura 1.1 – Mapa conceitual de pesquisa.

Este primeiro passo permitiu a identificação dos conceitos chave de pesquisa para um posterior aprofundamento teórico, além de fornecer a base para a definição do fenômeno e do objeto de estudo. Desta forma, tem-se como fenômeno de estudo os **critérios de seleção de componentes eletrônicos** e como objeto de estudo as **empresas brasileiras desenvolvedoras de produtos eletrônicos**. As próximas subseções tratam do objetivo, método e estrutura do trabalho.

## 1.2 Objetivo

O objetivo geral desta pesquisa é **analisar os critérios de seleção de componentes eletrônicos durante o PDP de empresas do setor eletrônico brasileiro**. Representando uma relação entre o fenômeno e o objeto de estudo. Este objetivo geral é desdobrado em uma série de objetivos específicos:

- Avaliar quais são os critérios de seleção de maior e menor relevância;

- Analisar como o cenário brasileiro influencia a atividade de seleção de componentes;
- Identificar se há diferenciação na importância dada aos critérios entre diferentes tipos de componentes;
- Identificar se há diferenciação na importância dada a diferentes tipos de critérios;
- Analisar características das empresas que influenciam na importância dada aos critérios;
- Analisar se as alterações no BOM possuem alguma correlação com a maneira como as empresas selecionam seus componentes;
- Identificar a importância e as práticas relacionadas à atividade de seleção de componentes pelas empresas.

Estes objetivos são transcritos por meio de dezessete hipóteses apresentadas na seção 4.1.

### 1.3 Método

O objeto deste estudo pode ser tratado como uma população à qual se deseja adquirir informações para alcançar os objetivos de pesquisa. O que significa que esta pesquisa deseja obter informações das empresas brasileiras desenvolvedoras de produtos eletrônicos para analisar os critérios utilizados durante a seleção de componentes. O método selecionado para adquirir tais informações foi o de pesquisa levantamento (*survey*) descritivo, que tem por objetivo compreender a relevância de um fenômeno e descrever sua distribuição numa população (FORZA, 2002). A utilização deste método se justifica, pois:

- É um método ideal para a realização de teste de hipóteses relacionadas a uma população (VERMA & GOODALO, 1995; HAIR JR. *et al.*, 2005).
- Há um elevado crescimento de publicações utilizando o método *survey* em gestão de operações (MALHOTRA & GROVER, 1998; PANNIRSELVAM *et al.*, 1999; RUNGTUSANATHAM *et al.*, 2003; MELNIK *et al.*, 2012);
- Há um elevado número de publicações utilizando este método em temas e populações similares (LEDWITH, 2000; BHARADWAJ, 2004; TORRESEN & LOVLAND, 2007; NICHOLAS, LEDWITH & PERKS, 2011; JABBOUR *et al.*, 2011; SCANDELARI, 2011);

Além destas justificativas, tem-se que, para realizar uma *survey* descritiva é necessária a pré-existência de um modelo teórico bem definido para o fenômeno de estudo e suas variáveis (FORZA, 2002; HAIR JR. *et al.*, 2005). Os conceitos chave desta pesquisa estão extensivamente explícitos na literatura, permitindo a aplicação do método proposto. A

próxima seção traz a estrutura do trabalho, que apresenta como e onde está localizada a fundamentação teórica que justifica esta afirmação, assim como as demais seções que transcrevem esta pesquisa.

## **1.4 Estrutura do trabalho**

O primeiro capítulo apresenta a introdução do tema; as justificativas de pesquisa; o objetivo geral e os objetivos específicos; uma introdução sobre o método utilizado; e a estrutura do trabalho.

A fundamentação teórica é realizada nos capítulos 2 e 3. O capítulo 2 trata especificamente da teoria a cerca do processo de desenvolvimento de produtos, dos modelos de referência para o setor eletrônico e da atividade de seleção de componentes eletrônicos. No capítulo 3 é realizada a fundamentação teórica a respeito das normas e métodos de seleção e gestão de componentes eletrônicos, dos critérios de seleção, uma análise bibliométrica a respeito destes critérios e, por fim, dos fatores críticos do cenário brasileiro capazes de influenciar tais critérios.

Durante o capítulo 4 apresentam-se todas as etapas utilizadas para a realização desta pesquisa a fim de permitir sua plena compreensão e replicação. São apresentados os construtos; as hipóteses de pesquisa; a técnica de amostragem; a construção e validação do instrumento de coleta de dados; e o relato da coleta dos dados finais para análise.

O quinto capítulo descreve os dados coletados por meio de uma análise descritiva e do teste de hipóteses, seguido de uma discussão dos resultados para o embasamento das conclusões de pesquisa.

No sexto capítulo são tratadas as conclusões tanto a respeito do tema quanto a respeito do método, além das limitações do trabalho e das sugestões para trabalhos futuros.

Ao final, os apêndices A e B trazem o instrumento de coleta de dados utilizado e as respostas obtidas, a fim de permitir comparações estatísticas com novas pesquisas.

## Capítulo 2 - Processo de desenvolvimento de produtos

### 2.1 Definições e conceitos básicos

O conceito de processo é definido como um conjunto estruturado de atividades ordenadas no tempo e espaço com entradas e saídas claramente especificadas (DAVENPORT, 1994; ADAIR & MURRAY, 1996; ARMISTEAD & MACHIN, 1997). Entretanto, alguns autores defendem que, para gestão de operações, ignoram-se conceitos cruciais nesta definição, argumentando que seria suficiente apenas para a execução em máquinas e não para ambientes de trabalho (LINDSAY, DOWNS & LUNN, 2003; TZORTZOPOULOS, 2004). Considerando este escopo, pode-se dizer que a definição de um processo de desenvolvimento de produtos, ou PDP, seria mais ampla se utilizasse, além do conceito de “entrada-processo-saída”, o contexto principal em que se encontra: entre a organização e o mercado.

Pugh (1990) definiu o PDP como um conjunto de atividades sistemáticas que abrangem produto, processo, pessoas e a organização. Estas atividades compreendem desde a identificação das necessidades do mercado até a venda de um produto que atenda com êxito estas necessidades. Conhecida como *Total Design* (Desenvolvimento Total), pode ser considerada a primeira definição de PDP, pois ampliou o enfoque antes dado apenas as áreas de engenharia para uma visão ampla, considerando toda a empresa (BARBALHO, 2006).

Clark e Fujimoto (1991) definem o PDP como um processo em que a organização transforma suas entradas, consideradas informações sobre oportunidades de mercado e possibilidades técnicas, em saídas, descritas como informações de valor para a produção comercial. Este conceito apresenta o PDP como um fluxo de informação entre a organização e o mercado agregando valor à informação durante o processo. Em comparação à definição dada por Pugh (1990), nota-se um avanço ao contemplar a ideia de acompanhamento da tecnologia adicionado à entrada do processo.

Cooper (1990) apresentou um novo conceito em desenvolvimento de produtos denominado *Stage-Gate System* (Sistema Fase-Descisão). O principal diferencial deste conceito está relacionado com o gerenciamento do risco. Comparando o desenvolvimento de produtos com uma linha de produção, os *stages* são os locais onde o trabalho é realizado e os *gates* são os pontos de controle que asseguram que a qualidade é suficiente para sua continuidade. Sua definição para o PDP foi apresentada três anos mais tarde como um processo com o objetivo de orientar um projeto de novo produto do estágio de ideias até depois do seu lançamento (COOPER, 1993).

Prasad (1996) descreve o PDP como um processo que visa a criação de novos produtos a partir de fluxos e ciclos de informações. A inovação nesta descrição está, principalmente, na adição do conceito de engenharia simultânea. Sua premissa é que diferentes etapas do processo podem ser executadas em paralelo, permitindo que atividades posteriores sejam iniciadas antes das precedentes, antecipando conflitos entre áreas funcionais da empresa e acelerando a transformação das especificações em um produto final (MENDES, 2008).

Para Ottoson (2004), o PDP deve ser tratado como um processo dinâmico, considerando que as especificações dos produtos não são estáticas e podem mudar de acordo com as novas necessidades do mercado ainda durante o processo. O conceito, denominado *Dynamic Product Development* (Desenvolvimento Dinâmico de Produtos), defende a desburocratização do PDP e a substituição dos *gates* por reuniões mais frequentes entre as diferentes áreas funcionais da organização. Desta forma, os custos e o *leadtime* diminuem, mantendo, ou até mesmo melhorando, a qualidade final do produto.

Rozenfeld *et al.* (2006) definem o PDP como um conjunto de atividades com o objetivo de atender às especificações do produto e de seu processo produtivo, acompanhando-o desde seu lançamento no mercado até a sua descontinuidade e internalizando lições aprendidas. Tais atividades devem considerar as estratégias da empresa, as necessidades do mercado e as possibilidades e restrições tecnológicas. Sendo assim, é uma visão que engloba todo o ciclo de vida do produto e todas as áreas funcionais da organização.

Diversos outros autores explicitaram suas definições e características para o PDP (WHEELWRIGHT & CLARK, 1992; ROSENTHAL, 1992; ROOZENBURG & EEKELS, 1995; ULRICH & EPPINGER, 2000; BAXTER, 2000; PAHL, 2005). Nesta pesquisa, é importante compreender o PDP como um processo que transforma possibilidades técnicas e oportunidades de mercado em informações capazes de produzir e comercializar produtos. Sendo que tais oportunidades e possibilidades estão em constante movimento, influenciando os momentos decisórios do processo, como a seleção dos componentes eletrônicos que compõem o produto.

Nas últimas décadas, novos conceitos e abordagens foram completando as definições de PDP. De maneira geral, a evolução desta definição tem o intuito de tornar o PDP cada vez mais barato, rápido e organizado nas empresas, de forma a atender um mercado em constante movimento. Para representar o PDP, utilizam-se modelos, a seção 2.2 aborda este assunto.



## 2.2 Modelos de referência para o PDP

Para Browning, Fricke e Negele (2006), um modelo é uma representação abstrata da realidade que é construída, verificada, analisada e manipulada para aumentar a compreensão dessa realidade. Segundo os mesmos autores, um modelo de PDP é complexo de se construir por conter um excessivo número de incertezas, ambiguidades e, principalmente, interdependências entre atividades, seus resultados e seus responsáveis. São descritos por Vernadat (1996) como modelos parciais por não atenderem ao processo de toda e qualquer realidade e, por isso, são classificados como modelos de referência.

Seguindo este escopo, Salgado (2011) define modelo de referência para o PDP como a união das melhores práticas recomendadas relacionadas a um determinado processo de desenvolvimento. Essas etapas são representadas de uma forma clara a qualquer usuário deste processo, trazendo benefícios para a organização, para os clientes e para o processo em si.

Modelos de referência para o PDP possuem diversos tipos de formatos, como o modelo espiral, o modelo “V” e o modelo cascata (MINDERHOUD & FRASER, 2005; GAUSEMEIER, DUMITRESCU & NORDSIEK, 2011). Normalmente, são representações gráficas de duas dimensões, descrevendo a dimensão de sequência e etapas no eixo horizontal e a dimensão dos responsáveis e funções de cada sub-processo no eixo vertical. Como mostra a Figura 2.1, existem diferentes níveis de detalhamento para os modelos. O nível está relacionado com a sua aplicabilidade, quanto menos específico, maior e mais genérico o seu nível, quanto mais específico, menor e menos genérico o seu nível (TZORZOPOULOS, 2004).

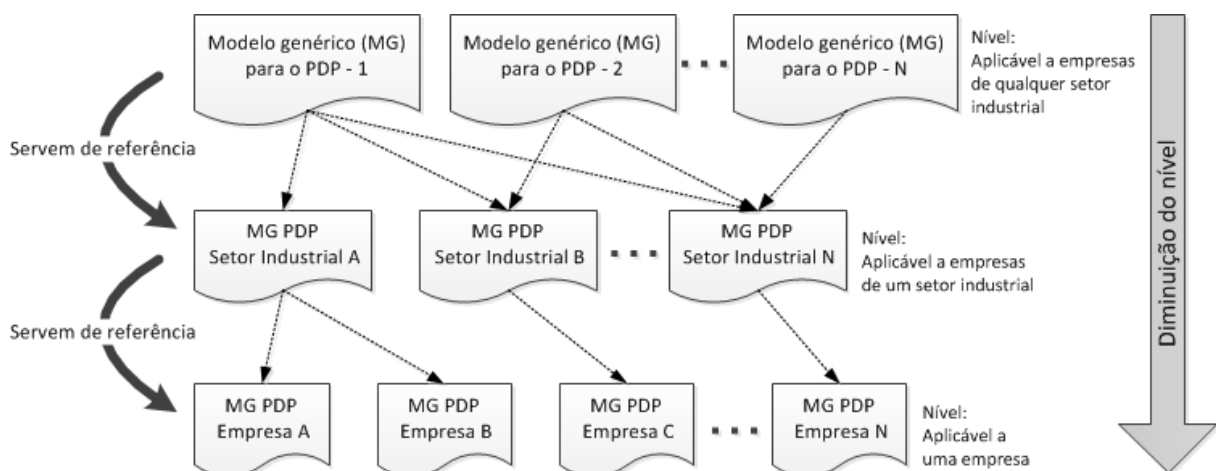


Figura 2.1 – Níveis de generalização do PDP

Fonte: Adaptado de Tzortzopoulos (2004) e Salgado (2011).

Modelos de referência genéricos aplicáveis em qualquer setor industrial foram descritos na literatura por vários autores (PUGH, 1991; COOPER, 1993; PRASAD, 1997; BAXTER,

2000; ULRICH & EPPINGER, 2000; PAHL, 2005; ROZENFELD *et al.*, 2006). Ainda que possuam características semelhantes, o número e a nomenclatura das atividades e fases variam de modelo para modelo. Para Mendes (2008), as empresas devem ficar atentas não só para a implementação do modelo mas também para a escolha do modelo mais apropriado às suas características. Tzortzopoulos (2004) argumenta que não só um bom processo de seleção é necessário mas também a sua adaptação para os processos específicos da organização.

Portanto, é pouco provável que a implantação de um modelo de referência genérico numa organização se dê sem a necessidade de alterações ou adaptações. Como o próprio nome sugere, cada organização possui suas especificidades e, por isso, é mais prudente utilizar o modelo de referência como um guia. Ainda assim, quanto mais próximo o nível do modelo e o da empresa, menor o esforço na adaptação. Aplicando-se este conceito nesta pesquisa, é necessário identificar os modelos para o PDP que melhor apresentam as características das fases e atividades onde há seleção de componentes eletrônicos. Este é o objetivo das próximas seções.

### **2.3 Modelos de referência para o PDP no setor eletrônico**

O desenvolvimento de produtos eletrônicos possui uma série de especificidades que incentivam a criação de modelos de referência para o setor. Mallick & Schroeder (2005) realizaram um levantamento em indústrias de alta tecnologia do setor eletrônico norte americano. Sua principal conclusão foi que o sucesso comercial de um novo produto eletrônico está diretamente relacionado com seu baixo custo e tempo de desenvolvimento.

Desta forma, produtos eletrônicos tem mais possibilidade de sucesso se forem mais baratos e entrarem no mercado mais cedo. Esta afirmação corrobora com o fato de que enquanto as necessidades dos clientes e os avanços tecnológicos aumentam, os ciclos de vida e margens de lucro dos produtos diminuem, forçando as organizações a batalharem por participação no mercado (HUNT & JONES, 1998; LAU, 2002; HELO, 2004; MINDERHOUD & FRASER, 2005; CORCORAN, 2012). Por outro lado, Ledwith (2000) argumenta que o sucesso do produto em pequenas empresas é diferente e está relacionado a sua compatibilidade e confiabilidade, conquistando clientes em mercados de nicho, em menor volume e maior valor agregado.

Outra característica marcante no desenvolvimento de produtos eletrônicos é a sua complexidade. Tripathy & Eppinger (2011) classificam o desenvolvimento de produtos eletrônicos como complexos por envolverem um alto número de componentes interconectados e dependentes. Este aspecto faz com que eventuais retrabalhos ou mudanças

sejam extremamente onerosos, já que o número e as características das interconexões podem ter um alto grau de diferenciação entre as inúmeras soluções disponíveis (MOULIANITIS, ASPRAGATHOS & DENTSORAS, 2004).

Atualmente, o PDP no setor eletrônico tem adquirido uma característica global. Diferentes empresas concentradas em suas especialidades ou, até mesmo, diferentes colaboradores de uma mesma empresa concentrados em regiões que possuem certa especialidade, participam de diferentes fases e atividades do PDP em países distintos. Eppinger & Chitkara (2009) definem este conceito como *Global Product Development* (Desenvolvimento Global de Produtos), destacando a indústria eletrônica como pioneira nesta prática. Um exemplo foi apresentado por Minderhoud & Fraser (2005) em uma pesquisa realizada na *Philips Electronics*. Segundo os autores, durante o PDP da empresa, é comum que o desenvolvimento dos componentes chave do produto seja realizado em locais diferentes na Europa, a composição do produto seja desenvolvida em Singapura e os processos de fabricação e manufatura sejam desenvolvidos e executados na China.

Dentro deste escopo, espera-se que os modelos de referência em PDP para o setor eletrônico possuam características específicas que retratem sua complexidade e agressividade de mercado, auxiliando na caracterização dos critérios de seleção de componentes eletrônicos, fenômeno de estudo desta pesquisa. Com o intuito de verificar tais modelos, uma pesquisa bibliográfica foi realizada nas bases *IEEE*, *ScienceDirect*, *Scopus* e *Emerald* buscando no título, palavras-chave e resumo pelos termos: “*product development*” e “*electronics*” ou “*NPD*” e “*electronics*”. O mesmo processo foi repetido em português na base CAPES para busca por teses e dissertações.

Foram localizados 12 estudos que apresentam modelos de referência do PDP tanto para o setor industrial eletrônico como em outros setores que compreendem o desenvolvimento de produtos eletrônicos. Cada publicação e respectivos modelos foram analisados e descritos no Quadro 2.1 relacionando os autores, as fases e um detalhamento, que inclui o método, o tipo de documento, setor e uma descrição sucinta do modelo.

Quadro 2.1 – Modelos de referência para o PDP do setor eletrônico (continua).

Autores	Fases	Detalhamento
Hunt & Jones (1998)	<i>Design</i> (conceitual e físico) Prototipagem Rampa de produção Produção de alto volume	Tipo de documento: artigo Método: teórico-conceitual Setor: montadoras de produtos eletrônicos Descrição: O modelo defende que as montadoras devem formar uma parceria com o desenvolvedor a fim de realizar engenharia simultânea. As vantagens seriam: diminuição do preço; melhor gestão de estoque e insumos; menor <i>time to market</i> ; busca pela evolução do produto; maior oportunidade de negócios.

Quadro 2.1 – Modelos de referência para o PDP do setor eletrônico (continua).

Ledwith (2000)	Exploratória Projeto conceitual Projeto do protótipo Teste de protótipo Projeto de mercado Produção inicial Marketing inicial Suporte técnico	Tipo de documento: artigo Método: modelagem Setor: pequenas empresas do setor eletrônico Descrição: O foco do estudo está na comparação da aplicação das fases em grandes e pequenas empresas e quanto isso impacta no sucesso do produto. A tendência é que pequenas empresas dêem mais importância às fases iniciais e grandes empresas às fases posteriores.
Haskell (2004)	Planejamento do produto Desenvolvimento Aquisição Produção Marketing e distribuição Suporte técnico	Tipo de documento: livro Método: teórico-conceitual Setor: equipamentos eletrônicos portáteis Descrição: Cada atividade do desenvolvimento é profundamente descrita de forma técnica. A ênfase é dada aos fatores críticos definidos como: funcionalidade; desempenho; interface; formato; tempo de vida da bateria; custo; <i>time to market</i> ; confiabilidade.
Aw (2005)	Avaliação da oportunidade Especificações e planejamento Design do produto Produção limitada Produção total	Tipo de documento: artigo Método: estudo de caso Setor: produtos eletrônicos automotivos e navais Descrição: O modelo é baseado no formato <i>stage-gates</i> e os <i>checklists</i> dos <i>gates</i> possuem foco maior na validação do protótipo e do lote piloto de produção.
Minderhoud & Fraser (2005)	Conceito Criação Realização	Tipo de documento: artigo Método: estudo de caso Setor: grandes empresas do setor eletrônico Descrição: O estudo mostra a evolução do PDP na <i>Philips Electronics</i> . No início o PDP tinha um formato <i>stage-gate</i> , em seguida foi adicionada uma abordagem de engenharia simultânea e, por fim, um processo iterativo com foco em arquitetura modular. O resultado desta evolução foi a diminuição do <i>time to market</i> e do <i>time to volume</i> .
Barbalho (2006)	Estratégia Portifólio Especificações Planejamento do projeto Concepção Planejamento técnico Projeto técnico Otimização Homologação Validação Lançamento Monitoramento	Tipo de documento: tese Método: pesquisa-ação Setor: produtos mecatrônicos Descrição: O MRM (Modelo de Referência Mecatrônico) possui três ciclos definidos como forma de implantação da engenharia simultânea. O modelo exige uma série de documentos que remetem a explicitação das informações entre as fases. Mesmo burocratizando o processo, o MRM se mostrou bastante organizado e obteve sucesso na aplicação prática apresentada pelo autor.
McIvor, Humphreys & Cadden (2006)	Concepção Desenvolvimento Engenharia Produção	Tipo de documento: artigo Método: estudo de caso Setor: grandes empresas do setor eletrônico Descrição: O foco do estudo é a avaliação do envolvimento de fornecedores junto às fases do PDP em uma grande indústria do setor eletrônico. Sua conclusão ressalta os impactos positivos que esta prática pode gerar se realizada com os cuidados necessários.

Quadro 2.1 – Modelos de referência para o PDP do setor eletrônico (fim).

Mendes (2008)	Estratégia Portifólio Concepção inicial Planejamento do projeto Desenvolvimento técnico Desenvolvimento de produção Homologação Lançamento Acompanhamento	Tipo de documento: tese Método: <i>survey</i> seguida de um estudo de casos múltiplos Setor: micro e pequenas empresas de base tecnológicas (EBTs) de produtos para automação e médico-hospitalares Descrição: O objetivo principal é a estruturação da gestão do PDP em EBTs do setor partindo das características coletadas em campo. Nota-se também uma ênfase nas fases iniciais do processo, classificados como pré-desenvolvimento.
Yeh, Pai & Yang (2010)	Proposta de desenvolvimento Planejamento de projeto <i>Design</i> conceitual <i>Design</i> do produto Protótipo e testes Processo de desenvolvimento Produção piloto Produção	Tipo de documento: artigo Método: estudo de casos múltiplos Setor: produtos eletrônicos de alta tecnologia Descrição: O estudo é focado na utilização de ferramentas para o PDP em diferentes fases do processo, mostrando que o envolvimento de fornecedores, <i>design</i> colaborativo e engenharia simultânea são práticas que melhoram o desempenho e a rapidez do desenvolvimento de novos produtos.
Gausemeier, Dumitrescu & Nordsiek (2011)	Prospecção Planejamento do negócio Especificações do produto <i>Design</i> conceitual do produto Concretização do produto Integração do produto <i>Design</i> conceitual da produção Concretização da produção Integração da produção	Tipo de documento: artigo Método: pesquisa-ação Setor: produtos mecatrônicos Descrição: O modelo é trabalhado em três ciclos responsáveis por interligar a estratégia, o desenvolvimento do produto e o setor de produção da empresa. As principais características são a modularização do produto e a interação entre os desenvolvedores e o setor de produção.
Yang <i>et al.</i> (2011a)	Especificações do produto Desenvolvimento Qualificação Produção e monitoramento	Tipo de documento: artigo Método: estudo de caso Setor: produtos eletrônicos com componentes dedicados Descrição: O foco do estudo está na utilização do conceito DFR ( <i>Design for Reliability</i> ) durante o PDP. Para isso, os autores defendem a aplicação do conceito e a participação de todas as empresas envolvidas no desenvolvimento do produto desde o conceito do componente dedicado até a montagem do produto final.
Salgado (2011)	Gestão estratégica Gestão de portfólio Conceituação do produto Preparação do projeto Projeto executivo Teste e homologação Produção e lançamento Acompanhamento Descontinuar	Tipo de documento: tese Método: estudo de casos múltiplos seguido de AHP Setor: empresas de base tecnológica para produtos eletrônicos Descrição: O estudo apresenta um modelo conceitual que contempla os aspectos de um modelo genérico do PDP para EBTs do setor eletrônico. Em suas conclusões, o autor aponta como ponto chave a macrofase de estratégia organizacional, que são as fases iniciais do processo.

A análise dos modelos de referência que englobam o processo de desenvolvimento de produtos eletrônicos permite identificar quando ocorre a seleção de componentes durante o processo. A identificação destes pontos no PDP é crítica, pois permite compreender o nível de informação e do risco que os colaboradores enfrentam no momento da seleção. A seção 2.4 tratará deste assunto.

## 2.4 Seleção de componentes eletrônicos durante o PDP

As definições e mudanças nas decisões durante o PDP impactam de formas diferentes no seu sucesso de acordo com o estágio em que o processo se encontra (KRISHNAN & ULRICH, 2001; MILLSON & WILEMON, 2006; REDDI & MOON, 2011). Desta forma, a definição ou a alteração da lista de componentes eletrônicos, ou BOM, de um produto pode influenciar diretamente no custo e no tempo de desenvolvimento de acordo com o estágio em que esta operação é realizada dentro do PDP.

Para Baxter (2000), as fases iniciais do PDP têm como característica o baixo custo e alto benefício, ao contrário das fases finais, que possuem alto custo e baixo benefício. A Figura 2.2 ilustra este conceito. Enquanto o orçamento é comprometido em quase sua totalidade no início do PDP, o custo do desenvolvimento e o custo de modificações aumentam de maneira exponencial durante o processo. Entretanto, da mesma forma que a taxa de retorno diminui durante o processo, as incertezas também diminuem (VERGANTI, 1999; ROZENFELD *et al.*, 2006).

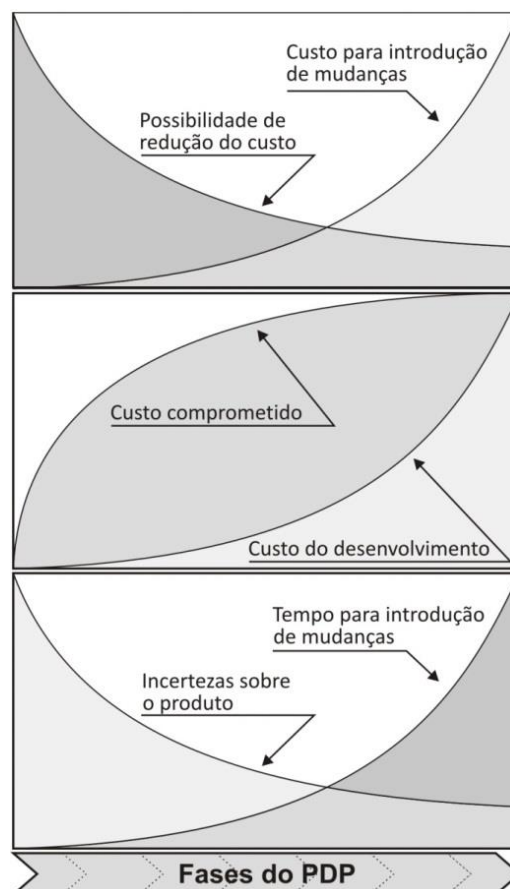


Figura 2.2 – Custos, benefícios e incertezas nas diferentes fases do PDP.  
Fonte: adaptado de Verganti (1999) e Baxter (2000).

Este pode ser considerado um paradigma nesta pesquisa: o momento certo de selecionar os componentes eletrônicos durante o PDP. Definir o BOM durante as fases iniciais pode trazer um alto retorno, entretanto, as incertezas envolvidas neste momento podem exigir alterações dispendiosas em tempo e custo nas fases posteriores. Da mesma forma, realizar esta definição em fases posteriores diminui a possibilidade de redução no custo, já que os componentes selecionados terão que corresponder a todas as decisões previamente tomadas sobre o produto.

Algumas características da atividade de definição dos componentes eletrônicos de um produto podem auxiliar na resposta a este impasse. Normas civis e militares específicas para a seleção de componentes, como a ANSI EIA 4899, IEC/TS 62239 e MIL-STD-3018, sugerem que a atividade ocorra antes dos testes práticos para evitar retrabalhos e gastos desnecessários (IEC, 2008; DSPO, 2009). Jackson *et al.* (1999a) ressaltaram que a seleção de um componente eletrônico pode ser efetuada sem a necessidade de adquiri-lo. Ao mesmo tempo, o BOM do produto é um dos critérios utilizados para sua certificação ou sua aplicabilidade em alguns incentivos fiscais (EVELOY, FUKUDA & PECHT, 2005; PAGAN, SILVA & MELLO, 2011).

O exato momento e fase que o time de desenvolvimento de produto inicia e termina a atividade de seleção de componentes eletrônicos do produto diverge entre os modelos de referência existentes na literatura. O Quadro 2.2 apresenta como os modelos de referência para o PDP em eletrônicos descritos no Quadro 2.1 abordam o tema, indicando em negrito as fases em que a atividade de seleção de componentes é sugerida para cada modelo.

Quadro 2.2 – Seleção de componentes eletrônicos em modelos de referência para o PDP do setor (continua).

<b>Autores</b>	<b>Fases</b>	<b>Seleção de componentes eletrônicos</b>
Hunt & Jones (1998)	<b>Design (conceitual e físico)</b> Prototipagem Rampa de produção Produção de alto volume	A definição do BOM deve ser realizada na primeira fase do PDP. Uma atenção maior deve ser dada a componentes que ainda não foram utilizados previamente pela organização.
Ledwith (2000)	Exploratória Projeto conceitual Projeto do protótipo Teste de protótipo Projeto de mercado Produção inicial <i>Marketing</i> inicial Suporte técnico	Não aborda o tema.
Haskell (2004)	Planejamento do produto <b>Desenvolvimento</b> <b>Aquisição</b> Produção <i>Marketing</i> e distribuição Suporte técnico	Na fase de desenvolvimento define-se uma lista com todos componentes e suas tolerâncias. Para os componentes de alto valor agregado a definição do fabricante e fornecedor é realizada durante a fase de desenvolvimento pelo time de engenharia. Para os de baixo valor agregado, a definição do fabricante e fornecedor é realizada na fase de aquisição pelo time de compras.

Quadro 2.2 – Seleção de componentes eletrônicos em modelos de referência para o PDP do setor (continua).

Aw (2005)	Avaliação da oportunidade Especificações e planejamento <b>Design do produto</b> Produção limitada Produção total	Apenas cita que a atividade é realizada na fase de <i>Design</i> de produto.
Minderhoud & Fraser (2005)	Conceito <b>Criação</b> Realização	A definição do BOM é realizada na fase de criação. Deve se dar mais atenção na seleção dos principais componentes do produto por meio da arquitetura modular, o que permite acompanhar todo o processo de depreciação do custo destes componentes.
Barbalho (2006)	Estratégia Portifólio Especificações Planejamento do projeto <b>Concepção</b> Planejamento técnico <b>Projeto técnico</b> Otimização Homologação Validação Lançamento Monitoramento	Durante a fase de concepção definem-se os principais componentes e uma lista prévia de materiais do produto, enquanto a definição final é realizada posteriormente, durante a fase de projeto técnico. O autor ainda destaca que, para o projeto eletrônico, não é necessário que o componente eletrônico esteja disponível para poder selecioná-lo e incluí-lo na estrutura do produto, fator condizente com o abordado por Jackson <i>et al.</i> (1999a).
McIvor, Humphreys & Cadden (2006)	<b>Concepção</b> <b>Desenvolvimento</b> Engenharia Produção	Os componentes de alto valor agregado são definidos durante a fase de concepção, onde há um forte envolvimento entre a empresa desenvolvedora do produto e o fornecedor do componente. Já os componentes de baixo valor agregado são selecionados durante a fase de desenvolvimento e a relação com fornecedores é basicamente em função de preços e prazos.
Mendes (2008)	Estratégia Portifólio Concepção inicial Planejamento do projeto <b>Desenvolvimento técnico</b> Desenvolvimento de produção Homologação Lançamento Acompanhamento	A seleção dos componentes eletrônicos é realizada durante a fase de desenvolvimento técnico.
Yeh, Pai & Yang (2010)	Proposta de desenvolvimento Planejamento de projeto <i>Design</i> conceitual <i>Design</i> do produto Protótipo e testes Processo de desenvolvimento Produção piloto Produção	Não aborda o tema.
Gausemeier, Dumitrescu & Nordsiek (2011)	Prospecção Planejamento do negócio Especificações do produto <b>Design conceitual do produto</b> Concretização do produto Integração do produto <i>Design</i> conceitual da produção Concretização da produção Integração da produção	A seleção dos componentes é realizada na fase de <i>Design</i> conceitual do produto. O modelo dá ênfase à realização desta definição em parceria com o time de produção com o objetivo de identificar se a escolha é possível de ser montada ou realizada.



Quadro 2.2 – Seleção de componentes eletrônicos em modelos de referência para o PDP do setor (fim).

Yang <i>et al.</i> (2011a)	<b>Especificações do produto</b> Desenvolvimento Qualificação Produção e monitoramento	A seleção deve ser realizada nas fases iniciais do processo. A participação do fabricante de componentes é crucial para garantir a confiabilidade do produto final.
Salgado (2011)	Gestão estratégica <b>Gestão de portfólio</b> Conceituação do produto Preparação do projeto <b>Projeto executivo</b> Teste e homologação Produção e lançamento Acompanhamento Descontinuar	A lista e os fornecedores de componentes eletrônicos com alto valor agregado são definidos ainda durante a fase de gestão de portfólio. Enquanto que na fase de projeto executivo são definidos o BOM final e os fornecedores para os demais componentes eletrônicos.

Observando o Quadro 2.2, é possível citar algumas características da atividade de seleção de componentes eletrônicos nos modelos de referência do PDP encontrados na literatura:

- A atividade é realizada após a definição de todos os requisitos do produto e antes da realização de protótipos e testes;
- Há uma diferenciação no momento da seleção e na importância entre os componentes de alto e baixo valor agregado (HASKELL, 2004; MINDERHOUD & FRASER, 2005; BARBALHO, 2006; MCIVOR, HUMPHREYS & CADDEN, 2006; SALGADO, 2011);
- Componentes que ainda não foram utilizados pela organização devem ser tratados com mais cuidado (HUNT & JONES, 1998);
- Não é preciso adquirir o componente para selecioná-lo (BARBALHO, 2006);
- Os responsáveis pela seleção dos componentes e pela montagem e produção do produto devem estar em sintonia (GAUSEMEIER, DUMITRESCU & NORDSIEK, 2011);
- O envolvimento de fornecedores pode ser utilizado como uma boa prática durante a seleção de componentes (HASKELL, 2004; MCIVOR, HUMPHREYS & CADDEN, 2006; SALGADO, 2011; YANG *et al.*, 2011a).

Apesar das características listadas, pode-se dizer que os modelos de referência para o PDP em eletrônicos tratam a seleção de componentes de forma incipiente, sendo que alguns autores não chegam a citar a atividade (LEDWITH, 2000; YEH, PAI & YANG, 2010). O que se nota é uma classificação dos componentes antes da atividade de seleção entre alto e baixo valor agregado.

A participação de fornecedores junto à atividade de seleção de componentes pode também ser colocada como um assunto de destaque. McIvor, Humphreys & Cadden (2006) ressaltaram

que esta prática pode auxiliar na seleção de componentes e no PDP como um todo se utilizada corretamente, pois exige uma série de mudanças na organização. Isto é corroborado por Millson & Wilemon (2006), que argumentam que esta é uma prática arriscada em que há casos de sucessos e fracassos.

Portanto, a atividade de seleção de componentes eletrônicos e, principalmente, os critérios para esta seleção, são tratados de forma superficial na literatura a respeito dos modelos de referência para o PDP. Para atingir o objetivo da pesquisa, faz-se um aprofundamento no fenômeno de estudo, adicionando a estas classificações os critérios utilizados nas literaturas específicas sobre seleção de componentes.

## Capítulo 3 - Seleção e gestão de componentes eletrônicos

### 3.1 Fundamentos da seleção de componentes eletrônicos

A necessidade por uma metodologia de seleção e gestão de componentes eletrônicos não é recente na indústria. Na década de 50, o DOD, ou *Department Of Defense* (Departamento de Defesa Norte-Americano), começou a aplicar as primeiras normas com o intuito de diminuir as incertezas com relação à seleção de componentes eletrônicos (SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a). Com o passar do tempo, muitas destas normas começaram a ser utilizadas tanto por organizações militares quanto civis.

Entretanto, a partir da década de 80, com o avanço da participação de produtos eletrônicos em setores como automotivo, industrial, telecomunicações e bens de consumo, novas normas foram desenvolvidas por organizações privadas visando à flexibilização e maior agilidade no acompanhamento dos avanços tecnológicos (FOUCHER *et al.*, 1998; SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a).

Atualmente, podem-se destacar as normas para a gestão e seleção de componentes eletrônicos ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 e, no âmbito militar, a norma MIL-STD-3018, que não trata apenas de produtos eletrônicos, mas sim de todos os tipos de componentes para todos os tipos de produtos de uso militar (IEC, 2008; DSPO, 2009).

Apesar de serem publicadas por organizações diferentes, as normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 tem o mesmo objetivo e sugerem as mesmas ações e critérios para avaliação dos componentes eletrônicos. Ambas definem os requisitos para a confecção do ECMP, ou *Electronic Components Management Plan* (Plano de Gestão de Componentes Eletrônicos) (IEC, 2008).

O ECMP é um documento que deve ser criado e utilizado por empresas que desenvolvem equipamentos eletrônicos para garantir aos clientes e as agências certificadoras que todos os componentes eletrônicos de seus produtos foram selecionados a partir da avaliação dos critérios relacionados no Quadro 3.1. A norma ANSI EIA 4899 ainda recomenda que o número de tipos de componentes do equipamento seja o mínimo possível; se dê preferência para componentes produzidos em larga escala; se dê preferência para componentes que estejam em plena fase de crescimento ou início de maturidade de seu ciclo de vida; e que a disponibilidade e o risco de obsolescência sejam considerados como os critérios de seleção mais importantes (GEIA, 2002).

Quadro 3.1 – Critérios de avaliação segundo as normas ANSI EIA 4899 e IEC TS 62239.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
Aplicação	Analisar se o componente possui os requisitos funcionais necessários para integrar o produto no que diz respeito a: funcionalidade, compatibilidade eletromagnética, limites mecânicos e térmicos, testabilidade e possíveis emissões tóxicas.
Qualificação do fabricante e do distribuidor	Análise do sistema de gestão da qualidade e do controle de processo tanto do fabricante quanto do distribuidor de componentes.
Garantia da qualidade do componente	Comprovação de que um componente específico possui as características apresentadas pelo fabricante e como estas características são mantidas ao longo da produção do equipamento. Isto pode ser feito por meio de testes periódicos internos ou informações disponibilizadas pelo fabricante ou terceiro sobre testes semelhantes com o componente.
Dependência	Análise visando assegurar se a confiabilidade, disponibilidade, gerenciamento da obsolescência e manutenção do componente são adequados para atender as necessidades do equipamento e seus clientes.
Compatibilidade com os processos da empresa fabricante do equipamento	Análise visando assegurar a compatibilidade entre o componente e os processos de fabricação da empresa que o utiliza. Estes processos incluem: manuseio, armazenamento, teste, reparos, retrabalhos, transporte e montagem.
Acesso à informação	Análise do acesso corrente das informações do componente como: <i>datasheet</i> , <i>erratasheets</i> , documentos técnicos e de aplicações, instruções para montagem e avisos de obsolescência ou alterações.

Fonte: Adaptado de GEIA (2002) e IEC (2008).

Já a norma militar MIL-STD-3018, direcionada para fabricantes de equipamentos militares, define que a empresa desenvolvedora do produto deve aplicar o PMP, sigla para *Parts Management Program* (Programa de Gestão de Peças). O PMP é definido como a prática de analisar a aplicação, padronização, tecnologia, confiabilidade, manutenção, suporte, custo, disponibilidade, apoio logístico e questões legais na seleção de componentes a fim de apoiar a empresa e o ciclo de vida de seus produtos (DOD, 2007). A norma ainda sugere que a seleção de componentes deve ser realizada de acordo com os critérios relacionados no Quadro 3.2, sendo que a qualificação do fabricante e do distribuidor são pré-requisitos, independentes do critério de seleção.

Quadro 3.2 – Critérios de seleção de componentes pela norma MIL-STD-3018.

<b>Critério</b>	<b>Descrição</b>
Aplicação	A funcionalidade e limites mecânicos e térmicos do componente são compatíveis com o produto.
Disponibilidade	O componente estará disponível durante todo o ciclo de vida do produto.
Qualidade	O componente possui o processo de qualificação certificado.
Obsolescência	Análise da obsolescência tecnológica do componente.
Manutenibilidade	Facilidade técnica para teste, manuseio e troca do componente no produto.

Fonte: Adaptado de DOD (2007) e DSPO (2009).

Por outro lado, mesmo apresentando melhorias em comparação com as antigas normas militares, alguns autores inferem que as normas existentes para gestão e seleção de componentes eletrônicos aparentam não serem suficientes para garantir a qualidade do produto (FOUCHER *et al.*, 1998; JACKSON *et al.*, 1999a; SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a; PECHT, 2004;). Para suprir esta lacuna, Jackson *et al.* (1999a) propuseram um método para seleção e gestão de componentes eletrônicos que, em seguida, foi posteriormente detalhado por Pecht (2004). A Figura 3.1 apresenta este método.

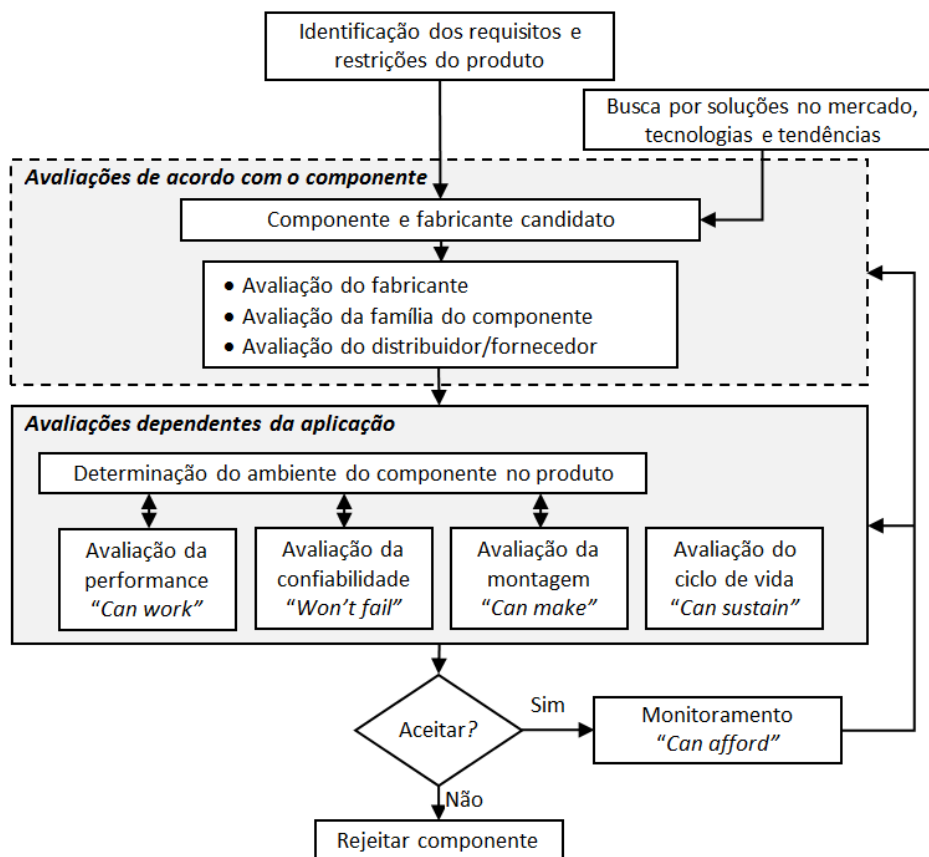


Figura 3.1– Método de seleção e gestão de componentes eletrônicos.

Fonte: Adaptado de Jackson *et al.* (1999a).

Como demonstrado na Figura 3.1, o processo se inicia com a definição dos requisitos e restrições do produto. Após este passo, realiza-se uma busca por soluções no mercado, gerando componentes candidatos a formar o BOM do produto. Estes componentes são avaliados de duas maneiras principais, em relação ao componente em si e em relação a sua composição no produto. Se o componente cumprir as metas de todas as avaliações ele pode ser aceito no BOM, o que dará início a um processo de monitoramento para avaliar constantemente o componente perante sua disponibilidade de mercado e possíveis alterações por fabricantes (JACKSON *et al.*, 1999a; PECHT, 2004). O Quadro 3.3 apresenta as atividades oriundas deste método e suas descrições.

Quadro 3.3 – Descrição das atividades da metodologia de seleção e gestão de componentes eletrônicos.

Atividade	Descrição
Identificar os requisitos e restrições do produto	Enumera as características que o produto deve ter de acordo com as necessidades de mercado e as políticas da empresa.
Buscar soluções no mercado, tecnologia e tendências	Análise do <i>roadmap</i> dos fabricantes de componentes eletrônicos e busca por soluções em produtos de outras empresas ( <i>benchmarking</i> ).
Identificar o componente e fabricante candidato	Define um componente e seu fabricante possivelmente capaz de solucionar o problema de produto. Este componente/fabricante deve ser coerente com as exigências da empresa em relação a preço, pedido mínimo e quantidade para o pedido econômico.
Avaliar o fabricante	Avalia o fabricante segundo os critérios de controle de processo, armazenamento, ações corretivas e preventivas, rastreabilidade e procedimento de notificação de mudanças.
Avaliar a família do componente	Avalia a família do componente de acordo com os critérios de qualidade do processo de produção (quantidade de refugo), capacidade do processo de produção e dados de testes fornecidos pelo fabricante.
Avaliar o distribuidor	Analisa o distribuidor segundo os critérios de qualidade do serviço de entrega, armazenamento, ações corretivas e preventivas, rastreabilidade e procedimento de notificação de mudança e suporte técnico.
Determinar o ambiente do componente no produto	Cria a representação do produto com a posição do componente e as características do ambiente a sua volta em relação a temperatura, umidade, pressão, etc.
Avaliar o desempenho	Avalia se o componente é capaz de realizar sua função no ambiente do produto.
Avaliar a confiabilidade	Avalia se o componente manterá sua função durante o período especificado nos requisitos do produto.
Avaliar a montagem	Avalia se o produto é capaz de ser produzido com este componente de acordo com os requisitos e restrições do produto.
Avaliar o ciclo de vida	Avalia se há indícios de que o componente se torne obsoleto, comprometendo o ciclo de vida do produto.
Monitorar	Gerencia o risco, monitorando constantemente todas as avaliações ao longo do ciclo de vida do produto.

Fonte: Adaptado de Pecht (2004).

Nota-se que tanto nas normas ANSI EIA 4899, IEC TS 62239 e MIL-STD-3018 quanto no método de Jackson *et al.* (1999a) e Pecht (2004) há uma série de características comuns sobre a seleção de componentes eletrônicos, assim como os critérios utilizados. Dentre estas características, destacam-se:

- Separação entre a avaliação do componente propriamente dito e a avaliação do mesmo no ambiente do produto;
- Preocupação com a avaliação dos participantes da cadeia de valor, principalmente, com o fabricante e o distribuidor;
- Foco na relação entre o ciclo de vida do produto e o ciclo de vida do componente;
- Preocupação com a compatibilidade do componente e a capacidade técnica de produção da empresa.

Estas características complementam as apresentadas na seção 2.3, sobre a atividade de seleção de componentes eletrônicos nos modelos de referência do PDP. Enquanto que, nos modelos de referência, classificam-se os componentes como alto e baixo valor agregado, nos métodos de seleção e gestão de componentes todos os componentes são avaliados do mesmo modo: dentro e fora do ambiente do produto. Além disso, a preocupação com a montagem do produto e com o relacionamento com fornecedores também é um fator comum. Portanto, com base na fundamentação teórica realizada, propõe-se no Quadro 3.4 uma lista com oito critérios considerados mais relevantes e que serão utilizados nesta pesquisa. Estes critérios foram divididos em dois grupos principais denominados **componente** e **aplicação**.

Quadro 3.4 – Critérios de seleção de componentes eletrônicos.

Grupo	Critério	Descrição
Componente	Fabricante	Sistema de gestão da qualidade, controle de processo e histórico do fabricante.
	Distribuidor	Sistema de gestão da qualidade, controle de processo e histórico do distribuidor.
	Família	Capabilidade do processo de produção e dados de testes.
	Acessibilidade a informações	Acessibilidade a <i>datasheet</i> , <i>erratasheets</i> , documentos técnicos e de aplicações, instruções para montagem e avisos de obsolescência ou alterações.
Aplicação	Desempenho	Funcionalidade do componente deve ser atingida da forma esperada no ambiente do produto.
	Confiabilidade	A função do componente deve ser mantida durante o período especificado nos requisitos do produto.
	Montagem	Capacidade de produção com este componente e com os recursos disponíveis na empresa.
	Obsolescência	O componente deve estar disponível e com as funções desejadas durante todo o ciclo de vida do produto.

O **grupo componente** é composto pelos critérios de avaliação do componente sem levar em consideração o ambiente do produto. De forma análoga, o **grupo aplicação** é composto pelos

critérios de avaliação que consideram o ambiente do produto. A distinção entre componentes de alto valor agregado e baixo valor agregado serve apenas como uma classificação inicial antes de avaliá-lo. Portanto, os critérios para seleção de um componente são os mesmos independente de sua classificação, o que pode variar é o quão importante é cada critério para cada classificação nas organizações. As próximas seções realizarão um detalhamento de cada critério.

### 3.2 Seleção do componente fora do ambiente do produto

A seleção do componente sem considerar o ambiente do produto engloba a avaliação do fabricante, distribuidor, família e acessibilidade a informações do componente. Este conjunto de avaliações podem ser definidos como um processo em que as entradas são informações específicas de um componente possivelmente capaz de solucionar uma função do produto e as saídas são informações que permitem que o componente avance ou não para a próxima fase: a avaliação do componente no ambiente do produto (Jackson *et al*, 1999a). A Figura 3.2 apresenta este processo.

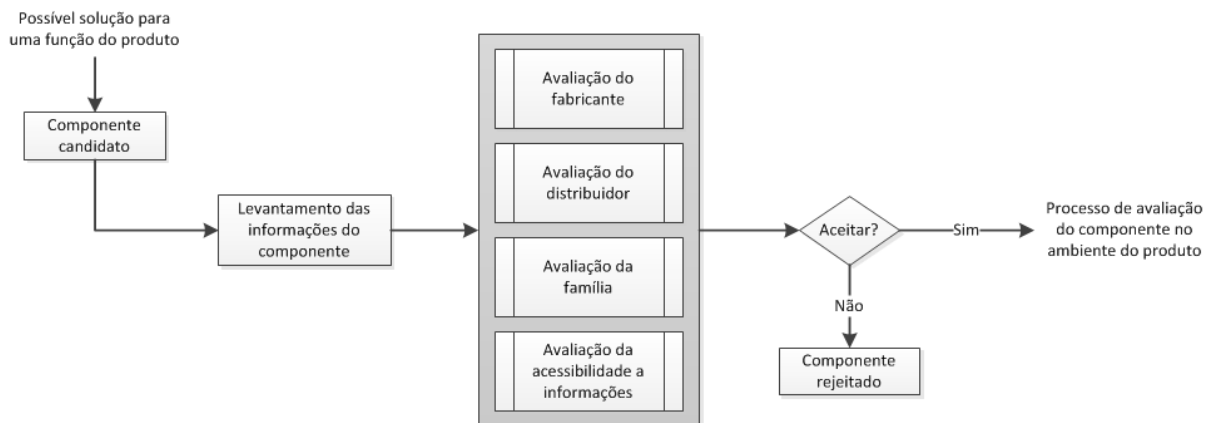


Figura 3.2 – Processo de avaliação do componente fora do ambiente do produto.

Fonte: adaptado de Jackson *et al.* (1999a).

Para que um componente seja aceito, deve-se cumprir uma meta mínima estipulada pela organização para cada critério. Um componente que não atinje a meta é considerado rejeitado. A solução neste caso seria encontrar um componente alternativo ou realizar o procedimento de intervenção junto ao agente da cadeia de valor responsável pela meta não cumprida (PECHT, 2004). Esta atividade não será tratada pois não pertence ao escopo desta pesquisa, cujo foco são os critérios de seleção dos componentes, tema das próximas subseções.



### 3.2.1 Avaliação do fabricante

As práticas e políticas internas dos fabricantes de componentes eletrônicos que integram um produto afetam diretamente a sua qualidade e integridade (JACKSON *et al.*, 1999b). Esta relação é corroborada por Banc, Guinet & Doche (2012) e Challa, Rundle & Petch (2013), que exemplificam casos em que alguns fatores no processo de fabricação do componente são motivos causadores de falha no produto final. As características dos fabricantes de componentes eletrônicos também podem afetar o tempo e o custo dado desenvolvimento do produto, fatores considerados determinantes na indústria eletrônica (HELO, 2004; MCIVOR, HUMPHREYS & CADDEN, 2006).

A avaliação do fabricante de componentes eletrônicos é uma atividade presente tanto nas normas ANSI EIA 4899, IEC/TS 62239 e MIL-STD-3018, quanto no método de seleção e gestão de componentes descrito por Pecht (2004). A qualificação do fabricante é realizada por meio de categorias. O Quadro 3.5 apresenta estas categorias relacionando-as com suas características esperadas.

Quadro 3.5 – Categorias para avaliação do fabricante de componentes eletrônicos.

<b>Categoria de avaliação</b>	<b>Característica ideal</b>
Controle do processo	Possui controle estatístico de processo documentado, em uso e de conhecimento pleno dos colaboradores da organização.
Controle de armazenamento, manuseio e transporte	Uso contínuo de procedimentos documentados para armazenamento, manuseio e transporte de componentes a fim de prevenir a ocorrência de danos ou sua deterioração.
Ações corretivas e preventivas	Aplicação de procedimentos documentados para ações corretivas e preventivas visando a melhoria contínua e a identificação e eliminação de causas de não conformidades.
Rastreabilidade do componente	Os componentes devem ser rastreáveis por toda a produção, transporte e fornecedores por meio de processos documentados e de conhecimento de toda cadeia de valor.
Procedimento de notificação de mudanças	Possui procedimento documentado para divulgação prévia a todos os principais usuários e distribuidores a respeito de alterações em componentes eletrônicos e seus possíveis impactos no uso.

Fonte: Adaptado de Jackson *et al.* (1999b), Syrus, Pecht & Uppalapati (2001b) e GEIA (2002).

A avaliação do fabricante depende da disponibilização de suas informações. Por meio de um estudo de casos múltiplos, Jackson *et al.* (1999b) analisaram o esforço para coleta destas informações junto a 14 fabricantes de componentes eletrônicos norte-americanos. Dentre seus resultados, destacam-se a dificuldade do acesso ao canal de informações e demora na disponibilidade dos documentos (até 10 semanas em alguns casos). Entretanto, é possível que estas dificuldades sejam diferentes numa nova aplicação da pesquisa, já que as características da indústria eletrônica tem exigido uma comunicação melhor entre seus participantes (EPPINGER & CHITKARA, 2009). Comunicação esta que pode ser relacionada com a

participação da empresa desenvolvedora nas vendas do fabricante. Pequenas empresas ou empresas que trabalham com pouco volume tem mais dificuldade em obter atenção dos fabricantes de componentes eletrônicos (DOMBROWSKI, WREHDE, & SCHULZE, 2007; BANC, GUINET & DOCHE, 2012).

Syrus, Pecht & Uppalapati (2001b) também realizaram um estudo de casos múltiplos com a mesma população, mas numa amostra maior: 36 fabricantes. O objetivo da pesquisa era avaliar se estes fabricantes possuíam as características ideais dentro das categorias de avaliação. O resultado mostrou que 12 dos 36 fabricantes deixaram de satisfazer ao menos uma das categorias de avaliação, sendo que 9 apresentaram nenhuma das características ideais. Os autores ainda enfatizam a importância de se identificar o local de fabricação, argumentando que um mesmo fabricante possui diferentes locais de fabricação com diferentes sistemas e políticas de qualidade. Seus resultados podem ser considerados desatualizados, mas sua contribuição ainda é importante, pois apresenta os fabricantes que ainda atuam na área e, na época, já respeitavam todos os aspectos desejáveis.

Uma característica importante das categorias de avaliação explicitadas no Quadro 3.5 é que estas seguem conceitos conhecidos de sistemas de gestão da qualidade como ISO 9000, ANSI/ASQC Q90, QS9000, AS 9000 e TL 9000 (PECHT, 2004). Portanto, ser certificado, apesar de não ser uma premissa, é vantajoso para o fabricante no contexto da avaliação.

### **3.2.2 Avaliação do distribuidor**

Muitos riscos são apontados na literatura quando não se avalia um distribuidor. Foucher *et al.* (1998) afirmam que se o distribuidor não manuseia, transporta ou armazena o componente da forma correta, o mesmo pode sofrer dano ou deterioração, comprometendo severamente a qualidade e integridade asseguradas pelo fabricante. Murray *et al.* (2002) e Torresen & Lovland (2007) argumentam que o distribuidor é um forte canal de informação para os fabricantes, assim sendo, avisos de alterações ou obsolescência dos componentes poderiam ser comprometidos ou chegariam tarde demais aos clientes finais caso o distribuidor não corresponda as expectativas necessárias.

Existem diferentes tipos de distribuidores que intermediam os fabricantes de componentes eletrônicos e os usuários finais, sejam eles desenvolvedores ou montadores de produtos eletrônicos (HELO, 2004). O Quadro 3.6 descreve estas classificações. Os distribuidores, além de fornecerem os componentes, são os maiores clientes dos fabricantes e tem realizado funções importantes, tais como: suporte técnico; levantamento de demandas; avaliação de

soldabilidade; notificação aos clientes sobre alterações e avisos de obsolescência; entre outros serviços que agregam valor ao produto fornecido (PECHT, 2004).

Quadro 3.6 – Tipos de distribuidores de componentes eletrônicos.

Tipo de distribuidor	Descrição
Autorizados de linha ampla	Fornecedores de um grande número de fabricantes e de uma vasta gama de produtos diferentes. São autorizados e treinados pelos fabricantes e, normalmente, são capazes de fornecer todos os componentes do <i>Bill Of Materials</i> (BOM) de um produto.
Autorizados especialistas	Fornecedores especialistas em uma linha específica de componentes. São autorizados e amplamente treinados pelos fabricantes, proporcionando um suporte técnico e, conseqüentemente, maior envolvimento durante o desenvolvimento do produto.
Independentes (ou <i>brokers</i> )	Fornecedores não autorizados de componentes de qualquer linha e fabricante. Seus principais diferenciais estão em auxiliar seus clientes fornecendo componentes obsoletos ou difíceis de se encontrar ( <i>hard-to-find</i> ).

Fonte: Adaptado de Pecht (2004).

O maior risco durante a avaliação de um distribuidor é de se adquirir componentes falsificados. As conseqüências, neste caso, são: ciclo de vida do componente menor; alto índice de componentes com não conformidades; e não existência de suporte ou análise de modo de falhas pelo fabricante (CHATTERJEE & DAS, 2007; SOOD, DAS & PECHT, 2011). Ao mesmo tempo, Pecht & Tiku (2006), Livingston (2007) e Ojo (2010) apontam que a quantidade de componentes falsificados no mercado tem crescido exponencialmente e que o principal canal são distribuidores independentes de componentes fabricados em economias emergentes, onde o crescimento da infraestrutura tem sido muito maior que o das políticas anti-falsificação. Sendo assim, a maneira mais segura de se evitar a aquisição de componentes falsificados seria por meio de distribuidores autorizados.

Em casos em que a única fonte de fornecimento do componente é por meio de distribuidores independentes, as normas JEDEC *Standard* JESD31, *General Requirements for Distributors of Commercial and Military Semiconductor Devices* (Requisitos Gerais para Distribuidores de Componentes Semicondutores Comerciais e Militares) e IDEA-STD-1010-B, *Acceptability of Electronic Components Distributed in the Open Market* (Aceitabilidade de Componentes Eletrônicos Distribuídos no Mercado Aberto) possuem métodos que auxiliam o usuário final a detectar componentes falsificados (LIVINGSTON, 2007; SOOD, DAS & PECHT, 2011).

Entretanto, Stradley & Karraker (2006) afirmam que os riscos envolvidos na aquisição de componentes com distribuidores independentes não se limitam a aquisição de componentes falsificados. Segundo os autores, distribuidores independentes possuem maiores chances de falhar nos seguintes critérios: qualidade no serviço de entrega; controle de processo; controle de manuseio, armazenamento e transporte; ações corretivas e preventivas; rastreabilidade; e serviços de apoio ao cliente. Tais critérios são semelhantes às categorias de avaliação de

distribuidores de componentes eletrônicos, definidos por Pecht (2004) e pelas normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 (GEIA 2002). O Quadro 3.7 apresenta estas categorias.

Quadro 3.7 – Categorias para avaliação do distribuidor de componentes eletrônicos.

<b>Categoria de avaliação</b>	<b>Característica ideal</b>
Qualidade do serviço de entrega	Possui metodologia documentada para medição e melhoria da precisão do prazo e pedido e na aceleração de fluxo de informações entre fabricante e cliente final.
Controle do processo	Possui controle estatístico de processo documentado, em uso e de conhecimento pleno dos colaboradores da organização.
Controle de armazenamento, manuseio e transporte	Uso contínuo de procedimentos documentados para armazenamento, manuseio e transporte de componentes a fim de prevenir a ocorrência de danos ou sua deterioração.
Ações corretivas e preventivas	Aplicação de procedimentos documentados para ações corretivas e preventivas visando a melhoria contínua e a identificação e eliminação de causas de não conformidades.
Rastreabilidade do componente	Os componentes devem ser rastreáveis desde a entrega pelo fabricante até o fornecimento ao cliente final por meio de processos documentados.
Atendimento e suporte ao cliente	Possui serviço de atendimento e suporte ao cliente disponíveis, além de fornecer soluções em potencial para os requisitos do cliente. Os procedimentos para estas ações devem estar documentados.

Fonte: Adaptado de GEIA (2002) e Pecht (2004).

Nota-se que, assim como nas categorias de avaliação de fabricantes de componentes eletrônicos explicitados no Quadro 3.5, estas também seguem conceitos conhecidos de sistemas de gestão da qualidade (PECHT, 2004). E, por isso, assim como para os fabricantes, no contexto da avaliação, ser certificado é vantajoso para o distribuidor.

### **3.2.3 Avaliação da família do componente**

Mesmo com a validação das práticas e políticas dos fabricantes e distribuidores, as características de um componente podem afetar sua aceitação durante o processo de avaliação fora do ambiente do produto. Isso ocorre, principalmente, devido à alta complexidade do processo de fabricação, em especial, de semicondutores (ÇATAY, ERENGÜÇ & VAKHARIA, 2003; VOCK *et al.*, 2012). Neste contexto, o usuário final do componente deve ficar atento ao seu procedimento de qualificação, que é a demonstração de que o mesmo é capaz de atingir as especificações nominais definidas pelo fabricante (CHALLA, RUNDLE & PETCH, 2013).

Existem inúmeras normas e procedimentos que tratam da qualificação de componentes eletrônicos (DOD, 1995; DOD, 1997; STACK, 1999; JEDEC, 2009; AEC, 2005; AEC, 2007a; AEC, 2010). O setor automotivo, por exemplo, por meio do AEC, ou *Automotive*

*Electronics Council* (Conselho de Eletrônica Automotiva), explicitou estes procedimentos dividindo-os em três categorias: componentes passivos (AEC-Q200), circuitos integrados (AEC-Q100) e semicondutores discretos (AEC-Q101). Sendo que os procedimentos são realizados e disponibilizados por seus próprios fabricantes (MÜLLER *et al.* 2011). Entretanto, devido ao grande número de componentes, as qualificações são realizadas em grupos. Estes grupos, também conhecidos como famílias, são formados por conjuntos de componentes que possuem características em comum, incluindo mesmo processo de fabricação, formato e tipo de montagem (SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a). O Quadro 3.8 apresenta as características que são similares dentro de uma mesma família.

Quadro 3.8 – Características similares em uma família de componentes

Tipo de componente	Características	Exemplos
Passivos	Sub-tipo	Capacitores, indutores, resistores, cristais, transformadores, etc.
	Material/Sub-montagem	Eletrolíticos em alumínio, <i>thin film</i> , ferrite, cerâmicos, etc.
	Package (formato)	<i>Surface</i> (SMD), <i>chassis</i> , <i>through hole</i> , etc.
Circuitos integrados (CIs)	Sub-tipo	Memórias, circuitos lógicos, controladores, conversores, etc.
	Tecnologia	CMOS, NMOS, Bipolar, etc.
	Processo de fabricação	Litografia, deposição, oxidação, difusão, etc.
	Package (formato)	DIP, SOIC, PLCC, QFP, PGA, PBGA, etc.
	Tipo de acabamento	<i>Leadframe</i> interno ou externo, fios de ligação, etc.
Semicondutores discretos	Sub-tipo	Diodos, transistores, retificadores, TVS, LEDs, etc.
	Tecnologia	IGBT, <i>power MOS</i> , <i>power Bipolar</i> , ópticos, etc.
	Processo de fabricação	Dopagem por antimônio ou boro, difusão, oxidação, etc.
	Package (formato)	TO-220, SOT-23, D0-41, SOIC, etc.
	Tipo de acabamento	<i>Leadframe</i> interno ou externo, fios de ligação, etc.

Fonte: Adaptado de (AEC, 2005; AEC, 2007a; AEC, 2010).

Outra premissa é o local de fabricação ou de acabamento. Componentes que passaram por algum processo de fabricação em locais diferentes não fazem parte da mesma família independente de suas características técnicas, consequentemente, devem ser qualificados separadamente (AEC, 2005; AEC, 2007a; JEDEC, 2009; AEC, 2010).

Syrus, Pecht & Humphrey (2001a) apontaram três elementos cruciais para a avaliação da família do componente: qualidade, integridade e orientações de montagem. Os autores

realizaram um estudo de casos múltiplos avaliando 113 componentes eletrônicos divididos em 68 famílias, sendo que 17 foram rejeitados no quesito qualidade, 26 no quesito integridade e 9 no quesito orientações de montagem. As orientações de montagem serão consideradas nesta pesquisa dentro do critério de avaliação de riqueza de informações, na seção 3.1.4. Portanto, considera-se, neste estudo, apenas a qualidade e a integridade como elementos chave da avaliação da família do componente.

A qualidade é avaliada por meio da quantidade média de componentes com não conformidades (AOQ) e do índice de capacidade do processo ( $C_{pk}$ ), enquanto a integridade é avaliada por meio de testes de monitoramento (STACK, 1999; SYRUS, PECHT & UPPALAPATI, 2001b; GEIA, 2002). O AOQ é definido como a relação média de não conformidades em um lote e, normalmente, sua unidade é dada em partes por milhão (ppm), que expressa a quantidade média de componentes não conformes em um universo de um milhão de componentes (JEDEC, 2008a). O  $C_{pk}$  é um índice que mede a capacidade de um processo de fabricação produzir um componente dentro das especificações definidas, sua unidade é dada em quantidade de desvios padrões em torno da média aferida (GEIA, 2006). Os testes de monitoramento são, em sua maioria, testes destrutivos realizados periodicamente e servem para averiguar se os limites de operação do componente são mantidos. Existem alguns tipos de testes de monitoramento, como: armazenamento em alta temperatura (HTS); vida útil em alta temperatura (HTOL); viés de temperatura e humidade (THB); choque térmico (TS); e vida útil em baixa temperatura (LTOL) (AEC, 2006). Portanto, a qualificação da qualidade e integridade da família do componente pode ser dividida em três categorias de avaliação, apresentadas no Quadro 3.9.

Quadro 3.9 – Categorias para avaliação da família de componentes eletrônicos.

<b>Categoria de avaliação</b>	<b>Característica ideal</b>
AOQ	Possui medição contínua e documentada lote a lote. Syrus, Pecht & Uppalapati (2001b) afirma que o AOQ aceitável deve estar abaixo de 2700 ppm e um valor excelente seria menor que 63 ppm. Já a norma STACK 0001 aceita AOQ máximo em 200 ppm.
$C_{pk}$	Possui medição sobre todos os processos produtivos e de forma documentada. Syrus, Pecht & Uppalapati (2001b) aceita valores a partir de 1,00 e caracteriza como excelente acima de 1,67. O guia AEC-Q004 sugere que o índice seja mantido acima de 1,33.
Testes de monitoramento	Testes periódicos são realizados e documentados em detalhes sem apresentar defeitos válidos.

Fonte: Adaptado de Syrus, Pecht & Uppalapati (2001b).

Não se deve estipular um valor específico mínimo ou máximo para as categorias de avaliação, pois cada aplicação ou organização que usa determinada família de componentes necessita de

parâmetros e tolerâncias diferentes (GILBERT, BELL & JOHNSON, 2005). Além disso, é comum que valores limites sejam estipulados levando-se em conta que a distribuição destes índices possui formato gaussiano, ou seja, são distribuições normais, o que pode não ser verdade. Por isso, guias como o AEC-Q100-009, que tratam sobre a avaliação de distribuições em qualificações de componentes eletrônicos, sugerem que o fabricante apresente o gráfico com sua distribuição e formato (AEC, 2007b). Portanto, quem deve determinar as características ideais para as categorias de avaliação é o usuário final do componente baseado em suas necessidades. Pecht (2004) listou os seguintes fatores que se deve levar em consideração para definir quais valores limites serão estipulados:

- Aplicação: regras mais rígidas devem ser utilizadas em produtos cujos mercados não aceitam falhas, como o aeroespacial e o médico-hospitalar, enquanto regras menos rígidas podem ser utilizadas em aplicações onde as consequências das falhas são menos severas, como brinquedos eletrônicos e vídeo games;
- Testabilidade: podem-se aplicar regras menos rígidas em componentes que podem ser testados de forma mais fácil e barata. Componentes mais difíceis de identificar uma falha devem ser tratados de forma mais rígida;
- Volume de produção: componentes produzidos em larga escala, normalmente, são mais fáceis e baratos de se substituir, permitindo regras menos rígidas.

### **3.2.4 Avaliação da acessibilidade à informações**

O processo de avaliação do componente fora do ambiente do produto depende prioritariamente de informações advindas dos fabricantes e distribuidores de componentes eletrônicos. Por isso, a acessibilidade a estas informações torna-se um critério de avaliação crucial. O caminho da informação entre o fabricante e o usuário final do componente possui uma série de intermediários, o que torna complexo o fluxo de informações na indústria eletrônica (SHUNK *et al.*, 2007). A Figura 3.3 apresenta este fluxo por meio de ligações entre fabricantes e distribuidores de componentes e montadores e desenvolvedores de produtos. Os OEMs, sigla para *Original Equipment Manufacturer* (Fabricante Original do Equipamento), são os selecionadores dos componentes e, em muitos casos, também montam seus produtos, eliminando a necessidade dos montadores.

Linhas tracejadas representam o fluxo de informações que possuem distribuidores independentes como intermediadores, pois podem ser consideradas informações de baixa confiança, já que não foram necessariamente treinados pelos fabricantes (FOUCHER *et al.*, 1998; STRADLEY & KARRAKER, 2006; CHATTERJEE & DAS, 2007).

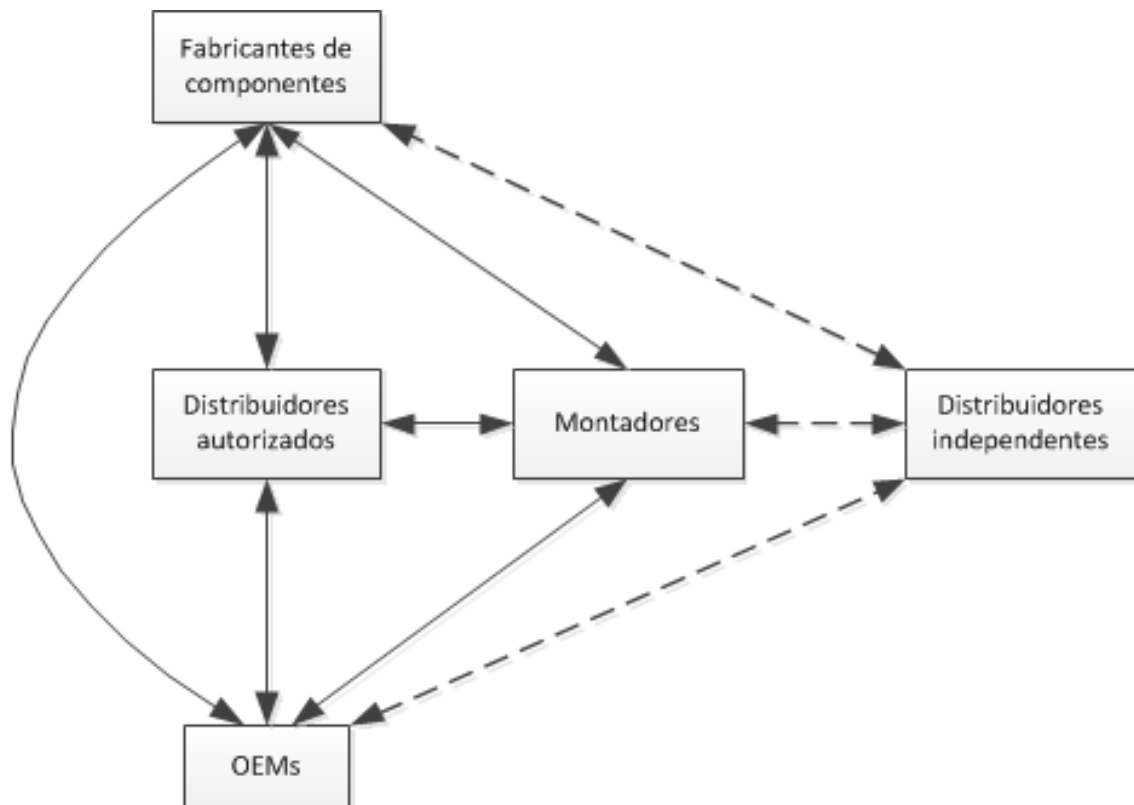


Figura 3.3 – Fluxo de informações na indústria eletrônica.  
 Fonte: adaptado de Murray *et al.* (2002).

Do ponto de vista do fabricante, as informações que ele disponibiliza, além de serem documentos técnicos, servem também como divulgação e oportunidades de negócio (PECHT, 2004). Em outras palavras, na indústria eletrônica, um importante diferencial dos fabricantes e distribuidores é a disponibilização de informações de boa qualidade. Já do ponto de vista do desenvolvedor, a facilidade de acesso a estas informações facilita a seleção do componente e sua utilização durante o desenvolvimento do produto.

As normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 descrevem que o plano para gestão de componentes eletrônicos (ECMP) deve contemplar um sistema para coleta, armazenamento e recuperação de todas as informações relevantes do componente. A norma JESD69B, intitulada *Information Requirements for the Qualification of Silicon Devices* (Requisitos de Informações para a Qualificação de Componentes a base de Silício) lista as informações que os fabricantes e distribuidores devem fornecer aos clientes para a qualificação de seus componentes (JEDEC, 2007). Outras normas, principalmente oriundas da JEDEC - *Jedec Solid State Technology Association* (Associação de Tecnologia de Estado Sólido JEDEC), definem outros tipos de informações relevantes para componentes eletrônicos. O Quadro 3.10 relaciona os tipos de informação, seus principais conteúdos e suas fontes na literatura.



Quadro 3.10 – Informações relevantes de componentes eletrônicos.

Tipo de informação	Conteúdo	Autores ou órgãos normativos
<i>Data Sheet</i>	Identificação do tipo e família do componente; parâmetros e tolerâncias elétricas, térmicas e mecânicas; dimensões mecânicas; identificação dos terminais e conexões; material de composição.	DAS <i>et al.</i> , (2000)
Complementações técnicas	Exemplos de uso em aplicações específicas ( <i>application notes</i> ); guias de uso e montagem ( <i>user guide</i> ); manual de programação ( <i>programming guide</i> ); correções de documentos ( <i>errata sheets</i> )	DAS <i>et al.</i> , (2000)
Fabricação da pastilha	Descrição do processo de fabricação da pastilha do semicondutor; identificação detalhada do local de fabricação; composição da pastilha; proteção da pastilha.	JEDEC (2007)
Acabamento do componente	Descrição do processo de acabamento do componente; identificação detalhada do local de acabamento; material utilizado; conexões utilizadas.	JEDEC (2007)
Qualificação	Dados dos testes de qualificação do componente; identificação do local e organização responsável pela qualificação; relatórios e resultados dos testes de qualificação.	JEDEC (2007) e GEIA (2002)
Garantia da qualidade	Dados do controle estatístico do processo de fabricação; quantidade média de componentes não conformes; relatórios de testes de monitoramento.	GEIA (2002)
Notificação de alteração	Identificação da alteração; descrição dos impactos desta alteração no uso do componente.	JEDEC (2011a)
Aviso de obsolescência	Descrição do motivo e prazo para descontinuação da comercialização e suporte do componente.	JEDEC (2011b)

Das *et al.* (2000) afirmam que as informações providas pelos fabricantes e distribuidores apenas são úteis se estiverem claras e forem interpretadas da maneira correta, recomendando que as organizações se atentem as suas definições e investiguem a validade das informações se necessário. Murray *et al.* (2002) levantam a necessidade das organizações ficarem atentas às notificações de alteração do componente, argumentando que as mesmas devem se preparar para receber e tomar as ações necessárias em tempo suficiente. Torresen & Lovland (2007) sugerem que a mesma atenção seja dada aos avisos de obsolescência, pois, normalmente, exigem alterações drásticas nos produtos finais.

Neste contexto, a organização deve se preparar para seleção de componentes cujas informações estejam claras, completas, confiáveis, atualizadas e disponibilizadas em tempo hábil. Estas são as características ideais esperadas na acessibilidade às informações. Cabe a estas organizações identificar quais informações são necessárias e o nível de rigidez a ser tomado para cada tipo de informação.

### 3.3 Seleção do componente no ambiente do produto

Muitas vezes, as condições de uso de um componente eletrônico são desconhecidas pelo seu fabricante ou distribuidor, como resultado, é praticamente impossível que sejam qualificados para todos os ambientes em que serão utilizados (JEDEC, 2008a; CHALLA, RUNDLE & PETCH, 2013). Tais condições de uso podem afetar a funcionalidade, confiabilidade e durabilidade do componente, devendo assim ser consideradas durante a seleção de componentes (WANG, AZARIAN & PECHE, 2008; ZHANG *et al.*, 2013).

Para se avaliar os critérios de seleção no ambiente do produto é necessário realizar uma previsão de quais são suas características e por quanto tempo o componente ficará exposto ao mesmo. Pecht (2004) define este conceito como LCEP - *Life Cycle Environment Profile* (Perfil Ambiental do Ciclo de Vida). O LCEP compreende as condições que o componente enfrentará desde sua chegada à organização até o fim de vida de seu produto final. Durante este período o componente passará diferentes condições ambientais, como: vibração, temperatura, pressão, impactos, humidade, poeira, fungos, radiação e contaminação química (GEIA, 2002; IEEE, 2013).

A norma JESD94A, que tem como objetivo apresentar um método para a qualificação de produtos eletrônicos baseado nas previsões de suas condições de uso, afirma que, para isso, é necessário identificar o ambiente, o tempo de uso e as condições de fabricação, transporte e armazenamento do produto (JEDEC, 2008b). O Quadro 3.11 lista os fatores que devem ser levados em consideração durante esta identificação.

Quadro 3.11 – Fatores críticos para a identificação do ambiente do produto.

Fatores críticos	Descrição
Tempo ligado	Tempo em que o componente deverá manter suas funcionalidades com o produto ligado.
Tempo desligado	Tempo em que o componente deverá manter suas funcionalidades com o produto desligado.
Tipos de ambiente enfrentados	Diferentes ambientes a serem enfrentados pelo componente durante o uso do produto pelo cliente, sendo os principais a temperatura e a humidade.
Número de ciclos diários em alta potência	Quantidade de vezes por dia o componente passará por alterações extremas da temperatura operacional.
Número de ciclos diários em baixa potência	Quantidade de vezes por dia o componente passará por alterações mínimas da temperatura operacional.
Condições de armazenamento	Temperatura e humidade em que o componente ficará exposto enquanto estiver armazenado.
Condições de transporte	Temperatura, humidade, vibração e impactos que o componente sofrerá durante seu transporte.
Condições de montagem	Temperatura, humidade, vibração e impactos que o componente sofrerá durante a montagem do produto.

Fonte: Adaptado de JEDEC (2008b).

Neste contexto, define-se o processo de seleção do componente no ambiente do produto como um conjunto de atividades cujas entradas são as informações de componentes previamente validados pelo processo de seleção fora do ambiente do produto. Já as saídas são as informações que permitem incluir o componente no BOM do produto. A Figura 3.4 apresenta este processo.

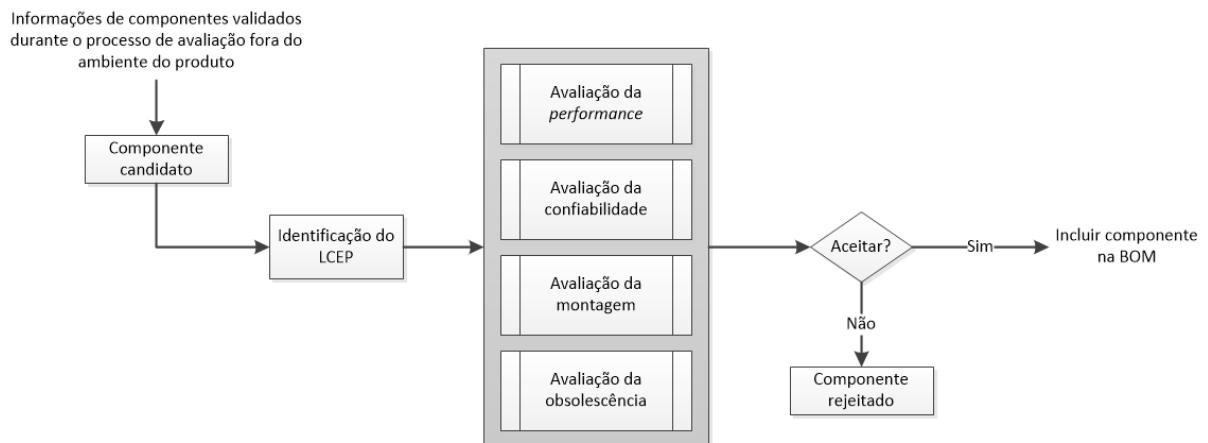


Figura 3.4 – Processo de avaliação do componente no ambiente do produto.  
Fonte: adaptado de Jackson *et al.* (1999a).

Nota-se que a identificação do LCEP é uma premissa para a avaliação dos critérios do grupo aplicação, que são: desempenho, confiabilidade, montagem e obsolescência. Em alguns casos, é necessário que a organização realize testes em campo, simulações em laboratório ou, até mesmo, adquira amostras para identificar as especificidades do LCEP e suas consequências no componente avaliado (PECHT, 2004).

Para que um componente seja aceito, deve-se cumprir uma meta mínima estipulada pela organização para cada critério. Componentes rejeitados exigem que a organização opte entre três opções: buscar por um componente alternativo; alterar as características do produto para que este se adapte aos requisitos do componente; ou avaliar se o componente é capaz de suportar situações além das qualificadas por seus fabricantes por meio de testes internos, numa prática denominada *uprating* (JACKSON *et al.*, 1999a; HUMPHREY *et al.*, 2000; SINGH *et al.*, 2004; PECHT & HUMPHREY, 2006). O foco desta pesquisa está no detalhamento dos critérios de seleção, tema das próximas subseções.

### 3.3.1 Avaliação do desempenho

O objetivo da avaliação do desempenho é identificar a capacidade do componente desempenhar uma determinada função dentro das características do LCEP (PECHT, 2004). As normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 definem esta atividade como processo de

garantia da aplicação do componente, exigindo que organizações certificadas validem o componente dentro das categorias apresentadas no Quadro 3.12 (GEIA, 2002).

Quadro 3.12 – Categorias do processo de garantia da aplicação do componente nas normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239.

<b>Categoria</b>	<b>Exigências de validação</b>
Funcionalidade	O componente desempenha a função interna necessária no produto.
Compatibilidade eletromagnética	O componente possui compatibilidade eletromagnética com o produto.
Análise de <i>stress</i>	As características elétricas recomendadas pelo fabricante do componente estão de acordo com as características do produto.
Análise térmica	As características térmicas recomendadas pelo fabricante do componente estão de acordo com as características do produto.
Análise mecânica	O componente possui compatibilidade mecânica com o produto, incluindo as suas dimensões e a capacidade de suportar as vibrações e impactos esperados para o produto.
Testabilidade e manutenibilidade	As características do componente permitem que se realize procedimentos de teste ou manutenção.

Fonte: Adaptado de GEIA (2002).

Nota-se que há duas características distintas dentro da avaliação do desempenho: funcionalidade e compatibilidade. A funcionalidade assegura a capacidade do componente de desempenhar determinada função independente do ambiente. A compatibilidade garante que o componente está preparado para operar dentro das especificidades do LCEP. Para identificar a funcionalidade e compatibilidade do componente, Das *et al.* (2000) e Pecht (2004) sugerem o uso dos *data sheets* e outros documentos técnicos disponibilizadas pelo fabricante, como *application notes* e *user guides*.

Existem normas que especificam os conteúdos que os fabricantes devem explicitar nestes documentos, são exemplos: IEC Standard 747-1 (*Semiconductor Devices – Discrete Devices and Integrated Circuits*), JESD76 (*Description of 1.8V CMOS Logic Devices*), JESD65B (*Definition of Skew Specifications for Standard Logic Devices*) e JESD73 (*Description of 5V Bus Switch Devices with TTL*) (IEC, 1983; JEDEC, 1999; JEDEC, 2000; JEDEC, 2003).

A funcionalidade é apresentada por meio de gráficos, textos descritivos e exemplos de esquemáticos e aplicações, enquanto a compatibilidade pode ser averiguada por meio de tabelas que apresentam os parâmetros de uso do componente (DAS *et al.*, 2000). Normalmente, estes parâmetros estão divididos em dois grupos principais: valores máximos e valores recomendados. Os valores máximos apresentam os limites de uso em que o fabricante não garante o funcionamento do componente, enquanto os valores recomendados são aqueles

em que o fabricante garante seu pleno funcionamento (JEDEC, 2012a). O Quadro 3.13 apresenta os principais tipos de parâmetros utilizados tanto em tabelas de valores máximos quanto de valores recomendados.

Quadro 3.13 – Tipos de parâmetros encontrados em *data sheets*.

Tipos de parâmetros	Exemplos
Características elétricas	Tensão de alimentação, tensão de interface, frequência de leitura, consumo de corrente, capacitância e impedância em entradas e saídas etc,
Temperatura	Temperatura de junção, temperatura de soldagem, temperatura de armazenamento, temperatura de ambiente, etc.
Dissipação de calor	Resistência térmica entre componente e ambiente, resistência térmica entre junção e exterior do componente, potência de dissipação, etc.
Outros	Índice de proteção eletrostática, acelerações suportadas, etc.

Fonte: Adaptado de Das *et al.* (2000) e JEDEC (2012a).

Alguns fabricantes, como a *Texas Instruments*, tem disponibilizado aplicativos em que o usuário informa o tipo de função desejada e as características do LCEP e, em seguida, recebe sugestões de componentes cujos valores recomendados estão em conformidade com suas necessidades (TI, 2013). Outra prática comum é a divulgação de guias para seleção de componentes (*selection guides*) em uma determinada família. Estes documentos expõem um grande conjunto de dados contendo a relação entre componentes e seus valores máximos e recomendados (AD, 2012; ST, 2012; MICROCHIP, 2013; NXP, 2013).

Portanto, o uso e a interpretação de *data sheets* e outros documentos técnicos disponibilizados pelos fabricantes são, muitas vezes, suficientes para a avaliação do desempenho do componente. Entretanto, em alguns casos, especialmente quando o LCEP exige o uso do componente próximo ou além dos valores recomendados, mostra-se necessário adquirir o mesmo para realização de testes (WANG, AZARIAN & PECHT, 2008).

### 3.3.2 Avaliação da confiabilidade

A avaliação da confiabilidade visa identificar a capacidade do componente desempenhar suas funções por todo o período previsto, como tempo de vida do produto nas características do LCEP (JACKSON *et al.*, 1999a; BAILEY *et al.*, 2008). Desta forma, um produto confiável tem menos probabilidade de falhar em campo, o que é visto como um fator crucial na indústria eletrônica (HERTL, WEIDMANN & LECOMTE, 2009). Para JEDEC (2012b), falha é definida como a perda da habilidade de um componente em atender o desempenho elétrico ou físico ao qual foi designado. Goel & Graves (2006), Acevedo, Jackson & Kotlowitz (2006) e Bailey *et al.* (2008), relatam que o comportamento da taxa de falhas de um

produto eletrônico durante seu ciclo de vida obedece um padrão denominado curva em formato banheira, ou *bathhtub curve*. A Figura 3.5 ilustra este comportamento.

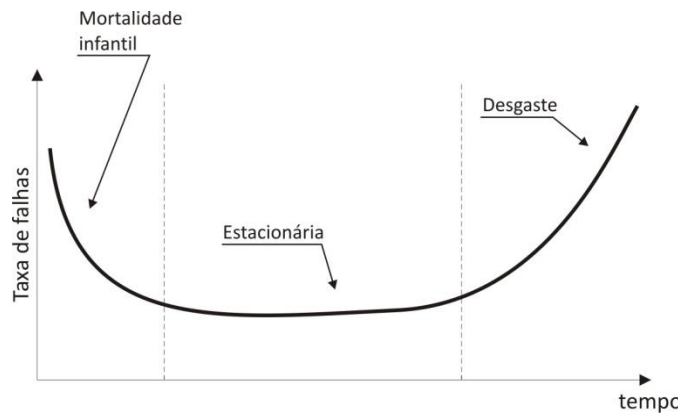


Figura 3.5 – Comportamento da taxa de falhas durante o ciclo de vida do produto.  
Fonte: Goel & Graves (2006).

A *bathhtub curve* é formada por três regiões. A primeira, denominada de mortalidade infantil, é caracterizada por uma alta taxa de falhas que decresce com o tempo. Existem dois tipos de falhas nesta região: patente e latente. As falhas patentes são formadas, basicamente, por erros no processo produtivo e são facilmente detectáveis. Já as falhas latentes são inerentes ao produto e difíceis de detectar, como descargas eletrostáticas não previstas, falhas em soldas ou contaminação de componentes (ACEVEDO, JACKSON & KOTLOWITZ, 2006). A segunda região, denominada estacionária, é constituída por falhas que ocorrem aleatoriamente e de maneira constante. E a terceira região, denominada desgaste, é formada por um aumento contínuo da taxa de falhas, cujos principais motivos são o desgaste e a fadiga, marcando o fim de vida do produto (BAILEY *et al.*, 2008).

Segundo Qi, Ganesan & Pecht (2008), existem ainda dois tipos de falhas comuns em produtos eletrônicos: as intermitentes e as denominadas NFFs, ou *No-Fault-Found* (Nenhuma Falha Encontrada). Falhas intermitentes são definidas como a perda de alguma função ou característica do produto apenas durante um período de tempo. NFFs são falhas reportadas pelos usuários do produto, mas que a organização não teve sucesso em replicá-las e, em alguns casos, devolvem o produto ao cliente sem a aplicação de ações corretivas.

Yang & Bernstein (2009) argumentam que, para se atingir um alto nível de confiabilidade, a detecção e a prevenção de falhas devem ser tratados desde as primeiras fases do PDP por meio da utilização do conceito DFR, ou *Design for Reliability* (Desenvolvimento para Confiabilidade), especialmente na seleção de componentes eletrônicos. Entretanto, quanto maior a meta de confiabilidade para o produto, maior o esforço e o custo do seu desenvolvimento (KLEYNER & SANDBORN, 2007). Isto impacta em uma demanda cada

vez mais proeminente em empresas que desenvolvem produtos eletrônicos: a necessidade de componentes mais confiáveis (GOEL & GRAVES, 2006; YANG *et al.* 2011a). Jackson *et al.* (1999a) apresenta um procedimento para a avaliação da confiabilidade de componentes eletrônicos, posteriormente detalhado por Pecht (2004). A Figura 3.6 ilustra como este procedimento pode ser conduzido utilizando os resultados de qualificação do componente, resultados de simulação ou resultados de testes acelerados.

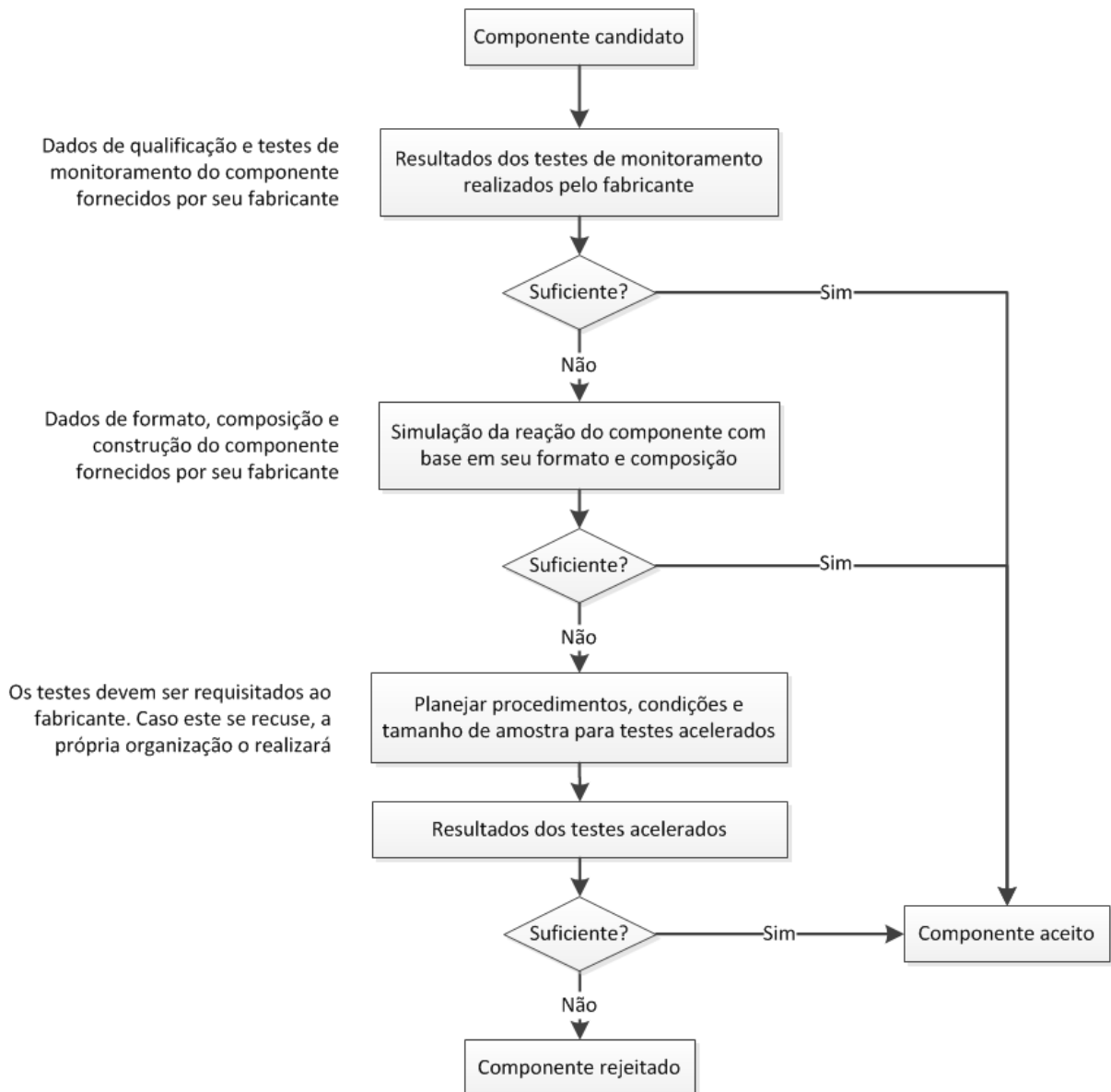


Figura 3.6 – Procedimento para avaliação da confiabilidade do componente no produto.  
Fonte: adaptado de Jackson *et al.* (1999a) e Pecht (2004).

Dado um componente candidato, as características do LCEP e o período previsto como tempo de vida do produto, a organização pode usufruir das informações dos testes de monitoramento fornecidos pelo fabricante. Muitas vezes, estes testes extrapolam o esperado para o produto, sendo assim suficientes para a avaliação (YANG *et al.*, 2011b). Caso estes não tenham sido

disponibilizados ou não tenham sido suficientes, a organização deve requisitar dados de construção, formato e composição do componente, a fim de simular o funcionamento do mesmo em um modelo virtual para averiguar sua reação no ambiente do produto. Challa, Rundle & Petch (2013) também sugerem esta prática durante a qualificação do componente, argumentando ter ótimo custo-benefício. Por fim, caso os resultados da simulação não tenham sido suficientes ou possíveis, a organização deve planejar um teste acelerado e requisitar sua realização ao fabricante de componentes. Caso este se recuse, a própria organização deverá fazê-lo. O teste acelerado é baseado no conceito de que o componente exibirá uma falha em um período curto de tempo se exposto a condições extremas de uso, replicando uma situação possivelmente real em campo (Jackson *et al.*, 1999a).

Outras opções neste caso seriam: procurar por um componente alternativo que respeite alguma das condições supracitadas; alterar as condições do LCEP para que este se adeque aos requisitos do componente; ou aceitar um tempo de vida menor para o produto (PECHT, 2004). Portanto, pode-se dizer que há uma dependência por informações e responsabilidades advindas do fabricante do componente para a avaliação da confiabilidade. Fator corroborado por Yang *et al.* (2011b), que argumentam que os desenvolvedores de produtos costumam transferir a avaliação da confiabilidade do componente para seus fabricantes. Entretanto, Austin *et al.* (2008) alertam que a pressão do mercado na diminuição do tamanho dos componentes tem gerado um efeito negativo em sua confiabilidade, já que seus processos produtivos não tem acompanhado os avanços tecnológicos na mesma velocidade. Neste contexto, pode-se dizer que a organização deve definir um ponto de equilíbrio entre componentes que atendam os requisitos do produto e que, ao mesmo tempo, possuam nível suficiente de confiabilidade.

### **3.3.3 Avaliação da montagem**

Componentes eletrônicos são compostos, normalmente, por uma pastilha (também conhecida como *chip* ou *die*) responsável por realizar sua função e por um encapsulamento (*package*) que protege e permite sua utilização (JEDEC, 2012a). Existe uma infinidade de tipos de *packages* que permitem que um mesmo *chip* possua formatos diferentes (ANDRAE & ANDERSEN, 2011). A norma JESD30F exemplifica estes *packages* alertando para o fato de que cada um possui seus próprios valores máximos e recomendados tanto para uso quanto para montagem (JEDEC, 2013). A Figura 3.7 ilustra alguns destes *packages* e suas denominações.



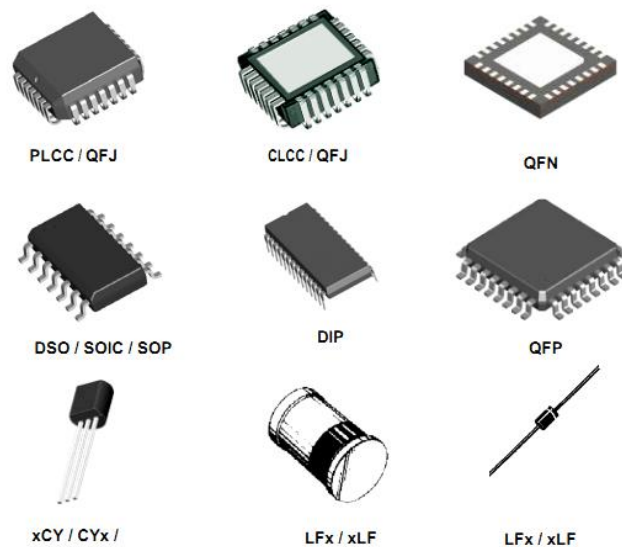


Figura 3.7 – Ilustrações de alguns *packages* básicos e suas denominações.  
Fonte: JEDEC (2013).

As normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239 afirmam que o plano para gestão de componentes eletrônicos (ECMP) deve descrever um processo para a avaliação da compatibilidade entre os processos de montagem da empresa e as especificações de montagem do componente. Neste processo, deve estar explícito como a organização pretende assegurar que o manuseio, transporte, armazenamento, montagem, testes, reparos e retrabalhos do componente dentro da empresa afetarão ou não seu funcionamento no produto final (GEIA, 2002; IEC, 2008).

Jackson *et al.* (1999a) e Pecht (2004) dividem a avaliação da montagem em três categorias: compatibilidade de montagem; compatibilidade de roteamento; e viabilidade de testes e retrabalhos. O Quadro 3.14 apresenta estas categorias e suas descrições.

Quadro 3.14 – Categorias para avaliação da montagem do componente eletrônico.

<b>Categoria de avaliação</b>	<b>Característica ideal</b>
Compatibilidade de montagem	A organização está preparada para o tamanho, formato, método de montagem e localização do componente no produto.
Compatibilidade de roteamento	As características do componente permitem que o mesmo e os demais componentes do produto se interliguem da maneira necessária.
Viabilidade de testes e retrabalhos	Os testes de um componente antes da montagem e o retrabalho do componente após a montagem são viáveis técnica e economicamente.

Fonte: Adaptado de Jackson *et al.* (1999a) e Pecht (2004).

Outros autores apontam fatores importantes da seleção de componentes a fim de manter a qualidade e a eficiência da montagem do produto. Ashmore (2005) sugere que se evite a

utilização de componentes com tamanhos muito discrepantes para um mesmo processo de montagem, argumentando que existem especificações de montagem ótimas para cada tamanho de componente. Khan (2008) ressalta a aplicação do conceito DFA, ou *Design for Assembly* (Desenvolvimento para Montagem), durante a seleção de componentes, principalmente para produtos produzidos em larga escala. Para isso, o autor destaca que se priorize componentes que possuam polaridade claramente identificada, componentes previamente testados em outros produtos e componentes que permitam menos processos de montagem. Para Gausemeier, Dumitrescu & Nordsiek (2011), a comunicação entre o time de desenvolvimento e o setor de montagem da organização deve estar em plena sintonia durante a atividade de seleção de componentes. Yi *et al.* (2012) realizam um estudo de caso em que perdas de componentes foram identificadas durante o processo de montagem devido ao formato do rolo em que o mesmo é entregue pelo fornecedor. Evely, Fukuda & Pecht (2005) atentam para as constantes exigências por produtos eletrônicos sem chumbo (*lead free*). Segundo os autores, normalmente, a soldagem de componentes com e sem chumbo possuem características térmicas diferentes e a inclusão destes dois tipos de componentes num mesmo produto pode inviabilizar seu processo produtivo.

Portanto, diversos fatores devem ser levados em consideração durante a avaliação da montagem do componente. Ainda assim, na maioria dos casos, esta avaliação exige apenas a análise de informações disponibilizadas pelos fabricantes e distribuidores.

### **3.3.4 Avaliação da obsolescência**

A velocidade no aumento das necessidades de usuários de produtos eletrônicos tem estimulado mudanças constantes na oferta de componentes (SOLOMON, SANDBORN & PECHT, 2000). Estas alterações tendem a acompanhar os mercados de maior demanda, como o de computadores, *notebooks*, celulares e outros bens de consumo, enquanto que, mercados com demanda menor, como militar, aeroespacial e, até mesmo o automotivo, podem não ser atrativos o suficiente para os fabricantes de componentes (PECHT & HUMPHREY, 2006; BANC, GUINET & DOCHE, 2012). Como consequência, os ciclos de vida de componentes eletrônicos tem diminuído, em sintonia com os curtos ciclos de vida dos produtos orientados ao consumo (SANDBORN, PRABHAKAR & AHMAD, 2011; WARD & SOHNS, 2011). Neste contexto, a organização deve estar atenta a uma possível diferença entre o ciclo de vida do componente candidato e do produto em desenvolvimento. Esta discrepância é conhecida como incompatibilidade de ciclo de vida (PECHT, 2004; BRADLEY & GUERRERO, 2008).

Um componente eletrônico é dito obsoleto quando não é mais produzido ou está indisponível no mercado (GEIA, 2002). Por meio de um levantamento realizado com empresas norueguesas desenvolvedoras de produtos eletrônicos, Torresen & Lovland (2007) identificaram que, na maioria dos casos, eram necessários menos de 3 anos desde o lançamento do produto até a obsolescência de um ou mais de seus componentes. No mesmo estudo, as regras para seleção de componentes e a acessibilidade a informações foram apontados como fatores mais importantes na redução de problemas com componentes obsoletos.

Rojo, Roy & Shehab (2010) realizaram uma análise bibliográfica a respeito da incompatibilidade do ciclo de vida e concluíram que a maior parte das pesquisas encontradas na literatura foca a obsolescência de componentes eletrônicos e seus impactos, principalmente, em empresas que desenvolvem produtos eletrônicos com ciclos de vida longos. Os autores ainda listaram as três principais abordagens utilizadas para lidar com a questão:

- como reduzir os riscos de uma possível obsolescência de um componente;
- como prever a obsolescência de um componente; e
- como reagir a ocorrência de uma obsolescência

Isto corrobora com as normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239, que afirmam que as organizações devem explicitar exatamente os mesmos itens no plano para gestão de componentes eletrônicos (ECMP), dentro de um processo denominado gestão da obsolescência (GEIA, 2002; IEC, 2008). Desta forma, esta pesquisa considera estes mesmos três itens como categorias de avaliação da obsolescência durante a seleção de componentes. A Figura 3.8 ilustra este processo.

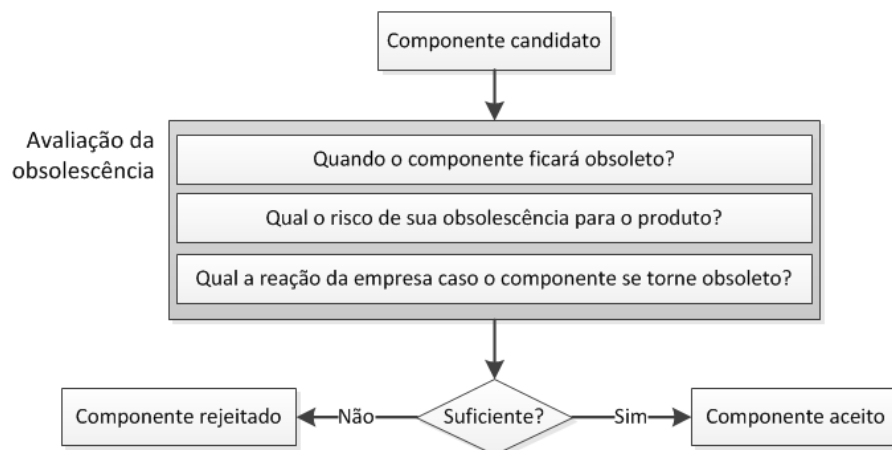


Figura 3.8 – Processo de avaliação da obsolescência.  
Fonte: adaptado de Rojo, Roy & Shehab (2010).

Para Jackson *et al.* (1999a), o objetivo da avaliação da obsolescência é identificar se a incompatibilidade do ciclo de vida é aceitável para a organização, sugerindo que, para isso, se evite a seleção de componentes obsoletos ou com alto risco de obsolescência. Solomon, Sandborn & Pecht (2000), Singh *et al.* (2004), Bradley & Guerrero (2008) e Sandborn, Prabhakar & Ahmad (2011) apresentam modelos e ferramentas que auxiliam a prever quando um componente se tornará obsoleto e qual o risco de seu uso no produto. Pecht & Humphrey (2006) discutem como reagir ao problema substituindo o componente obsoleto por um componente similar fora dos limites recomendados. Outras maneiras de reação a ocorrência de uma obsolescência são encontradas na literatura, como: substituir por um componente alternativo; adquirir por meio de distribuidores independentes; criar um estoque próprio; reprojeter o produto ou simplesmente descontinuí-lo (JACKSON *et al.*, 1999a; BRADLEY & GUERRERO, 2008). Estes fatores devem ser levados em consideração pela empresa durante a avaliação da obsolescência na seleção de componentes. Caso a organização entenda que a incompatibilidade do ciclo de vida é eminente, arriscada e sua solução inaceitável, sugere-se que o componente seja rejeitado.

Esta seção finaliza o detalhamento de cada critério de seleção, na seção 3.3 uma análise bibliométrica sobre o fenômeno de estudo é descrita de forma a embasar a fundamentação teórica.

### **3.4 Análise bibliométrica dos critérios de seleção de componentes eletrônicos**

Uma análise bibliométrica foi realizada com o intuito de verificar a literatura a respeito dos critérios de seleção de componentes eletrônicos. Segundo Araújo (2006), a análise bibliométrica tem por objetivo avaliar a produção científica, por meio de métodos quantitativos, descrevendo aspectos da literatura, pela aplicação de técnicas estatísticas e matemáticas. Inicialmente foi realizada a busca nas bases *IEEE*, *ScienceDirect*, *SCOPUS* e *EMERALD*. As palavras utilizadas na busca foram baseadas nos critérios de seleção de componentes eletrônicos explicitados nas seções anteriores deste trabalho e foram concentradas no título, resumo e palavras-chave dos artigos. Todas as buscas tiveram as palavras “*electronic*” e “*part*” ou “*component*”, isso se fez necessário, pois algumas literaturas se referem a componentes eletrônicos como “*electronic parts*” enquanto outras como “*electronic components*”. Para cada busca foi adicionada uma ou mais palavras que remetesse aos critérios de seleção. As palavras utilizadas foram os termos em inglês para:

fabricante, distribuidor, fornecedores, desempenho, confiabilidade, montagem, ciclo de vida, obsolescência e informação.

Como resultado inicial de busca, foram encontradas, ao todo, 6670 publicações: 411 na base *IEEE*, 40 na base *EMERALD*, 1669 na base *ScienceDirect* e 4550 na base *SCOPUS*. O número excessivo de resultados iniciais se deve ao número de buscas, à repetição de publicações entre as diferentes buscas e à abundância de áreas de conhecimento tratadas, principalmente, nas bases *ScienceDirect* e *SCOPUS*. Após esta busca, foi realizada uma filtragem seletiva por meio da análise da área de conhecimento da publicação e posterior análise do resumo, utilizando como critério a relevância com o tema. Com esta filtragem foram selecionadas 111 publicações, sendo 88 de periódicos e 23 de conferências, congressos ou simpósios. A Figura 3.9 apresenta um gráfico dos artigos selecionados por ano de publicação.

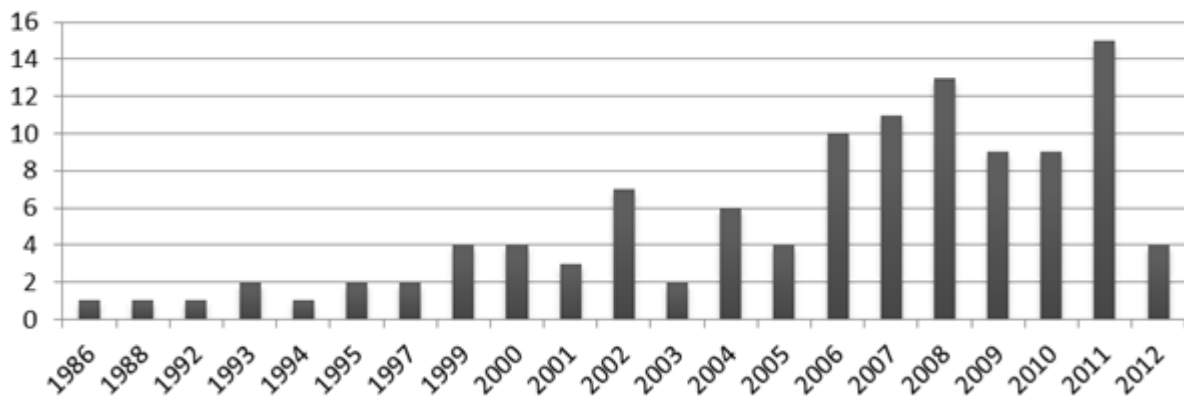


Figura 3.9 – Artigos selecionados por ano de publicação.

Percebe-se um aumento no número de publicações com o tempo, entretanto, não se pode dizer que a relevância do tema cresce no mesmo ritmo, já que este resultado não tem comparação com o a totalidade de artigos oriundos dos periódicos, congressos, conferências ou simpósios onde tais artigos foram publicados.

Ao mesmo tempo, dentre as evidências obtidas com a análise bibliométrica destaca-se a importância do periódico *IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies*, que detém 15 dos 111 artigos selecionados, enquanto o segundo periódico com mais artigos, *Microelectronics Reliability*, possui 7 dos 111 artigos selecionados. Considerando como critério de relevância o número de artigos selecionados nesta análise, tem-se as cinco fontes mais relevantes apresentadas no Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Periódicos relevantes no tema de pesquisa.

Fonte	Número de artigos
<i>IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies</i>	15
<i>Microelectronics Reliability</i>	7
<i>IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing</i>	4
<i>SMT Surface Mount Technology Magazine</i>	3
<i>Quality and Reliability Engineering International</i>	3

Uma das áreas mais importantes da análise bibliométrica é a análise de citações, que permite identificar: autores mais citados; autores mais produtivos; procedência geográfica e/ou institucional dos autores mais influentes em um determinado campo de pesquisa; entre outros (ARAÚJO, 2006). Para realizar a análise de citações foi utilizado o *software sitkis* (SCHILDT, 2005). Com o objetivo de determinar instituições ou os grupos de estudo que mais contribuem com o tema foi realizada uma análise de co-citação. A co-citação ocorre entre duas ou mais publicações quando as mesmas são citadas por uma terceira publicação, o que pode representar uma ligação entre os temas destas publicações. Quando se lista as co-citações presentes num determinado universo de publicações com o mesmo tema central, como as 111 publicações aqui selecionadas, pode-se obter um conjunto de co-citações que representam um grupo de publicações de alta relevância para o tema. Este conjunto pode ser representado por meio de uma rede de co-citações (SCHILDT, ZAHRA & SILLANPAA, 2006).

Após a realização desta análise sobre as 111 publicações selecionadas, obteve-se a rede de co-citações ilustrada na Figura 3.10. Uma publicação é representada por um quadrado com um código que a identifica, uma co-citação é representada por uma linha reta que liga estas publicações e a intensidade desta linha é diretamente proporcional ao número de vezes que estas publicações foram citadas juntas.

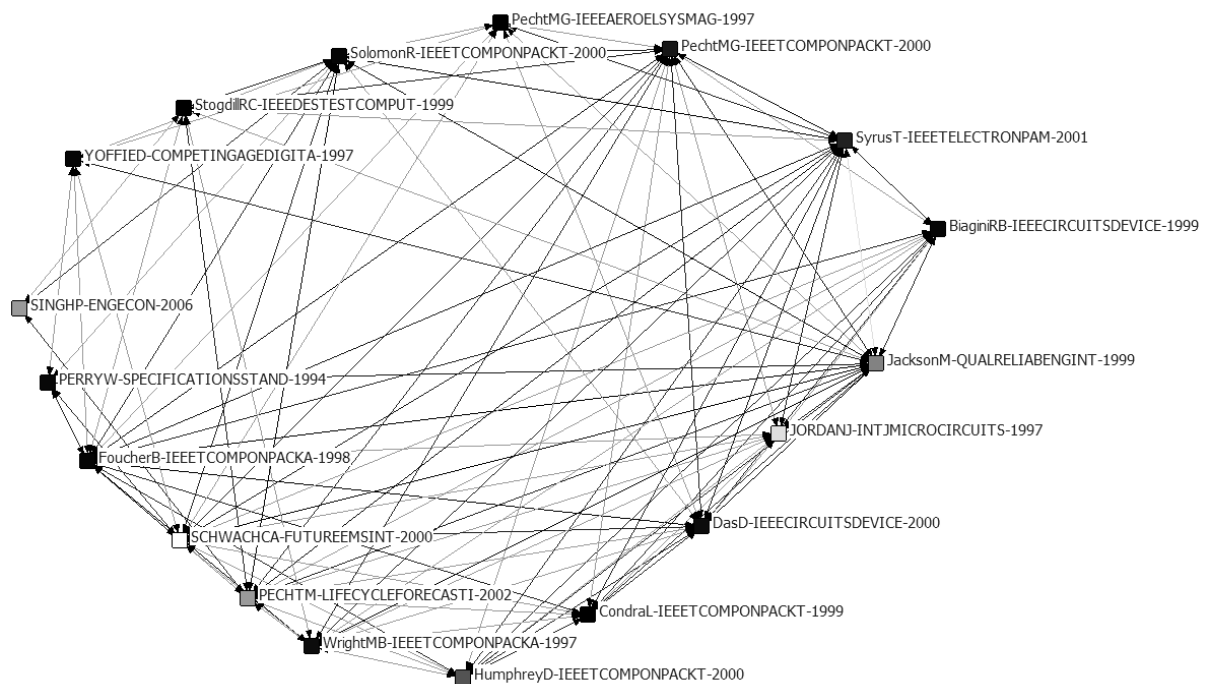


Figura 3.10 – Rede de co-citações dos artigos selecionados.

Analisando-se as publicações destacadas na rede de co-citações tem-se que 14 das 18 publicações tem a participação direta do CALCE, sigla para *Center for Advanced Life Cycle Engineering*, que é um centro de pesquisa localizado na Universidade de *Maryland*. O CALCE é reconhecido mundialmente pelos esforços na pesquisa do tema seleção e gestão de componentes eletrônicos, auxiliando no desenvolvimento de normas, além de ser o primeiro grupo de pesquisa a receber a certificação ISO 9001 (CALCE, 2012). A relevância do CALCE na rede de co-citações dos artigos selecionados evidencia a importância da metodologia de seleção e gestão de componentes eletrônicos apresentado por Jackson *et al.* (1998a), já que esta foi motivada e desenvolvida, principalmente, por pesquisadores do grupo (FOUCHER *et al.*, 1998a; JACKSON *et al.*, 1999a; SYRUS, PECHT & HUMPHREY, 2001a; SYRUS, PECHT & UPPALAPATI, 2001b; PECHT, 2004).

Ao mesmo tempo, percebe-se que o tema é incipiente no Brasil, o que pode ser inferido pela falta publicações brasileiras sobre o tema na busca por meio das bases CAPES, *IEEE*, *ScienceDirect*, *SCOPUS* e *EMERALD* pelos mesmos termos em português. Entretanto, existem aspectos específicos no país que podem atuar de forma relevante nos critérios de seleção de componentes eletrônicos (ABINEE, 2010; BNDES, 2010; PAGAN, SILVA & MELLO, 2011). A seção 3.5 apresentará os aspectos do setor eletrônico no Brasil, com o intuito de avaliar os fatores que podem influenciar os critérios de seleção de componentes com o cenário do país.

### 3.5 Fatores críticos do complexo eletrônico brasileiro

Complexo eletrônico é definido como um conjunto de indústrias que se interpenetram, alicerçadas por uma base técnica comum formada por microeletrônica e *software*. Em tal complexo podem ser identificadas as seguintes indústrias: informática, bens eletrônicos de consumo, equipamentos de telecomunicações, componentes eletrônicos, *software* e serviços associados (BNDES, 2010).

Segundo a OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico), no *ranking* dos 26 maiores fabricantes mundiais de eletrônicos o Brasil ocupa o décimo lugar e obteve a maior taxa de crescimento anual, que chegou a bater a máxima de 27,3% no segmento de processamento de dados (BNDES, 2010). Entretanto, ao se analisar a balança comercial do setor, percebe-se um exorbitante déficit comercial. Enquanto o Brasil exporta 7,7 bilhões de dólares, importa 40,2 bilhões, representando um déficit na balança comercial de 32,5 bilhões de dólares (ABINEE, 2013b). O grande responsável por este déficit é a área de componentes eletrônicos, cujas importações ultrapassaram 22 bilhões de dólares em 2012. Este é o maior fator crítico do complexo eletrônico brasileiro: não há fabricação de componentes eletrônicos em escala no país (BNDES, 2010).

Segundo Livingston (2007), empresas que compram componentes eletrônicos com origem em economias emergentes são mais vulneráveis a adquirirem componentes falsificados. O principal motivo relatado é que, em muitos destes países, o crescimento da infraestrutura e desenvolvimento para produção de componentes não acompanha o crescimento das políticas anti-falsificação. Pecht & Tiku (2006) destacam a China como um dos países mais propícios a esta prática. Ao mesmo tempo, quase 70% dos componentes eletrônicos importados para o Brasil tem origem em países em desenvolvimento, principalmente da China e outros países asiáticos (ABINEE, 2013b). Portanto, o cuidado com a aquisição de componentes eletrônicos falsificados deve ser considerado um fator crítico para as empresas brasileiras.

As indústrias do complexo eletrônico detentoras da maior parte do faturamento total do setor são grandes empresas multinacionais. Devido, principalmente, a abertura da economia no início da década de 90, as dificuldades competitivas destas empresas motivaram investimentos prioritariamente na gestão organizacional, ficando para segundo plano a área de pesquisa e desenvolvimento (P&D) (ABINEE, 2013a). Atualmente, suas atividades praticamente se resumem a reprodução de processos e produtos de grandes multinacionais, realizando montagem de *kits* de componentes importados (BNDES, 2010). Como consequência, as atividades de engenharia de projetos dos componentes eletrônicos já foram



previamente realizadas em seus países de origem, formando outro fator crítico: a indústria eletrônica brasileira é tecnologicamente dependente (HAUSER, 2007).

A Abinee (Associação Brasileira de Indústria Eletroeletrônica) divulgou uma pesquisa ao final do primeiro semestre de 2010 com os principais dados sobre as PMEs de origem nacional (ABINEE, 2010). A pesquisa aponta que os principais fatores críticos para o desenvolvimento de produtos são a dificuldade de acesso a tecnologia, dificuldade no acesso a normas técnicas internacionais, dependência à tecnologia externa, falta de qualificação profissional e a insatisfação com os fornecedores de componentes eletrônicos.

Nos últimos anos observa-se um esforço do governo brasileiro, por meio, principalmente, do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e da Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI) no lançamento de políticas que incentivam a inovação, a prática da exportação e a nacionalização da tecnologia em empresas brasileiras. Incluindo o setor eletrônico como metas principais, podem-se citar duas políticas industriais em especial: a Política Industrial, Tecnológica e de Comercio Exterior (PITCE) e a Política de Desenvolvimento Produtivo (BNDES, 2010). Como fruto operacional destas políticas destaca-se o aumento na disponibilidade de fundos por meio de agências como FINEP e BNDES e o fortalecimento de leis como a Lei da Informática (Lei 8.248 1991), a Lei da Inovação (Lei 10.973 2004) e a Lei do Bem (Lei 11.196 2005) (ABDI, 2003; ABDI, 2010).

Entretanto, Garcia & Roselino (2004) inferem que apesar de serem importantes instrumentos para o setor, as políticas industriais, como a Lei da Informática, não tem sido suficientes no sentido de reforçar as atividades de P&D e a internalização de etapas produtivas associadas ao esforço inovativo. Em concordância, a procura por instrumentos oficiais de apoio a P&D é expressivamente pequena em empresas brasileiras do setor eletro-eletrônico, devido, principalmente, à burocracia e ao desconhecimento de linhas e programas oficiais para estímulo ao desenvolvimento tecnológico (ABINEE, 2010). Além disso, existem linhas de financiamento (como o FINAME/BNDES) que para que a empresa possa ser beneficiada é necessário que o produto cumpra uma série características específicas, como índice de nacionalização ou que se enquadrem como Processo Produtivo Básico (PPB), muitas vezes restringindo a quantidade de componentes que pode ser utilizada (BNDES, 2013). Portanto, pode-se citar, como outro fator crítico, a fragilidade e a ineficiência das políticas industriais que visam o desenvolvimento de componentes eletrônicos no Brasil.

Visto este cenário, podem-se reconhecer alguns fatores críticos que capazes de influenciar nos critérios de seleção de componentes eletrônicos. São eles: falta de fabricantes de componentes

eletrônicos; dependência de tecnologia externa; alto risco de aquisição de componentes falsificados; dificuldade no acesso à tecnologia; insatisfação com fornecedores; e ineficiência e fragilidade das políticas de incentivo para o setor.

## Capítulo 4 - Metodologia de pesquisa

Para Forza (2002), a descrição de uma pesquisa deve permitir que leitores e avaliadores comparem, reproduzam e compreendam o que é e como foi realizado o trabalho. Este capítulo visa cumprir esta premissa, apresentando os construtos envolvidos, as hipóteses de pesquisa, o método utilizado, a população, a amostra objeto de estudo e as técnicas de coleta e análise de dados.

### 4.1 Definição dos construtos e hipóteses de pesquisa

O termo construto é utilizado nesta pesquisa com a mesma definição de conceito realizada por Hair Jr. *et al.* (2005), ou seja, é uma ideia formada por um conjunto de características (também chamadas de componentes) que o definem e que permitem mensurá-lo. A análise da relação entre os diferentes construtos que envolvem o fenômeno de estudo é necessária para alcançar o objetivo da pesquisa. A fundamentação teórica explicitada nos capítulos 2 e 3 permitem listar estes construtos e suas características. O Quadro 4.1 apresenta os primeiros cinco construtos desta pesquisa, definidos para a mensurar e descrever a **avaliação dos critérios de seleção**.

Quadro 4.1 – Construtos ligados à avaliação dos critérios de seleção de componentes.

Construto	Importância dada aos critérios de avaliação
AVALTO. Avaliação para alto valor agregado	do fabricante, distribuidor, família, acessibilidade a informações, desempenho, confiabilidade, compatibilidade de montagem e obsolescência para componentes de alto valor agregado.
AVBAIXO. Avaliação para baixo valor agregado	do fabricante, distribuidor, família, acessibilidade a informações, desempenho, confiabilidade, compatibilidade de montagem e obsolescência para componentes de baixo valor agregado.
AVCOMP. Avaliação do grupo componente	do fabricante, distribuidor, família e acessibilidade a informações de componentes de alto e baixo valor agregado fora do ambiente do produto.
AVAPLIC. Avaliação do grupo aplicação	do desempenho, confiabilidade, compatibilidade de montagem e obsolescência de componentes de alto e baixo valor agregado no ambiente do produto.
AVGERAL. Avaliação de componentes	do fabricante, distribuidor, família, acessibilidade a informações, desempenho, confiabilidade, compatibilidade de montagem e obsolescência para componentes de alto e baixo valor agregado.

Nota-se que os construtos listados no Quadro 4.1 compartilham algumas características entre si, o que está representado na Figura 4.1. Isso ocorre porque os critérios de avaliação entre componentes de alto e baixo valor agregado são os mesmos, entretanto, o nível de

importância dado a estes critérios pode diferir de empresa para empresa.

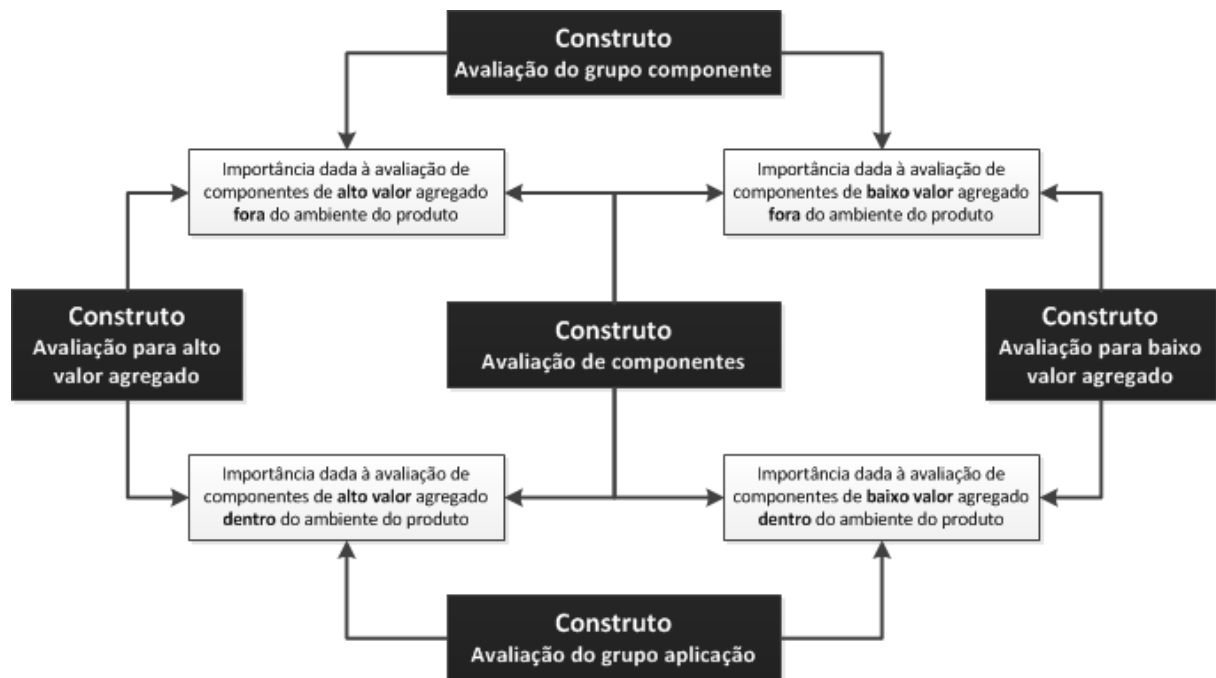


Figura 4.1 – Compartilhamento de características entre os construtos ligados aos critérios de seleção.

A literatura pesquisada a respeito do PDP do setor eletrônico infere que a diferenciação no momento da seleção ocorre entre componentes de alto e baixo valor agregado (HASKELL, 2004; MINDERHOUD & FRASER, 2005; BARBALHO, 2006; MCIVOR, HUMPHREYS & CADDEN, 2006; SALGADO, 2011). Já a literatura pesquisada a respeito das normas e métodos de seleção de componentes infere que, ao invés de diferenciar o valor agregado do componente, faz-se uma distinção entre a avaliação do componente dentro e fora do ambiente do produto (JACKSON *et al.*, 1999a; GEIA, 2002; PECHT, 2004; DOD, 2007). As primeiras quatro hipóteses investigadas nesta pesquisa tratam esta divergência:

- **H<sub>1A</sub>**: A importância dada a avaliação dos critérios de seleção do componente **dentro e fora do ambiente** do produto são **diferentes**.
- **H<sub>1B</sub>**: Existe **correlação positiva** entre a importância dada a avaliação dos critérios de seleção do componente **dentro e fora do ambiente** do produto.
- **H<sub>2A</sub>**: A importância dada a avaliação dos critérios de seleção para componentes de **alto e baixo valor agregado** são diferentes.
- **H<sub>2B</sub>**: Existe **correlação positiva** entre a importância dada a avaliação dos critérios de seleção para componentes **de alto e baixo valor agregado**.

O nível de importância dado durante a avaliação dos critérios de seleção pode trazer consequências por diversos motivos para as organizações (PECHT, 2004). Torresen & Lovland (2007) sugerem uma forma de mensurar a frequência destas consequências avaliando o tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de sua alteração. A fundamentação teórica a respeito dos critérios de seleção trazida no capítulo 3 exemplifica alguns tipos de consequências para cada critério. Organizações que não avaliam se seus fornecedores são um bom canal de informações podem sofrer com alterações ou obsolescência de componentes de maneira imprevista (SHUNK *et al.*, 2007; MURRAY *et al.*, 2012). A má avaliação da compatibilidade do processo de montagem pode afetar a viabilidade econômica e o desempenho do projeto (ASHMORE, 2005; KHAN, 2008; YI *et al.*, 2012). Falhas, principalmente durante a fase inicial do ciclo de vida do produto, podem ser causadas pela escolha equivocada de seus componentes ou por componentes que não funcionam da maneira que seus fabricantes explicitaram (GOEL & GRAVES, 2006; YANG *et al.*, 2011a). Neste contexto, esta pesquisa utiliza outros cinco construtos para mensurar as possíveis **consequências** da avaliação dos critérios de seleção. Estes construtos estão apresentados no Quadro 4.2.

Quadro 4.2 – Construtos ligados às consequências da avaliação dos critérios de seleção de componentes.

Construto	Características
CQTEMPO. Tempo para alteração no BOM	Tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de alteração no BOM do produto com ou sem a necessidade de reprojeção (parcial ou total) de sua placa de circuito impresso.
CQCOMP. Problemas ligados ao grupo componente	Frequência da necessidade de alteração do BOM devido à alterações sem aviso realizadas pelo fabricante do componente, obsolescência do componente sem aviso ou comportamento do componente fora das especificações apresentadas em suas documentações.
CQAPLIC. Problemas ligados ao grupo aplicação	Frequência da necessidade de alteração do BOM devido à incompatibilidade entre as especificações dos componentes e do LCEP.
CQBAIXO. Alterações de componentes de baixo valor agregado	Frequência da necessidade de alteração do BOM para componentes de baixo valor agregado.
CQALTO. Alterações de componentes de alto valor agregado	Frequência da necessidade de alteração do BOM para componentes de alto valor agregado.

A relação entre a importância dada à avaliação dos critérios (Quadro 4.1) e suas consequências (Quadro 4.2) pode ser inferida por meio de hipóteses. O intuito destas hipóteses é identificar se organizações que relatam importância a um grupo de critérios ou a

um tipo de componente também apontam consequências teoricamente ligadas a estes. Não se pretende inferir que organizações que dão mais importância a certo critério teriam, posteriormente, menos problemas, o que se caracterizaria como uma relação causal. O propósito é apenas descrever estas tendências na população. Desta forma, definem-se as próximas cinco hipóteses:

- **H<sub>3</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção está positivamente relacionada com o tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de **alteração do BOM**.
- **H<sub>4</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção do **grupo componente** está negativamente relacionada à frequência de problemas ligados aos mesmos.
- **H<sub>5</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção do **grupo aplicação** está negativamente relacionada à frequência de problemas ligados aos mesmos.
- **H<sub>6</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção para componentes de **baixo valor agregado** está negativamente relacionada à frequência de problemas com os mesmos.
- **H<sub>7</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção para componentes de **alto valor agregado** está negativamente relacionada à frequência de problemas com os mesmos.

Ainda utilizando os construtos do Quadro 4.2, podem-se testar hipóteses que identificam como as consequências estão distribuídas na população, independente da importância dada aos critérios. Assim, as seguintes hipóteses são propostas:

- **H<sub>8A</sub>**: A frequência de alterações no BOM motivadas por problemas ligados ao grupo componente e ao grupo aplicação é diferente.
- **H<sub>8B</sub>**: Existe correlação positiva entre a frequência de problemas ligados ao grupo componente e ao grupo aplicação.
- **H<sub>9A</sub>**: A frequência de alterações no BOM é diferente entre componentes de alto e baixo valor agregado.
- **H<sub>9B</sub>**: Existe correlação positiva entre a frequência de problemas com componentes de alto e baixo valor agregado.

A **caracterização** da organização também pode influenciar a importância dada aos critérios de seleção. As diferenças entre as decisões tomadas por empresas de micro, pequeno, médio e grande porte são tratadas em diversos estudos (LEDWITH, 2000; SOUSA, ASPINWALL & RODRIGUES, 2006; GUTIERREZ, OROZCO & SERRANO, 2009; JABBOUR *et al.*, 2011).

A idade da empresa também é apontada na literatura como critério de diferenciação (LI *et al.*, 2011; NORDIN, DEROS & WAHAB, 2011; LAFORET, 2012; IYER, SARANGA, & SESHADRI, 2013). Já Challa, Rundle & Petch (2013) e Banc, Guinet & Doche (2012) chamam a atenção para a segmentação dentro do setor eletrônico, argumentando que organizações que desenvolvem produtos para segmentos como automotivos, brinquedos, aeronáuticos ou médico-hospitalares possuem diferentes maneiras de qualificar seus componentes eletrônicos. No cenário brasileiro ainda existem outros fatores que podem influenciar a avaliação dos critérios de seleção, como os explicitados na seção 3.4. Neste contexto, definem-se os construtos porte, idade, segmento e fatores críticos do cenário brasileiro por meio das características apresentadas no Quadro 4.3.

Quadro 4.3 – Construtos ligados à caracterização da organização.

Construto	Característica
CAPORTE. Porte	Tamanho da organização segundo o número de funcionários.
CAIDADE. Idade	Idade da empresa em anos.
CASEG. Segmento	Segmento dentro do setor eletrônico.
CAFAT. Fatores críticos do cenário brasileiro	Dificuldade na obtenção de amostras; Dificuldade de acesso a suporte técnico; Preocupação com a aquisição de componentes falsificados; Dificuldade de acesso a normas técnicas; Insatisfação com distribuidores/fornecedores; Dificuldade na participação de políticas de incentivo.

Em posse destes construtos, pode-se propôr hipóteses que avaliam a importância dada aos critérios entre organizações de diferentes características. Desta forma, as seguintes hipóteses são definidas:

- **H<sub>10</sub>**: A influência dos **fatores críticos do cenário brasileiro** à organização está positivamente relacionada a importância dada aos critérios de seleção.
- **H<sub>11</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção difere de acordo com o **porte** da empresa.
- **H<sub>12</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção está positivamente relacionada com a **idade** da empresa.
- **H<sub>13</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção difere de acordo com o **segmento** da empresa.

A Figura 4.2 apresenta o modelo teórico da pesquisa, ilustrando como as 17 hipóteses propostas se relacionam com os construtos. No modelo, os construtos citados nos Quadros 4.3 formam a caracterização da organização, os construtos citados no Quadro 4.1 formam a avaliação dos componentes e os construtos citados no Quadro 4.2 formam as consequências.

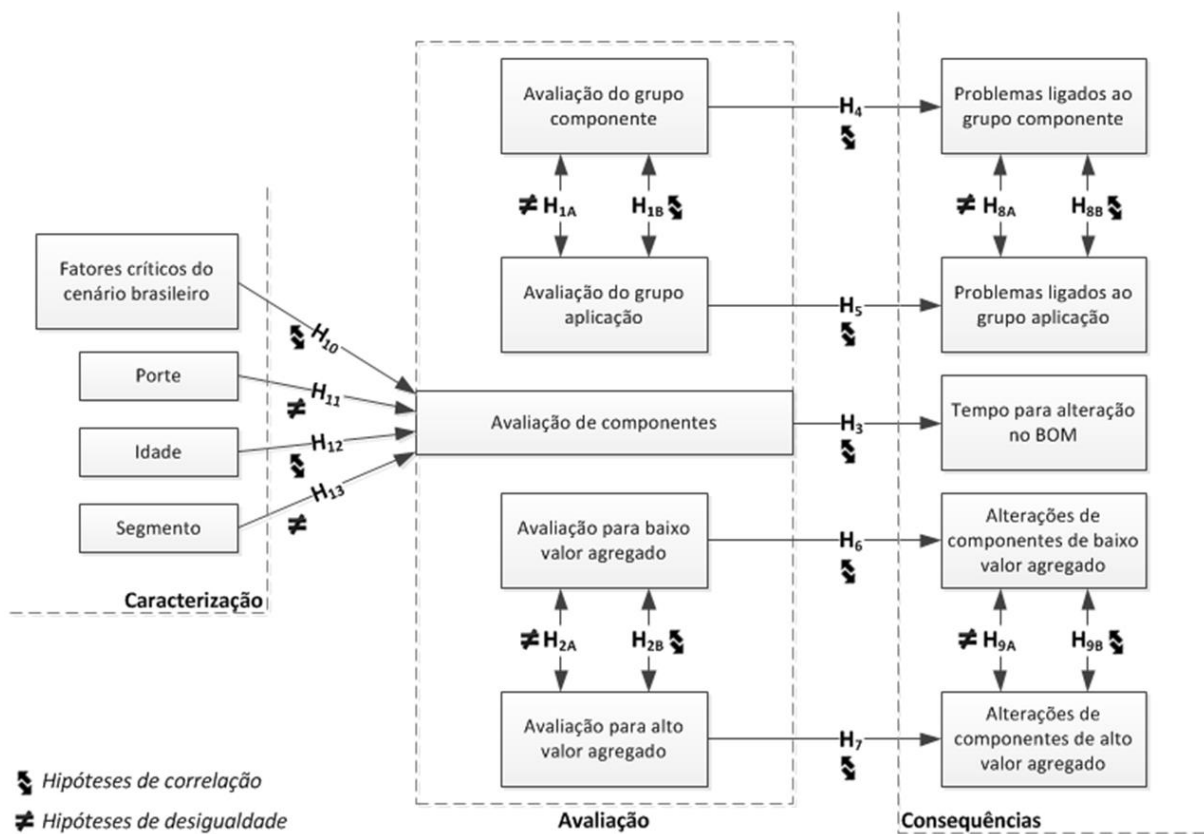


Figura 4.2 – Modelo teórico da pesquisa.

Propõe-se ainda dois construtos ligados a **percepção da importância** da seleção de componentes na organização. O intuito é identificar as práticas que as organizações consideram influentes para a diminuição do número de alterações no BOM e o quanto a organização considera a seleção de componentes crucial para sua sobrevivência. Estes construtos estão apresentados no Quadro 4.4.

Quadro 4.4 – Construtos ligados à percepção da importância da seleção na organização.

Construto	Características
PIPRAT. Boas práticas para diminuição de alterações no BOM	Importância das regras para seleção, atenção aos lançamentos de tecnologia, troca de informações com distribuidores, troca de informações entre áreas funcionais, troca de informações com outras empresas, troca de informações com universidades e centros de tecnologia (TORRESEN & LOVLAND, 2007).
PISOBREV. Seleção-sobrevivência	Importância dada à relação entre a atividade de seleção de componentes e a sobrevivência da organização.



Definidos os construtos e hipóteses de pesquisa, faz-se necessário apresentar o método utilizado para coletar e analisar os dados. Este é o tema da seção 4.2.

## 4.2 Método utilizado

Esta pesquisa pretende analisar os critérios de seleção de componentes eletrônicos descrevendo seus construtos e testando suas hipóteses (apresentados na seção 4.1) em empresas brasileiras do setor eletrônico. Desta forma, o fenômeno de estudo **critérios de seleção** está subdividido em construtos que correspondem a sua avaliação e consequências. Enquanto o objeto de estudo **empresas brasileiras do setor eletrônico** remete à população na qual as hipóteses serão testadas e a distribuição dos construtos será apresentada.

Para atender este propósito o método de pesquisa utilizado foi o de levantamento (*survey*) descritivo. A pesquisa *survey* descritiva tem por objetivo compreender a relevância de um fenômeno e descrever sua distribuição numa população (FORZA, 2002). Malhotra & Grover (1998) afirmam que o método exige a coleta estruturada de dados, uma maneira quantitativa de mensurar as variáveis e uma amostra que represente o objeto de estudo.

É importante ressaltar que esta pesquisa não visa testar a relação causal entre os construtos, o que, segundo Hair Jr. *et al.* (2005), significaria testar hipóteses que afirmam que um evento leva a outro por meio de uma sequência temporal. Os dados coletados neste trabalho são referentes apenas a um dado ponto no tempo, o que o define como uma pesquisa transversal (MALHOTRA & GROVER, 1998). Por isso, o método utilizado limita-se a, além de descrever a distribuição do fenômeno, testar possíveis relações que representem uma tendência ou padrão entre os construtos e não uma causalidade.

Esta característica relacional pode influenciar a classificação desta pesquisa. Para Malhotra & Grover (1998), Forza (2002) e Hair Jr. *et al.* (2005), esta pesquisa é classificada apenas como *survey* descritiva. Já para Rungtusanatham *et al.* (2003), a pesquisa seria classificada como descritiva e relacional. Ainda assim, considera-se que o presente trabalho utiliza o método de pesquisa *survey* descritiva transversal.

Com o intuito de clarificar como o trabalho foi realizado e auxiliar sua replicação ou comparação com outras pesquisas, apresenta-se os passos e atividades realizados na Figura 4.3, que foram baseados no processo de construção de pesquisa *survey* sugerido por Forza (2002).

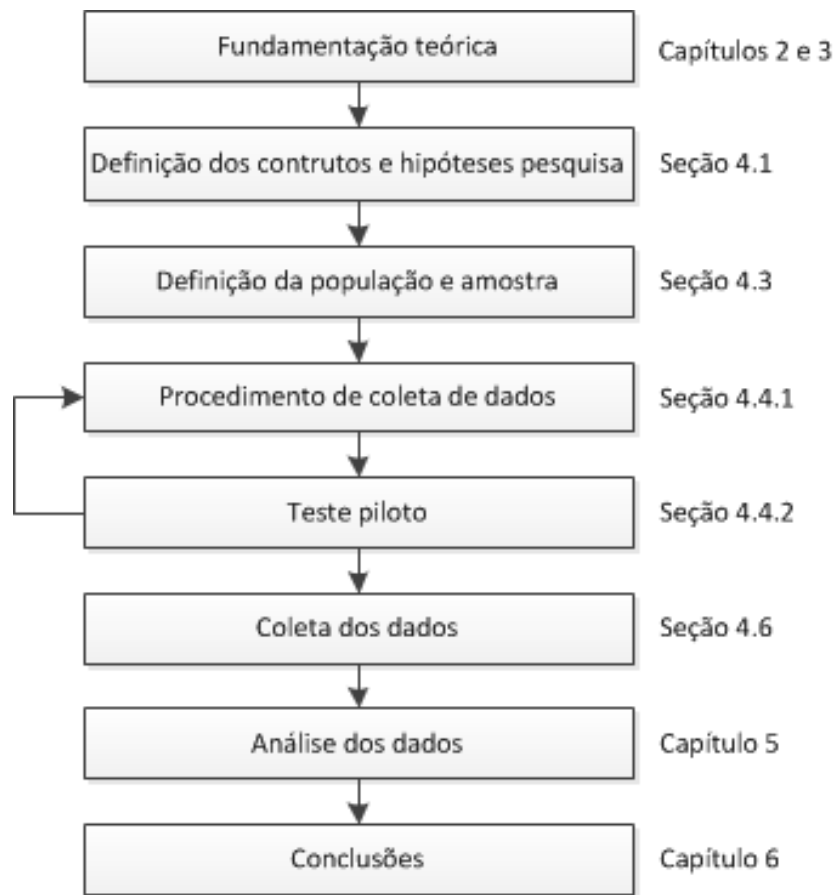


Figura 4.3 – Atividades de pesquisa.

Como se pode verificar na Figura 4.3, as próximas seções explicitarão cada atividade da pesquisa, com exceção da primeira atividade (Definição dos construtos e hipóteses de pesquisa) já tratada na seção 4.1.

### 4.3 Definição da população e amostra

O processo de amostragem é definido por Hair Jr. *et al.* (2005) como um conjunto de procedimentos que incluem as seguintes atividades: definição da população alvo; seleção da estrutura de amostragem; seleção do método de amostragem; e determinação do tamanho da amostra. Esta pesquisa usou este processo para definir a amostra que participou do estudo.

A população alvo se refere ao conjunto inteiro de elementos que são relevantes para a pesquisa (FORZA, 2002). Para definir a população alvo deste trabalho é necessário definir as características que cada elemento da população deve possuir para atender às necessidades da pesquisa. Estas características estão explícitas e justificadas no Quadro 4.5.

Quadro 4.5 – Características da população alvo e suas justificativas.

Característica	Justificativa
Empresas de origem brasileira	Empresas de origem internacional instaladas no Brasil costumam apenas montar seus produtos eletrônicos por meio da importação de <i>kits</i> fechados de componentes (BNDES, 2010). Desta forma, excluindo tais empresas, diminui-se a possibilidade de aplicação da pesquisa em empresas que não selecionam seus componentes.
Desenvolvedora de seus produtos	Um caso cada vez mais comum no setor eletrônico é a participação de empresas que apenas montam produtos desenvolvidos por terceiros. Estas empresas, chamadas montadoras (ou <i>Contract Manufacturers</i> ), podem não participar diretamente da seleção de componentes (GAONKAR & VISWANADHAM, 2001; EPPINGER & CHITKARA, 2009).
Seus produtos possuem PCI	O setor eletrônico é composto por segmentos que produzem diferentes produtos. Enquanto alguns usam componentes eletrônicos, outras podem, simplesmente, ser o fabricante do componente ou fabricarem produtos que não utilizam componentes, como lâmpadas e cabos (BNDES, 2010). Geralmente, o uso de componentes eletrônicos num produto exige a presença de uma PCI que sirva de base para sua montagem (PECHT, 2004). Portanto, pode-se dizer que a presença da PCI é um indicador para produtos que possuem componentes eletrônicos.

A população alvo desta pesquisa é formada por **empresas de origem brasileira desenvolvedoras de produtos que possuem placas de circuito impresso (PCIs)**. O passo seguinte é a seleção da estrutura de amostragem, que visa listar as empresas que possuem as características da população alvo. Para isto, foram utilizadas as relações de empresas filiadas aos sindicatos e associações brasileiros do setor eletrônico. Por meio de uma busca no *site* da Confederação Nacional da Indústria (CNI), cinco sindicatos vinculados ao setor e que disponibilizam a relação de empresas filiadas em seus *sites* foram encontrados: SINAEEES-MG; SINAEEES-PR; SINAEEES-SP; SINAEEES-AM; e SINDVEL (CNI, 2012). Além destes, outro órgão importante no setor eletrônico brasileiro é a ABINEE, utilizado por Jugend (2006), Jabbour (2009) e Scandelari (2011) como unidade de análise. O Quadro 4.6 apresenta os órgãos participantes da estrutura de amostragem, formando uma lista com 872 empresas.

Quadro 4.6 – Relação de órgãos participantes da estrutura de amostragem.

Órgão	Significado da sigla	Abrangência	Filiações
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica	Nacional	537
SINAEEES-AM	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares de Manaus	Manaus-AM.	41
SINAEEES-MG	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do estado de Minas Gerais	Estado de Minas Gerais.	82
SINAEEES-PR	Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares, Aparelhos de Radiotransmissão, Refrigeração, Aquecimento e Tratamento de Ar, Lâmpadas, e Aparelhos Elétricos de Iluminação do Estado do Paraná.	Estado do Paraná	38
SINAEEES-SP	Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares de São Paulo	Estado de São Paulo	51
SINDVEL	Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Vale da Eletrônica.	Santa Rita do Sapucaí-MG	113

Fonte: ABINEE (2012); SINAEEES-AM (2012); SINAEEES-MG (2012); SINAEEES-PR (2012); SINAEEES-SP (2012) e SINDVEL (2012).

Entretanto, como apontado por Hair Jr. *et al.* (2005), uma estrutura de amostragem pode incluir falhas como: informações desatualizadas; conter elementos repetidos; conter elementos que não fazem parte da população alvo; ou não conter elementos que fazem parte da população alvo. De fato, das 872 empresas, existe a possibilidade de que uma parcela delas, simplesmente, não exista mais. Também pode haver empresas que não possuam as características definidas para a população ou que sejam filiadas a não apenas um, mas dois ou mais órgãos e estejam repetidas na lista. Também não é possível determinar que as empresas da lista formem a totalidade das empresas com as características da população alvo, ou seja, nada impede que existam empresas com as características desejadas filiadas a outros órgãos, e consequentemente, estejam fora da lista.

Para amenizar estas falhas, realizou-se uma série de atividades eliminatórias desde a lista inicial. Primeiramente, foram retiradas as empresas cujos órgãos as classificavam em segmentos industriais que não possuem as características da população alvo. Os *sites* da ABINEE e do SINDVEL classificam os segmentos aos quais as empresas filiadas atuam permitindo eliminar as empresas de segmentos como: embalagens, montadoras, materiais de instalação e geração e transmissão de energia (ABINEE, 2012; SINDVEL, 2012). Este primeiro passo permitiu diminuir a lista para 718 empresas.

Em seguida, empresas filiadas em mais de um órgão foram identificadas como duplicadas, fazendo com que a lista caísse para 642 empresas. Neste ponto, fez-se necessário identificar as empresas que realmente fazem parte da população alvo. Para isso, foram buscadas informações institucionais e dos produtos de cada uma das empresas. Esta busca foi realizada por meio dos *sites* das empresas ou por informações disponibilizadas nos *sites* dos órgãos aos quais estas eram filiadas. Como resultado, 141 empresas foram eliminadas por terem origem fora do Brasil, 127 empresas foram eliminadas por não desenvolverem produtos eletrônicos e 119 empresas foram eliminadas por seus produtos não utilizarem PCI. A Figura 4.4 apresenta dois gráficos que relacionam a quantidade de empresas na estrutura de amostragem e na população final por estado e por órgão filiado.

Como resultado, formou-se uma lista com 255 empresas que constituem a população final ao qual esta pesquisa representa a partir de seus resultados e conclusões. Isto não significa que estas empresas sejam todas as empresas existentes que possuem as características da população alvo. Provavelmente, este número é maior e, portanto, deve-se ressaltar que **esta pesquisa limita seus resultados a população final e não a todas as empresas brasileiras desenvolvedoras de produtos eletrônicos com PCI.**

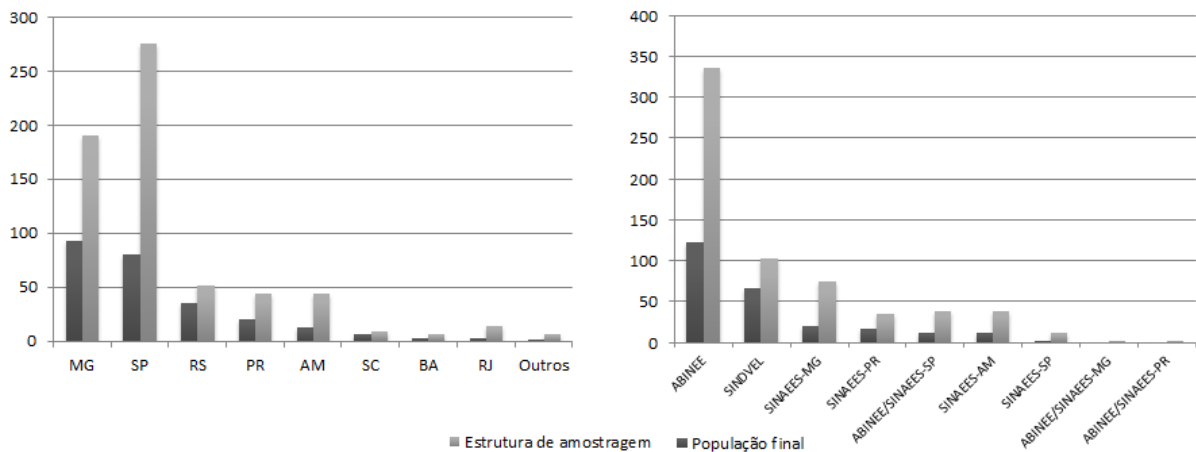


Figura 4.4 – Quantidade de empresas na estrutura de amostragem e na população final por estado e por órgão.

Dada a definição da população final, deve-se selecionar o método de amostragem. Existem inúmeros métodos de amostragem que podem ser divididos, principalmente, entre probabilísticos e não probabilísticos (HAIR JR. *et al*, 2005). A opção nesta pesquisa foi utilizar um método probabilístico, pois possibilita uma representatividade maior da população (MALHOTRA & GROVER, 1998; FORZA, 2002; BEUCKELAER & WAGNER, 2012). Como não se deseja descrever a distribuição dos contratos por estado ou por órgão, considera-se a população de 255 empresas como homogênea perante os construtos e hipóteses definidos na seção 4.1. Por isso, opta-se por utilizar um método de amostragem aleatória simples, assim sendo, todas as empresas da população possuem a mesma probabilidade de participar da amostra.

Após selecionar o método, realiza-se o cálculo do tamanho da amostra. Verma & Goodale (1995), Kirk (2008) e Beuckelaer & Wagner (2012) consideram esta atividade crucial para a pesquisa *survey*, já que, do ponto de vista prático, é uma das únicas maneiras de garantir a sua qualidade estatística. A qualidade estatística está diretamente ligada a três conceitos: nível de significância ( $\alpha$ ), que é a probabilidade de se cometer um erro do tipo I (rejeitar a hipótese nula quando ela é verdadeira); poder estatístico ( $1-\beta$ ), que é a probabilidade de não se cometer um erro do tipo II (não rejeitar a hipótese nula quando ela é falsa); e do tamanho do efeito (*effect size*) que representa, dentre outros parâmetros, a diferença entre a média da população e a média da amostra (COHEN, 1988; FORZA, 2002; KIRK, 2008). Esta pesquisa optou por utilizar uma amostra que permita atingir um nível de significância  $\alpha = 0,05$ , um poder estatístico  $1-\beta = 0,9$  e um *effect size* entre médio e baixo ( $0,2 < f < 0,5$ ), que são valores considerados por Verma & Goodale (1995), Forza (2002) e Kirk (2008) de alta qualidade estatística para o tema da pesquisa.

Para realizar o cálculo faz-se necessário estimar o desvio padrão da população ( $\sigma$ ), que pode ser visto como uma medida de homogeneidade da amostra perante os contrutos (HAIR JR. *et al.*, 2005; ANDERSON, SWEENEY, & WILLIAMS, 2011). Em um estudo sobre as práticas na gestão da cadeia de suprimentos, Jabbour (2011) realizou uma *survey* com empresas associadas à ABINEE e reportou um desvio padrão próximo a 1,37 para uma escala de 5 pontos. Scandelari (2011), em uma *survey* também com empresas associadas à ABINEE, apresentou desvio padrão de aproximadamente 0,96 para uma escala de 5 pontos num estudo sobre inovação e sustentabilidade na indústria eletrônica. Bharadwaj (2004) realizou uma pesquisa *survey* com empresas do setor eletrônico norte americano a respeito dos critérios de escolha de fornecedores de componentes, o desvio padrão em sua medida foi próximo a 0,75 quando considerada uma escala de 5 pontos.

A estimativa do desvio padrão nesta pesquisa usa como base os estudos supracitados, além do fato de considerar sua população homogênea devido à série de eliminações realizadas durante a construção da estrutura de amostragem. Por isso, estima-se o desvio padrão ( $\sigma$ ) em 1,00 para uma escala de 5 pontos (que será detalhada na seção 4.4). Desta forma, utilizando o *software Minitab 16*®, calculou-se o tamanho da amostra ( $n$ ) considerando  $\alpha = 0,05$ ,  $1-\beta = 0,9$  e  $\sigma = 1,00$ , obtendo  $n = 106$  elementos e *effect size* de valor 0,318. Este cálculo possui como premissa que a população amostrada é infinita. Entretanto, em casos em que o tamanho da amostra é maior que 5% do tamanho da população, autores como Dowdy, Wearden & Chilko (2004), Hair Jr. *et al.* (2005) e Kirk (2008) sugerem que se utilize o fator de correção para populações finitas (*fpc*), possibilitando a diminuição do tamanho da amostra sem alterar sua qualidade estatística. Como o tamanho da população é de 255 elementos, utilizou-se o *fpc*, chegando-se a um tamanho de amostra  $n = 75$  elementos para representatividade desejada perante os contrutos e hipóteses de pesquisa. O método de coleta de dados é o tema da próxima seção.

#### **4.4 Método de coleta de dados**

Os métodos de coleta de dados em pesquisa *survey* são divididos, principalmente, entre auto-administrado e entrevista (HAIR JR. *et al.*, 2005). Cada método possui vantagens e desvantagens que devem ser levados em consideração no momento de sua definição (FORZA, 2002). Este trabalho optou por coletar os dados por meio de um questionário auto-administrado enviado pela *internet*.

Klassen & Jacobs (2001) e Forza (2002) argumentam que o método possui baixo custo, mas deve ser utilizado em conjunto com outras técnicas para aumentar sua confiabilidade e taxa de

retorno. Melnyk *et al.* (2012) realizaram um levantamento sobre as publicações que utilizam pesquisa *survey* em gestão de operações entre 1990 e 2008 e apontaram que, apesar de promissora, a coleta de dados pela *internet* ainda é pouco utilizada. Shih & Fan (2008) examinaram 35 estudos entre 1992 e 2005 que comparam a coleta de dados por *e-mail* e por carta, concluindo que a única diferença estatisticamente relevante foi a taxa de retorno ser em média 20% menor quando utilizado o *e-mail*. Entretanto, os mesmos autores inferem que isto pode ser causado pela ocorrência de *e-mails* do tipo *spam*, fazendo com que *surveys* reais sejam dadas como suspeitas e, conseqüentemente, ignoradas pelos respondentes. Já Saunders (2012) realizou um estudo comparando a coleta por carta e pela *internet* cujo resultado traz uma taxa de retorno maior e tempo para resposta menor quando utilizada a coleta de dados pela *internet*. O autor ainda sugere que os respondentes estão ficando cada vez mais familiarizados com a coleta de dados pela *internet* e que, com os cuidados necessários, torna-se um método bastante eficaz.

Visto este cenário, utilizou-se um **questionário auto-administrado por meio da internet aliado a práticas que visam aumentar a taxa de retorno e garantir sua realização de forma completa e pelos respondentes corretos**. As próximas seções apresentam o procedimento de coleta de dados, o instrumento de coleta dados assim como sua validação e, por fim, o relato de como os dados utilizados para a análise dos resultados da pesquisa foram coletados.

#### **4.4.1 Procedimento de coleta de dados**

A Figura 4.5 apresenta o procedimento adotado nesta pesquisa para coleta de dados. Para cada elemento da amostra, realiza-se um contato preliminar por telefone visando identificar o respondente apropriado. Dado o fenômeno de estudo, considera-se que o indivíduo convidado a responder o questionário é o principal responsável na empresa por determinar os componentes eletrônicos que formam o BOM a partir das especificações do produto. Desta maneira, não se considera o cargo específico do respondente, mas sim seu papel no PDP.

O contato inicial procura a área de desenvolvimento de produtos ou de engenharia da empresa e, em seguida, as características esperadas para o respondente são expostas para que o colaborador apropriado seja identificado. A identificação do respondente inclui seu nome e *e-mail* para contato. O respondente deve ser orientado sobre o tema de pesquisa e avisado que um *e-mail* com um *link* de acesso ao questionário será enviado.

Para o gerenciamento dos questionários, este estudo opta por utilizar um *software web* desenvolvido por uma empresa norte americana denominada *QuestionPro*. O *software*, que

possui o mesmo nome da empresa, visa gerar e distribuir *surveys* por meio da *internet* permitindo, dentre outras funções, auditar respostas incompletas, realizar reenvios programados, acompanhar os resultados em tempo real e extrair os dados coletados em arquivos *Excel*® (QUESTIONPRO, 2013).

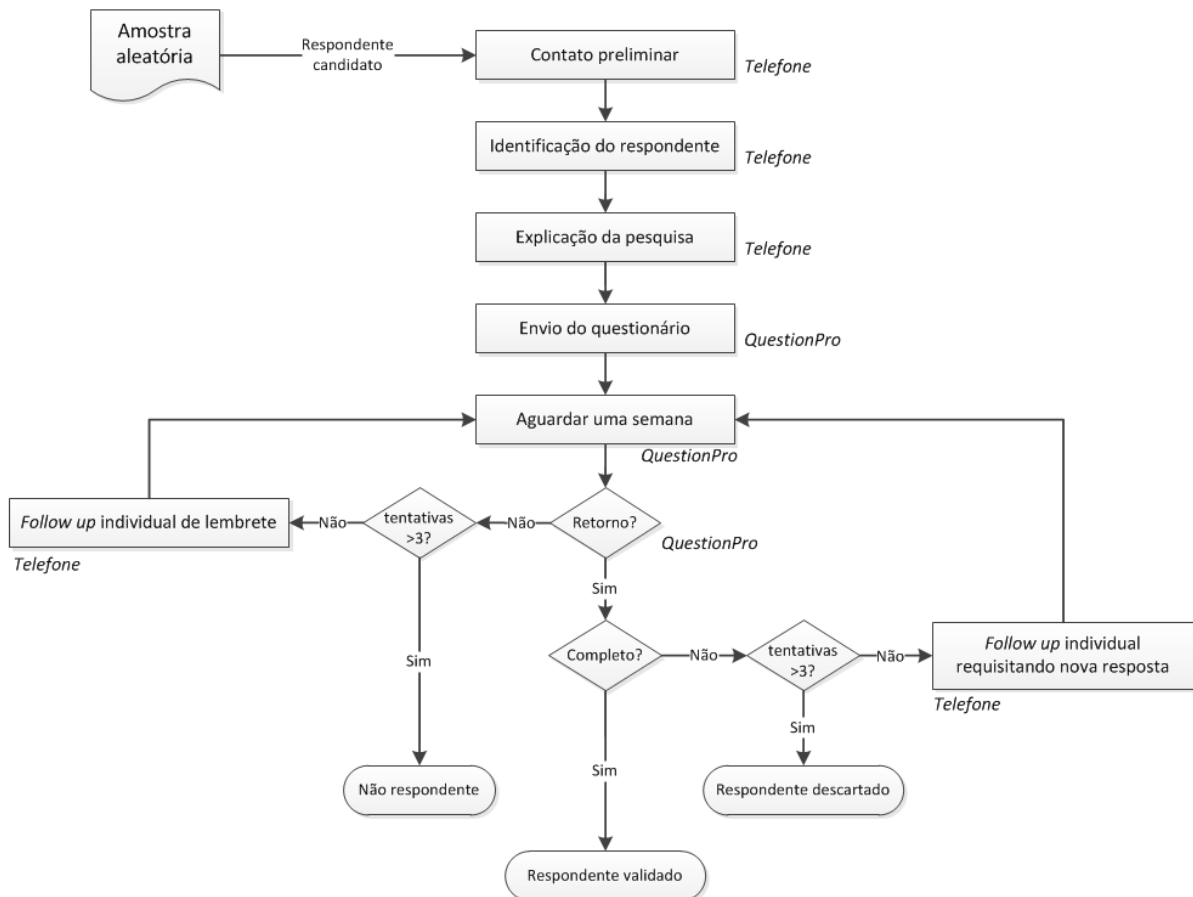


Figura 4.5 – Procedimento de coleta de dados.

Após o contato por telefone os dados da identificação do respondente são imediatamente incluídos no *QuestionPro* que, em seguida, envia automaticamente um *e-mail* personalizado ao mesmo. O conteúdo do *e-mail* é composto de: uma pequena explicação do tema e propósito da pesquisa; a afirmação de que os dados da empresa são confidenciais e que a análise é realizada de forma global; e um *link* que dá acesso ao questionário.

Para participar da pesquisa, é necessário que o respondente acesse o *link* existente no *e-mail* e responda às questões. Caso não haja detecção do acesso ao questionário pelo respondente no *QuestionPro* em uma semana após seu envio, um novo contato telefônico (*follow up*) é realizado com o intuito de lembrar o respondente a respeito da pesquisa e confirmar se o *e-mail* foi recebido. Se necessário mais do que três *follow ups* o respondente é dado como não participante.



Esta pesquisa optou por utilizar apenas respostas completas na análise de dados, o que é uma prática comum em gestão de operações (TSIKRIKTSIS, 2005). Entretanto, para evitar a ocorrência de descarte de respostas, se um questionário é respondido de forma incompleta, realiza-se um *follow up* por telefone solicitando uma nova resposta. O mesmo critério para o *follow up* de não respondentes é utilizado neste caso, ou seja, se há necessidade de mais do que três retornos, a participação da empresa é dada como incompleta e, conseqüentemente, descartada.

Portanto, o procedimento adotado possui como momento inicial o envio do questionário ao primeiro respondente candidato e como momento final a declaração do último respondente como validado, não respondente ou descartado. Isto significa que a coleta de dados não termina quando se atinge uma determinada quantidade de respostas válidas, mas sim quando todas as atividades do procedimento são aplicadas a todos os elementos da amostra. Entretanto, a taxa de retorno e o nível de respostas completas são os principais indicadores do sucesso, eficiência e validade da pesquisa (TSIKRIKTSIS, 2005; BEUCKELAER & WAGNER, 2012; MELNIK *et al.*, 2012). Neste sentido, o procedimento apresentado visa diminuir a ocorrência de não respondentes e de respostas incompletas adotando atividades baseadas na literatura. O Quadro 4.7 apresenta estas atividades, seus objetivos e os autores que defendem seu uso.

Quadro 4.7 – Atividades que visam aumentar a taxa de retorno e diminuir o número de respostas incompletas.

<b>Atividade</b>	<b>Autores</b>	<b>Objetivos</b>
Contato preliminar	Klassen & Jacobs (2001); Saunders (2012); Melnik <i>et al.</i> (2012)	Proporcionar maior credibilidade à pesquisa; Identificar se há acesso à <i>internet</i> na empresa.
Identificação do respondente	Forza (2002); Melnik <i>et al.</i> (2012)	Garantir que o respondente apropriado tenha acesso ao questionário.
Explicação da pesquisa	Forza (2002); Tsikriktsis (2005)	Aumentar a confiança entre pesquisador e respondente, além de clarificar os conceitos do questionário.
<i>Follow up</i> individual de lembrete	Shih & Fan (2008); Melnik <i>et al.</i> (2012)	Diminuir a quantidade de não respondentes.
<i>Follow up</i> individual requisitando nova resposta	Miller & Smith (1983); Tsikriktsis (2005); Melnik <i>et al.</i> (2012)	Diminuir a quantidade de respostas incompletas.

Outras práticas são adotadas visando a representatividade e a qualidade estatística da pesquisa. Algumas delas são observadas no instrumento para coleta de dados, tema da próxima seção.

#### 4.4.2 Avaliação do procedimento e instrumento de coleta de dados

O instrumento de coleta de dados consiste em um questionário estruturado autoaplicável, permitindo que o respondente o realize sem a presença do pesquisador (HAIR JR. *et al.*, 2005). Seu objetivo é mensurar os construtos de pesquisa (apresentados na seção 4.1) nas empresas participantes da *survey*. A mensuração envolve a formulação e a escala das questões que expõem o construto aos respondentes (FORZA, 2002). Melnik *et al.* (2012) sugerem práticas a serem aplicadas aos questionários para aumentar a taxa de retorno, como: evitar o número extensivo de questões; a apresentação do questionário deve ser agradável; e utilizar escalas confiáveis, claras e objetivas.

As questões para medir cada construto de pesquisa foram desenvolvidas neste contexto e um primeiro questionário foi elaborado. Com o objetivo de avaliar a compreensão dos termos, instruções e escalas propostas, foram convidados dois especialistas que desempenham o papel de selecionar os componentes eletrônicos em empresas que possuem as características da população. Por conveniência, os dois especialistas são oriundos de empresas localizadas em Itajubá-MG e que se dispuseram a participar da avaliação. O procedimento foi realizado por meio da aplicação do questionário (em papel) seguido de entrevista. Nesta entrevista foi constatado que os especialistas compreenderam as questões com facilidade, sugerindo apenas a alteração na ordem de algumas questões.

Em seguida, o questionário foi transcrito no *QuestionPro*. Para tornar sua apresentação agradável aplicou-se um tema para *interface* fornecido pelo *software* e adicionou-se uma página de capa com o emblema da Universidade e uma breve saudação. O apêndice A apresenta o conteúdo do questionário final da pesquisa. Em caráter de teste piloto, o procedimento de coleta apresentado na Figura 4.5 foi realizado com 10 respondentes em 7 empresas diferentes (seis de Itajubá-MG e uma de Brazópolis-MG). O teste piloto é considerado uma prática crucial na pesquisa *survey*, principalmente, quando o instrumento de coleta de dados não foi validado por algum estudo precedente (MALHOTRA & GROVER, 1998; FORZA, 2002). O objetivo deste teste foi avaliar a taxa de retorno, a quantidade de respostas incompletas, a quantidade de *follow ups* necessários e a confiabilidade interna de cada construto.

As 7 empresas participantes foram selecionadas por conveniência, possuem as mesmas características da população, mas não fazem parte da mesma, já que não são filiadas aos órgãos utilizados para a formação da estrutura de amostragem. Ainda assim, por terem as características necessárias, foram consideradas aptas para o teste piloto. A coleta de dados

durou 14 dias. A taxa de retorno foi de 100% e foi necessário apenas um *follow up* de lembrete e um *follow up* requisitando nova resposta para um caso de resposta incompleta. Apesar das empresas não fazerem parte da população, o procedimento de coleta de dados foi considerado apto para a utilização na amostra final.

Para avaliar o instrumento de coleta de dados realizou-se a análise da confiabilidade interna dos construtos a partir da verificação do valor  $\alpha$  de *Cronbach*. O instrumento é dito confiável se sua aplicação repetida resulta em medidas coerentes (HAIR JR. *et al.*, 2005). Segundo Rungtusanatham *et al.* (2003), o cálculo do  $\alpha$  de *Cronbach* é extensivamente utilizado na pesquisa em gestão de operações para avaliação da confiabilidade interna em *surveys*. O índice estima o quão uniformemente os itens que formam um construto contribuem em sua medição (MAROCO & GARCIA-MARQUES, 2006). Hair Jr. *et al.* (2005) consideram a confiabilidade baixa quando  $\alpha$  menor que 0,6; moderada entre 0,6 e 0,7; boa entre 0,7 e 0,8; muito boa entre 0,8 e 0,9; e excelente a partir de 0,9. Já para Forza (2002),  $\alpha$  maior que 0,6 é suficiente para validar a confiabilidade interna do construto e é o parâmetro considerado neste estudo.

Os dados coletados durante o teste piloto foram exportados a partir do *QuestionPro* para formato *Excel*® e, em seguida, transferidos para o *software Minitab 16*® onde o  $\alpha$  de *Cronbach* foi calculado. Esta pesquisa avaliou a confiabilidade interna apenas dos construtos cujas medições são formadas pela soma das pontuações de três ou mais questões, como sugerido por Hair Jr. *et al.* (2005). Desta forma, não se avaliou os construtos medidos por apenas uma questão, como porte e idade da empresa.

O Quadro 4.8 relaciona os construtos referentes a importância dada aos **critérios de seleção** de componentes com as questões utilizadas para medi-los e o  $\alpha$  de *Cronbach* calculado a partir dos dados do teste piloto. A escala empregada para medição destes construtos foi a escala métrica *Likert* com rotulação numérica de 1 a 5, sendo o número “1” rotulado como “pouco importante” e o número “5” rotulado como “muito importante”.

Quadro 4.8 – Questões de mensuração e  $\alpha$  dos construtos de avaliação dos critérios de seleção (continua).

Construto	Questões de pesquisa	Opções	$\alpha$
AVALTO. Avaliação para alto valor agregado	Avalie o nível de importância para componentes de <b>alto</b> valor agregado para cada um dos critérios: Q1. Fabricante Q2. Distribuidor Q3. Família do componente Q4. Acesso à informações Q5. Desempenho Q6. Confiabilidade Q7. Montagem Q8. Obsolescência	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)	0,8502

Quadro 4.8 – Questões de mensuração e  $\alpha$  dos construtos de avaliação dos critérios de seleção (fim).

AVBAIXO. Avaliação para baixo valor agregado	Avalie o nível de importância para componentes de <b>baixo</b> valor agregado para cada um dos critérios: Q9. Fabricante Q10. Distribuidor Q11. Família do componente Q12. Acesso à informações Q13. Desempenho Q14. Confiabilidade Q15. Montagem Q16. Obsolescência	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)	0,6816
AVCOMP. Avaliação do grupo componente	Questões Q1 a Q4 e Q9 a Q12.	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)	0,8793
AVAPLIC. Avaliação do grupo aplicação	Questões Q5 a Q8 e Q13 a Q16.	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)	0,8350
AVGERAL. Avaliação de componentes	Questões Q1 a Q16.	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)	0,8209

Pode-se notar no Quadro 4.8 que diferentes construtos compartilham das mesmas questões de pesquisa, em concordância com a Figura 4.1. Esta estratégia foi utilizada com o intuito de otimizar o número de questões capazes de medir os construtos, prática sugerida por Melnik *et al.* (2012). Como resultado, tem-se, ao todo, 16 questões que mensuram cinco construtos. Sendo que, quatro construtos são mensurados por quatro formações diferentes de 8 questões e um construto mensurado por todas as 16 questões. É importante ressaltar que não há hipóteses que testam relações ou diferenças entre construtos que dividem as mesmas questões de mensuração, portanto, os testes de correlação são realizados apenas entre variáveis independentes.

O Quadro 4.9 relaciona os construtos referentes às **consequências** da avaliação dos critérios de seleção com as questões de pesquisa utilizadas para medi-los e o  $\alpha$  de *Cronbach* calculado (quando aplicável) com o uso dos dados do teste piloto. As questões de pesquisa para o construto tempo de alteração no BOM foram baseadas na publicação de Torresen & Lovland (2007), portanto, foi considerado validado e, por isso, não foi calculado o  $\alpha$  de *Cronbach*. Nos demais construtos, o  $\alpha$  de *Cronbach* foi calculado quando havia três ou mais questões de mensuração. A escala empregada para medir a frequência de alterações no BOM foi a escala

métrica *Likert* com rotulação numérica de 1 a 5, sendo o número 1 rotulado como “pouco comum” e o número “5” rotulado como “muito comum”.

Quadro 4.9 – Questões de mensuração e  $\alpha$  dos construtos de consequências dos critérios de seleção

Construto	Questões de pesquisa	Opções	$\alpha$
CQTEMPO. Tempo para alteração no BOM	Tempo entre o lançamento do produto até a necessidade de alteração do BOM: Q17. Sem reprojeção da PCI Q18. Com reprojeção parcial da PCI Q19. Com reprojeção total da PCI	1 menos de 1 ano 2 de 1 a 3 anos 3 de 3 a 6 anos 4 de 6 a 10 anos 5 mais de 10 anos	-
CQCOMP. Problemas ligados ao grupo componente	Frequência de alterações no BOM devido a: Q20. Componente obsoleto sem aviso Q21. Fabricante alterou o componente Q22. Não desempenha como foi especificado Q23. Não é confiável como foi especificado	1 (pouco comum) 2 3 4 5 (muito comum)	0,8982
CQAPLIC. Problemas ligados ao grupo aplicação	Frequência de alterações no BOM devido a: Q24. Componente obsoleto com aviso Q25. Incompatibilidade de montagem Q26. Erro no projeto	1 (pouco comum) 2 3 4 5 (muito comum)	0,7553
CQBAIXO. Alterações de componentes de baixo valor agregado	Q27. Frequência de alterações no BOM para componentes de baixo valor agregado	1 (pouco comum) 2 3 4 5 (muito comum)	-
CQALTO. Alterações de componentes de alto valor agregado	Q28. Frequência de alterações no BOM para componentes de alto valor agregado	1 (pouco comum) 2 3 4 5 (muito comum)	-

De forma análoga, tem-se o Quadro 4.10, que relaciona os construtos referentes à **caracterização** da organização com as questões de pesquisa para medi-los e o  $\alpha$  de *Cronbach* calculado (quando aplicável) utilizando os dados do teste piloto. Para identificar os construtos porte e segmento empregou-se os mesmos critérios de ABINEE (2010). Em relação a idade foi aplicada uma questão aberta. Por fim, para o construto fatores críticos do cenário brasileiro foram utilizadas 6 questões visando identificar a presença de cada uma das dificuldades descritas na seção 3.4.

Quadro 4.10 – Questões de mensuração e  $\alpha$  dos construtos de caracterização da organização (continua).

Construto	Questões de pesquisa	Opções	$\alpha$
CAPORTE. Porte	Q29. O número de empregados da empresa se encontra em qual faixa?	1 de 1 a 9 empregados 2 de 10 a 99 empregados 3 de 100 a 499 empregados 4 mais de 500 empregados	-
CAIDADE. Idade	Q30. A empresa possui quantos anos de existência?	Questão aberta	-

Quadro 4.10 – Questões de mensuração e  $\alpha$  dos construtos de caracterização da organização (continua).

CASEG. Segmento	Q31. Qual o segmento que sua empresa atua?	1 Automação comercial 2 Desenvolvimento de produtos 3 Eletromecânicos 4 Equipamentos automotivos 5 Equipamentos industriais 6 Equipamentos médico-hospitalares 7 Equipamentos para educação 8 Equipamentos para radiodifusão 9 Equipamentos para segurança 10 Informática 11 Responsabilidade socioambiental 12 Telecomunicações 13 Utilidades domésticas 14 Microeletrônica	-
CAFAT. Fatores críticos do cenário brasileiro	Identifique as dificuldades encontradas em sua empresa durante a seleção de componentes: Q32. Obtenção de amostras para testes Q33. Suporte técnico insatisfatório Q34. Componentes falsificados Q35. Acesso a normas técnicas Q36. Insatisfação com distribuidores Q37. Burocracia nas políticas de incentivo	0 Dificuldade não encontrada 1 Dificuldade encontrada	0,8106

A escala utilizada na identificação de cada dificuldade que compõe os fatores críticos é uma escala *likert* de apenas dois itens, sendo que, o valor 0 identifica que a empresa não possui determinada dificuldade e valor 1 identifica que a empresa possui. Desta maneira, o construto fatores críticos do cenário brasileiro (CAFAT) é o resultado da soma das medidas obtidas em cada dificuldade, variando entre 0 e 6 de acordo com a influência destes fatores na organização.

Por fim, tem-se o Quadro 4.11, que apresenta as questões que identificam as práticas que as organizações consideram influentes na diminuição do número de alterações no BOM e o quanto a organização considera a seleção de componentes importante para sua sobrevivência. Como se pretende avaliar cada prática separadamente não há necessidade do cálculo do  $\alpha$  de *Cronbach*, pois o construto não é formado por uma soma de medidas e apenas representa um conjunto de características semelhantes.

Quadro 4.11 – Questões de mensuração das práticas para diminuição das alterações no BOM e relação entre seleção e sobrevivência (continua).

Construto	Questões de pesquisa	Opções
PIPRAT. Boas práticas para diminuição de alterações no BOM	Identifique a importância das seguintes práticas na diminuição de alterações no BOM: Q38. Regras para seleção de componentes Q39. Troca de informações com distribuidores Q40. Troca de informações entre áreas funcionais Q41. Troca de informações com outras empresas Q42. Troca de informações com universidades Q43. Atenção constante ao lançamento de tecnologias	1 (pouco importante) 2 3 4 5 (muito importante)

Quadro 4.11 – Questões de mensuração das práticas para diminuição das alterações no BOM e relação entre seleção e sobrevivência (fim).

PISOBREV. Seleção- sobrevivência	Q44. Para a empresa, a relação entre a seleção de componentes e a sobrevivência da empresa é considerada:	1 (pouco importante) 2 3 4 5 6 7 (muito importante)
--	---	---

Nota-se, nos Quadros 4.9, 4.10 e 4.11, que todos os construtos formados por escalas somadas e que necessitaram de teste de confiabilidade interna obtiveram  $\alpha$  de *Cronbach* maior que 0,6, validando o instrumento de coleta de dados dentro dos critérios utilizados por este estudo para o quesito. Desta forma, a aplicação do questionário seguido de entrevistas com especialistas e a realização do teste piloto com 10 respondentes foram considerados suficientes para a validação do procedimento e instrumento de coleta de dados. Por isso, o passo seguinte da pesquisa foi a coleta dos dados que servem de base para os resultados e conclusões do trabalho.

#### 4.4.3 Coleta dos dados

Com o auxílio do *software Minitab 16*®, uma lista com 75 empresas foi retirada da população final de 255 empresas de forma aleatória. Esta lista é a amostra convidada a participar da pesquisa e que representa a população final dentro dos critérios estatísticos pré-determinados. Cada empresa da amostra foi submetida ao procedimento de coleta de dados apresentado na Figura 4.5. O tempo total do procedimento foi de 75 dias, sendo o início no envio do primeiro questionário e final após o término do prazo do último *follow up*. A taxa de retorno obtida foi de 65,33% (49 respondentes), valor considerado suficiente segundo Malhotra & Grover (1998) e Forza (2002), além de estar acima da média quando comparado às taxas de respostas de outras *surveys* em periódicos como *Journal of Operations Management*, *Production and Operations Management* e *Decision Sciences* (MELNYK *et al.*, 2012). Portanto, o procedimento de coleta de dados foi considerado satisfatório, no que diz respeito à taxa de resposta.

Para alcançar este índice foram necessários 97 *follow ups* de lembrete e 15 *follow ups* requisitando nova resposta. No caso dos *follow ups* de lembrete, 15 foram bem sucedidos, sendo que, em 12 casos, o primeiro *follow up* já foi suficiente. Já para os *follow ups* requisitando nova resposta, 11 foram bem sucedidos e, em 9 deles, foi necessário também apenas o primeiro *follow up*. Por fim, das 26 empresas que não participaram da pesquisa, 4 foram consideradas descartadas por responderem de forma incompleta e 22 foram

consideradas não respondentes por não acessarem o *link* do questionário ou não terem respondido nenhuma das questões. Dentre as 49 empresas participantes, o tempo entre o envio do questionário e a chegada da resposta foi de até 2 dias em 21 empresas, de 3 a 10 dias em 9 empresas, de 11 a 20 dias em 11 empresas e mais de 20 dias para as 8 empresas restantes. Já o tempo entre o início e o fim da conclusão do questionário foi, em média, de 17 minutos. As Figuras 4.6 e 4.7 apresentam os gráficos de número de respondentes absoluto e acumulado, respectivamente, em relação ao tempo (em dias) durante a coleta de dados.

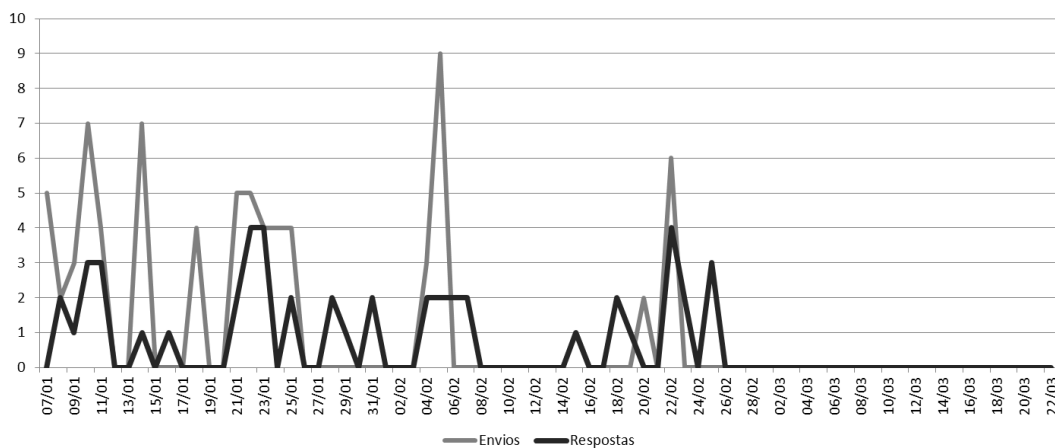


Figura 4.6 – Gráfico do número de envios de questionários e número de respostas válidas por tempo.

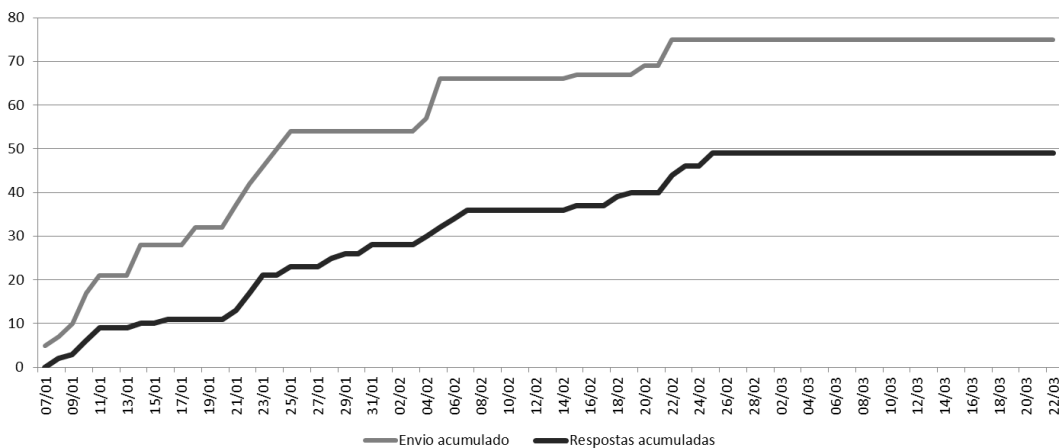


Figura 4.7 – Gráfico do número acumulado de envios de questionários e número de respostas válidas por tempo.

Pode-se notar nas Figuras 4.6 e 4.7 que os questionários não foram enviados em ondas, mas sim de acordo com o procedimento de coleta de dados proposto. Desta maneira, o número de questionários enviados por dia dependeu de fatores como a disponibilidade do respondente correto na empresa ou a ocorrência de feriados ou finais de semana. Por fim, os dados coletados foram extraídos do *QuestionPro* para a realização de sua análise, tema do capítulo 5. O apêndice B contém os dados tabelados de acordo com a numeração das questões apresentadas nos Quadros 4.8, 4.9, 4.10 e 4.11.



## Capítulo 5 - Análise de dados

A análise de dados está dividida em três partes nesta pesquisa: análise descritiva, testes de hipótese e discussão dos resultados. Durante a análise descritiva, o perfil e a caracterização demográfica da amostra são expostos. Além disso, os resultados são tabelados e os construtos explicitados por meio do cálculo da média, mediana e desvio-padrão de cada variável que compõe sua mensuração. A média e a mediana são medidas que auxiliam na localização do centro da distribuição, sintetizando o conjunto de dados em informações úteis para compreensão de como a população expressa esta variável (HAIR JR. *et al.*, 2005). Já o desvio padrão é uma medida de dispersão, que indica a homogeneidade da variável na população (FORZA, 2002). Portanto, a análise descritiva apresenta uma visão geral dos dados e das respostas obtidas para cada questão da *survey*, servindo de apoio para o restante da análise.

Na segunda parte da análise, as diferenças e correlações entre os construtos são avaliados por meio do teste das hipóteses propostas. Para testar as hipóteses que avaliam se existe diferença entre os construtos utilizou-se o método ANOVA. O teste ANOVA (Análise de Variância) é aplicado na verificação da diferença das médias entre dois ou mais grupos de dados (FORZA, 2002). Além disso, é sugerida por Hair Jr. *et al.* (2005) para casos em que a amostra é maior que 30 elementos, o que justifica a não utilização da técnica *t-test*, mesmo quando a diferença é avaliada entre apenas dois grupos. Nesta pesquisa, os testes com ANOVA utilizam como hipótese nula ( $H_0$ ) a proposta de que as médias são iguais, portanto, quando *p-value* menor que 0,05, rejeita-se  $H_0$ , o que indica que existem diferenças significativas entre os construtos ou grupos avaliados. No caso de hipóteses que testam a correlação entre os construtos utiliza-se o método de correlação de *Pearson*. O método mensura a associação linear entre duas variáveis métricas apresentando como resultados o *p-value*, que indica se correlação é estatisticamente significativa, e o coeficiente de correlação, que permite avaliar se esta é positiva ou negativa e sua força por meio dos termos: muito forte (entre  $\pm 0,91$  e  $\pm 1,00$ ), alta (entre  $\pm 0,71$  e  $\pm 0,90$ ), moderada (entre  $\pm 0,41$  e  $\pm 0,70$ ), pequena (entre  $\pm 0,21$  e  $\pm 0,40$ ) e leve (entre  $\pm 0,01$  e  $\pm 0,20$ ) (HAIR JR. *et al.*, 2005). Nestes casos, a hipótese nula ( $H_0$ ) é a de que não há correlação entre os construtos, portanto, rejeita-se  $H_0$  quando *p-value* menor que 0,05, indicando que a correlação é estatisticamente significativa.

O Quadro 5.1 apresenta o plano de análise dos dados da pesquisa, relacionando as questões de pesquisa com as técnicas de análise de dados, construtos, hipóteses e variáveis envolvidas. Estas questões de pesquisa são desdobramentos do objetivo principal do trabalho: analisar como as empresas brasileiras selecionam os componentes eletrônicos que compõem seus

produtos. A análise descritiva e o teste de hipóteses foram realizados por meio dos *softwares Excel® e Minitab 16®*.

Quadro 5.1 – Plano de análise de dados da pesquisa.

Questão de pesquisa	Construtos	Variáveis	Hipóteses	Técnica/análise
Como se distribui a amostra em relação às características das organizações?	CAPORTE CAIDADE CASEG e CAFAT	Q29 a Q37	-	Análise descritiva
Como se distribui a avaliação dos critérios de seleção de componentes eletrônicos na população?	AVALTO, AVBAIXO, AVCOMP, AVAPLIC e AVGERAL	Q1 a Q16	-	Análise descritiva
Como se distribuem as consequências teoricamente ligadas aos critérios de seleção de componentes eletrônicos na população?	CQTEMPO a CQALTO	Q17 a Q28	-	Análise descritiva
Quais são as práticas que as organizações identificam como influentes na diminuição de alterações no BOM do produto?	PIPRAT	Q38 a Q43	-	Análise descritiva
Como a população pesquisada considera a relação entre a seleção de componentes e a sobrevivência da empresa?	PISOBREV	Q44	-	Análise descritiva
A importância dada aos critérios de seleção é influenciada pela avaliação do componente quando se considera ou não o ambiente do produto?	AVCOMP e AVAPLIC	Q1 a Q16	H <sub>1A</sub> a H <sub>1B</sub>	Correlação de <i>Pearson</i> e ANOVA
O valor agregado do componente influencia na importância dada aos critérios de seleção?	AVALTO e AVBAIXO	Q1 a Q16	H <sub>2A</sub> a H <sub>2B</sub>	Correlação de <i>Pearson</i> e ANOVA
Existe diferença ou correlação entre a frequência de problemas ligados à avaliação do componente dentro e fora do ambiente do produto?	CQCOMP e CQAPLIC	Q20 a Q26	H <sub>8A</sub> a H <sub>8B</sub>	Correlação de <i>Pearson</i> e ANOVA
Existe diferença ou correlação entre a frequência de problemas ligados à avaliação de componentes de alto e baixo valor agregado?	CQBAIXO e CQALTO	Q27 e Q28	H <sub>9A</sub> a H <sub>9B</sub>	Correlação de <i>Pearson</i> e ANOVA
A importância dada à avaliação dos componentes eletrônicos influencia no tempo entre o lançamento do produto e necessidade de alteração no BOM?	AVGERAL e CQTEMPO	Q1 a Q19	H <sub>3</sub>	Correlação de <i>Pearson</i>
As importâncias dadas à avaliação dos componentes considerando ou não o ambiente do produto influenciam na frequência de problemas ligada aos mesmos?	AVCOMP, AVAPLIC, CQCOMP e CQAPLIC	Q1 a Q16 e Q20 a Q26	H <sub>4</sub> e H <sub>5</sub>	Correlação de <i>Pearson</i>
As importâncias dadas à avaliação dos componentes de alto ou baixo valor agregado influenciam na frequência de problemas ligada aos mesmos?	AVALTO, AVBAIXO, CQBAIXO e CQALTO	Q27, Q28 e Q1 a Q16	H <sub>6</sub> e H <sub>7</sub>	Correlação de <i>Pearson</i>
A caracterização da organização influencia na importância dada aos critérios de seleção?	AVGERAL, CAPORTE, CAIDADE, CASEG e CAFAT	Q1 a Q16 e Q29 a Q37	H <sub>10</sub> a H <sub>13</sub>	Correlação de <i>Pearson</i> e ANOVA

Na terceira parte da análise, os resultados apresentados na análise descritiva e no teste de hipóteses são somados para a explicitação de evidências que embasem as conclusões de pesquisa. Tais resultados são também confrontados com a literatura a fim de comparar os resultados desta pesquisa com outras que utilizaram amostras, temas ou conclusões semelhantes.

## 5.1 Análise descritiva

Esta seção apresenta os dados obtidos na análise descritiva da pesquisa dividida em 4 seções: caracterização das organizações (seção 5.1.1), distribuição da avaliação dos critérios de seleção (seção 5.1.2), distribuição das consequências ligadas aos critérios de seleção (seção 5.1.3) e práticas e relação entre seleção e sobrevivência (seção 5.1.4).

### 5.1.1 Caracterização das organizações

Esta subseção apresenta a análise descritiva dos construtos ligados a caracterização das organizações. O porte das organizações é o primeiro construto explorado nesta análise por meio da Figura 5.1, que divide a amostra pesquisada entre micro, pequenas, médias e grandes empresas em um gráfico de pizza. Percebe-se a predominância de pequenas empresas (49%) seguido de médias empresas (29%), micro empresas (16%) e grandes empresas (6%), respectivamente.

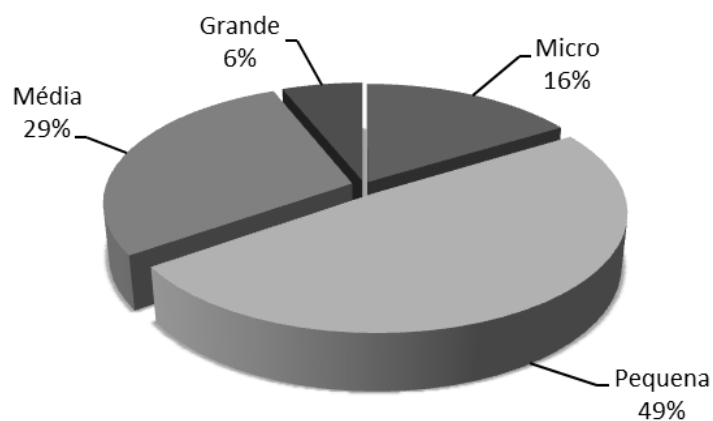


Figura 5.1 – Gráfico de pizza quanto ao porte das empresas participantes.

A Figura 5.2 apresenta um histograma gerado a partir da questão aberta Q30, onde o respondente aponta a idade da empresa em anos. Dentre as empresas da amostra, a maior parte (36,7%) possui entre 21 e 30 anos de existência. As três empresas mais novas tem apenas 3 anos de existência, enquanto a empresa mais velha possui 57 anos de existência.

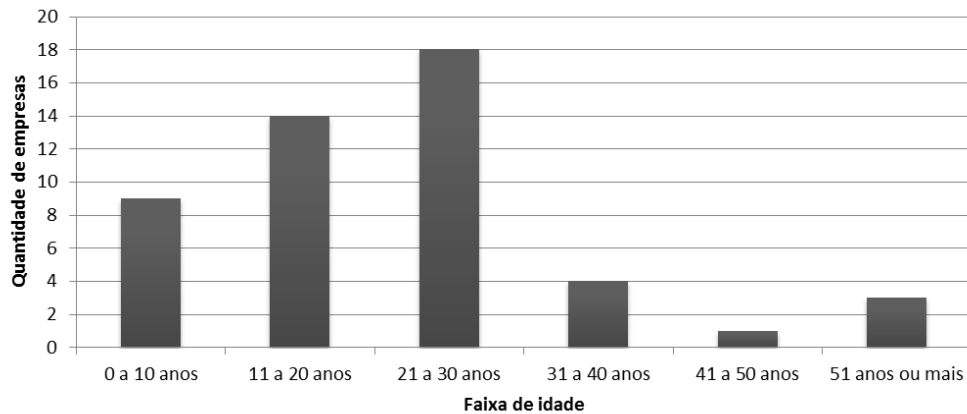


Figura 5.2 – Histograma da idade das empresas participantes.

Em relação ao segmento, destaca-se a quantidade de empresas no setor de equipamentos industriais (34,7% do total). A Figura 5.3 apresenta um gráfico do segmento pelo número de empresas dentro da amostra.

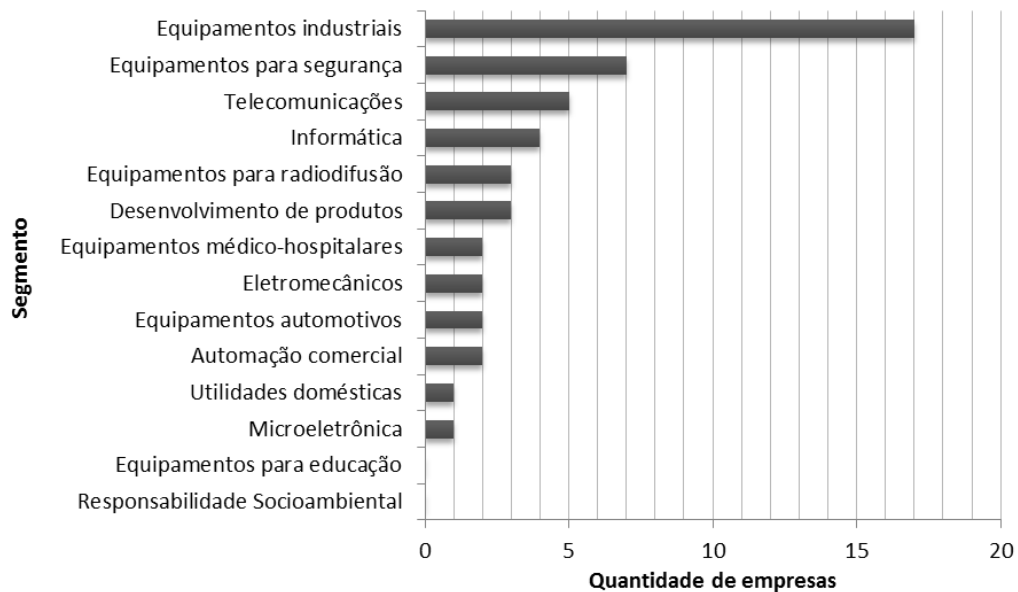


Figura 5.3 – Gráfico de barras quanto ao segmento das empresas participantes.

A influência dos fatores críticos do cenário brasileiro nas empresas da amostra é mensurada por meio do construto CAFAT, formado pela soma dos resultados das questões Q32 a Q37. A Tabela 5.1 apresenta o resultado da cada questão. Como a escala utilizada nestas questões varia entre 0 e 1, o valor da média pode ser interpretado como uma porcentagem das empresas na amostra que admitem a influência do fator durante o processo de seleção. Portanto, pode-se destacar como fatores críticos apontados por mais de 40% das empresas a dificuldade na obtenção de amostras para testes, o suporte técnico insatisfatório e a preocupação com a aquisição de componentes falsificados. Por outro lado, menos de 10% das empresas indicaram a existência de dificuldade de acesso a normas técnicas como um fator crítico. Além disso,

pode-se dizer também que todos os resultados em relação aos valores mínimos e máximos foram 0,0000 e 1,0000 respectivamente. Desta forma, pode-se dizer que, em todos os fatores questionados, houve ao menos uma empresa que apontou a influência e uma empresa não apontou a influência em cada fator.

Tabela 5.1 – Fatores críticos do cenário brasileiro apontado pelas empresas pesquisadas.

Variável	Média	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q32. Obtenção de amostras para testes	0,4694	0,5042	0,0000	1,0000
Q33. Suporte técnico insatisfatório	0,4082	0,4966	0,0000	1,0000
Q34. Preocupação com componentes falsificados	0,4286	0,5000	0,0000	1,0000
Q35. Acesso a normas técnicas	0,0816	0,2766	0,0000	1,0000
Q36. Insatisfação com distribuidores/fornecedores	0,2653	0,4461	0,0000	1,0000
Q37. Burocracia nas políticas de incentivo	0,3265	0,4738	0,0000	1,0000

O resultado do construto CAFAT para cada empresa é a soma das respostas obtidas para cada questão que o compõe, fazendo-o variar, portanto, entre 0 e 6. Para elucidar esta medição, a Figura 5.4 apresenta um histograma de como o construto CAFAT está distribuído entre as empresas.

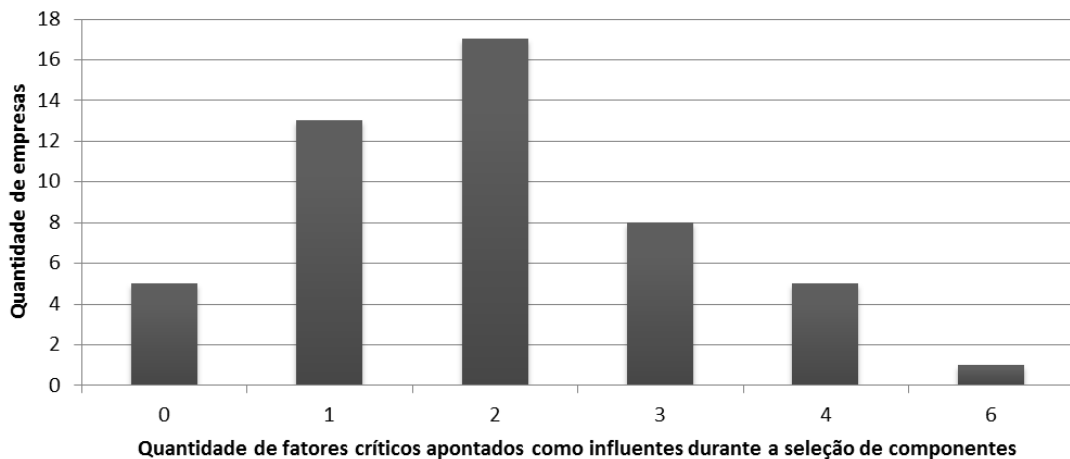


Figura 5.4 – Gráfico de barras do construto CAFAT (fatores críticos do cenário brasileiro) na amostra.

Nota-se que, enquanto 5 empresas (10,2%) indicaram que nenhum fator crítico influencia a seleção de componentes, 17 empresas (34,7%) indicaram que dois dos seis fatores são influentes e 14 empresas (28,6%) apontaram a influência de no mínimo três dos seis fatores. Desta maneira, tem-se que o construto CAFAT apresentou valor médio 1,9796, mediana 2,0000, desvio padrão 1,2664, valor mínimo 0,0000 e valor máximo 6,0000 na amostra pesquisada.

De uma forma geral, as empresas pesquisadas são caracterizadas, em sua maioria, por empresas de pequeno porte, entre 21 e 30 anos de existência, do segmento de equipamentos industriais e que apontam pelo menos dois fatores críticos como influentes na seleção de componentes, principalmente, a dificuldade na obtenção de amostras para testes. A maneira como esta caracterização e sua distribuição na população influencia os demais construtos será tratado na seção 5.2, relativa aos testes de hipóteses. A subseção 5.1.2 dá continuidade à análise descritiva, para os construtos relativos à avaliação dos critérios de seleção de componentes eletrônicos.

### 5.1.2 Distribuição da avaliação dos critérios de seleção

Os construtos responsáveis por mensurar a importância dada a avaliação dos critérios de seleção de componentes eletrônicos são: avaliação para componentes de alto valor agregado (AVALTO), baixo valor agregado (AVBAIXO), desconsiderando o ambiente do produto (AVCOMP), considerando o ambiente do produto (AVAPLIC) e considerando todos os aspectos supracitados (AVGERAL).

Estes construtos são medidos por meio das questões Q1 a Q16. Diferentes formações da soma de resultados destas questões formam os valores de cada um dos construtos, como já explicitado no Quadro 4.8. A Tabela 5.2 expõe os resultados das questões Q1 a Q8, referentes a avaliação dos critérios de seleção para componentes de alto valor agregado (AVALTO). Pode-se destacar os critérios que obtiveram maiores médias e medianas, principalmente, a importância dada aos critérios confiabilidade e desempenho, ambos com média 4,7755, mediana 5,0000 e pertencentes ao grupo aplicação. Ao mesmo tempo, é importante ressaltar a importância dada ao critério acesso à informações, que foi o único a ter a resposta 3 (na escala de 1 a 5) como valor mínimo.

Tabela 5.2 – Importância dada aos critérios de seleção para componentes de alto valor agregado.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q1. Fabricante	4,3878	5,0000	0,9313	1,0000	5,0000
Q2. Distribuidor	3,9184	4,0000	1,0961	1,0000	5,0000
Q3. Família do componente	4,1020	4,0000	0,9184	2,0000	5,0000
Q4. Acesso à informações	4,5714	5,0000	0,5774	3,0000	5,0000
Q5. Desempenho	4,7755	5,0000	0,5868	2,0000	5,0000
Q6. Confiabilidade	4,7755	5,0000	0,5502	2,0000	5,0000
Q7. Compatibilidade de montagem	4,2245	4,0000	0,7975	2,0000	5,0000
Q8. Obsolescência	4,4898	5,0000	0,7671	2,0000	5,0000

A Tabela 5.3 apresenta os resultados das questões Q9 a Q16, referentes à avaliação dos critérios de seleção de componentes de baixo valor agregado (AVBAIXO).

Tabela 5.3 – Importância dada aos critérios de seleção para componentes de baixo valor agregado.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q9. Fabricante	3,7551	4,0000	1,2505	1,0000	5,0000
Q10. Distribuidor	3,4898	4,0000	1,1924	1,0000	5,0000
Q11. Família do componente	3,5102	3,0000	1,1924	1,0000	5,0000
Q12. Acesso à informações	4,0408	4,0000	1,0985	1,0000	5,0000
Q13. Desempenho	4,6327	5,0000	0,6675	2,0000	5,0000
Q14. Confiabilidade	4,5306	5,0000	0,8191	2,0000	5,0000
Q15. Compatibilidade de montagem	4,1224	4,0000	0,8571	2,0000	5,0000
Q16. Obsolescência	4,1020	4,0000	0,9409	2,0000	5,0000

Nota-se que, assim como na Tabela 5.2, os critérios em que a importância obteve maior média e mediana na Tabela 5.3 foram os critérios confiabilidade e desempenho. Também para ambos os casos, as menores médias foram apontadas para os critérios distribuidor e família do componente. Já os critérios de acesso a informações e compatibilidade de montagem obtiveram avaliações diferentes. O critério de acesso a informações possui a terceira maior média para componentes de alto valor agregado e apenas a quinta maior para componentes de baixo valor agregado. De maneira análoga, o critério compatibilidade de montagem possui a terceira maior média para componentes de baixo valor agregado e apenas a sexta maior para componentes de alto valor agregado. Vale ressaltar que este tipo de ordenação não possui embasamento estatístico, mas permite realizar algumas simples comparações durante a análise descritiva.

O construto AVCOMP, relativo à importância dada aos critérios de seleção de componentes fora do ambiente do produto, é formado pela soma dos resultados das questões Q1 a Q4 e Q9 a Q13. Já o construto AVAPLIC, relativo à importância dada aos critérios de seleção de componentes considerando o ambiente do produto, é formado pela soma dos resultados das questões Q5 a Q8 e Q13 a Q16. Por fim, o construto AVGERAL, que mede a avaliação dos componentes independente do valor agregado e independente de se considerar ou não o ambiente do produto, é formado pela soma de todas as questões Q1 a Q16. Portanto, nas Tabelas 5.2 e 5.3 estão explícitos todos os resultados que mensuram os construtos relativos aos critérios de seleção de componentes (AVALTO a AVGERAL). Desta forma, apresenta-se

a Figura 5.5, que ilustra a média dos resultados das questões Q1 a Q16 em um gráfico de formato radar. Cada vértice corresponde a um critério, sendo que os vértices do lado esquerdo são referentes aos critérios do grupo aplicação (AVAPLIC) e do lado direito são relativos ao grupo componente (AVCOMP).

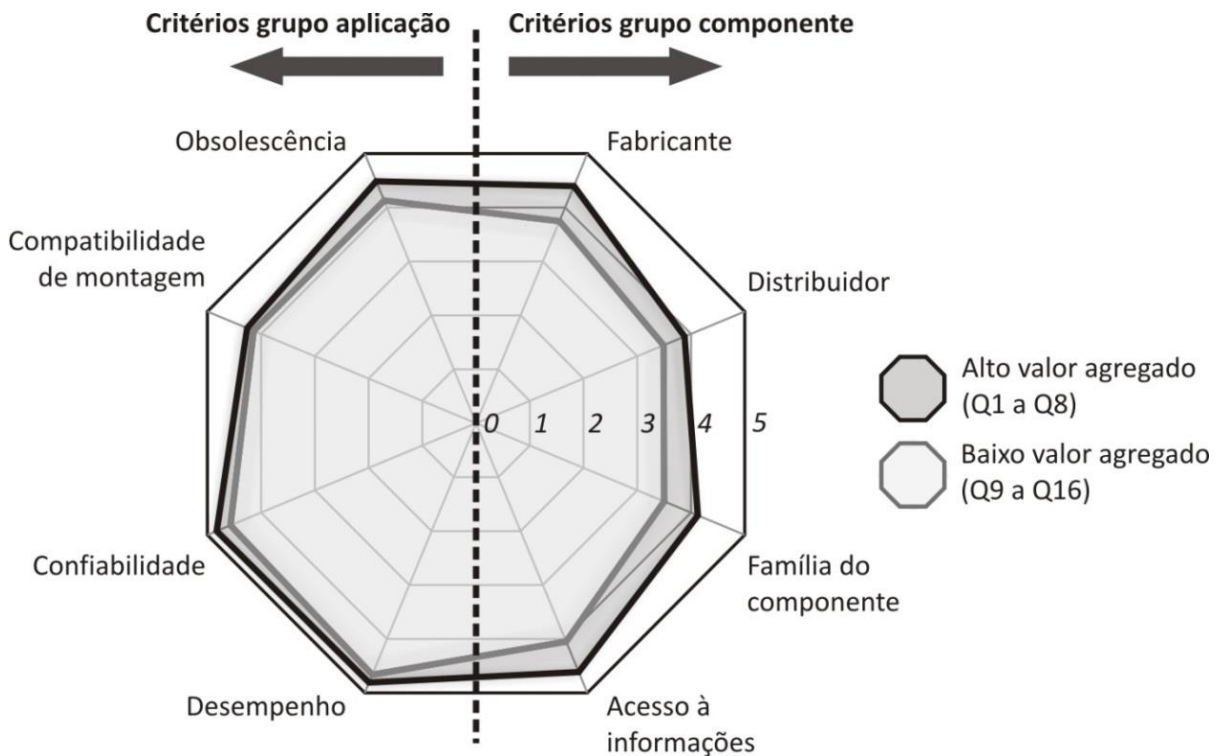


Figura 5.5 – Gráfico em radar da importância dada aos critérios de seleção nas questões Q1 a Q16.

Também se pode distinguir na Figura 5.5 a diferença da média da importância dada aos critérios para componentes de alto e baixo valor agregado por meio da cor do gráfico. O gráfico com contorno preto e área escura representa os valores relativos à importância dada aos critérios para componentes de alto valor agregado (AVALTO), enquanto o gráfico com contorno cinza e área mais clara representa os mesmos valores para componentes de baixo valor agregado (AVBAIXO). Assim, pode-se notar que os valores médios das importâncias dadas a todos os critérios foram maiores para alto valor agregado do que para baixo valor agregado. Ao mesmo tempo, observa-se também que estes mesmos valores são, aparentemente, maiores para os critérios localizados no lado esquerdo (grupo aplicação – AVAPLIC) do que do lado direito (grupo componente – AVCOMP).

A Tabela 5.4 apresenta o resultado final de cada construto relativo à avaliação dos critérios de seleção. Nota-se que, assim como ilustrado na Figura 5.5, a média da importância dada aos critérios de seleção é maior para componentes de alto valor agregado do que de baixo valor agregado e que a média da importância dada aos critérios de seleção para componentes considerando o ambiente do produto (grupo aplicação) é maior que dos critérios que não o



consideram (grupo componente). Isto também é visto nos valores das medianas, já que, as medianas de AVBAIXO e AVCOMP possuem valor 4,0000 enquanto as medianas de AVALTO e AVAPLIC possuem valor 5,0000.

Tabela 5.4 – Resultados dos construtos relativos à avaliação dos critérios de seleção de componentes.

Construto	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
AVALTO	4,4056	5,0000	0,8440	1,0000	5,0000
AVBAIXO	4,0230	4,0000	1,0879	1,0000	5,0000
AVCOMP	3,9719	4,0000	1,1042	1,0000	5,0000
AVAPLIC	4,4566	5,0000	0,7952	2,0000	5,0000
AVGERAL	4,2143	5,0000	0,9917	1,0000	5,0000

Entretanto, as comparações entre os construtos durante a análise descritiva limitam-se às comparações de valores absolutos das médias, medianas, desvio padrão e valores mínimos e máximos. A significância estatística destas comparações é tema da análise de testes de hipóteses, especificamente das hipóteses  $H_{1A}$ ,  $H_{1B}$ ,  $H_{2A}$  e  $H_{2B}$ , tratadas na seção 5.2.

### 5.1.3 Distribuição das consequências ligadas aos critérios de seleção

Cinco construtos avaliam as consequências ligadas à avaliação dos critérios de seleção: tempo para alteração do BOM (CQTEMPO); problemas ligados ao grupo componente (CQCOMP); problemas ligados ao grupo aplicação (CQAPLIC); alterações de componentes de baixo valor agregado (CQBAIXO); e alterações de componentes de alto valor agregado (CQALTO). O construto CQTEMPO foi medido por meio das questões Q17, Q18 e Q19, cujas distribuições das respostas estão representadas na Figura 5.6.

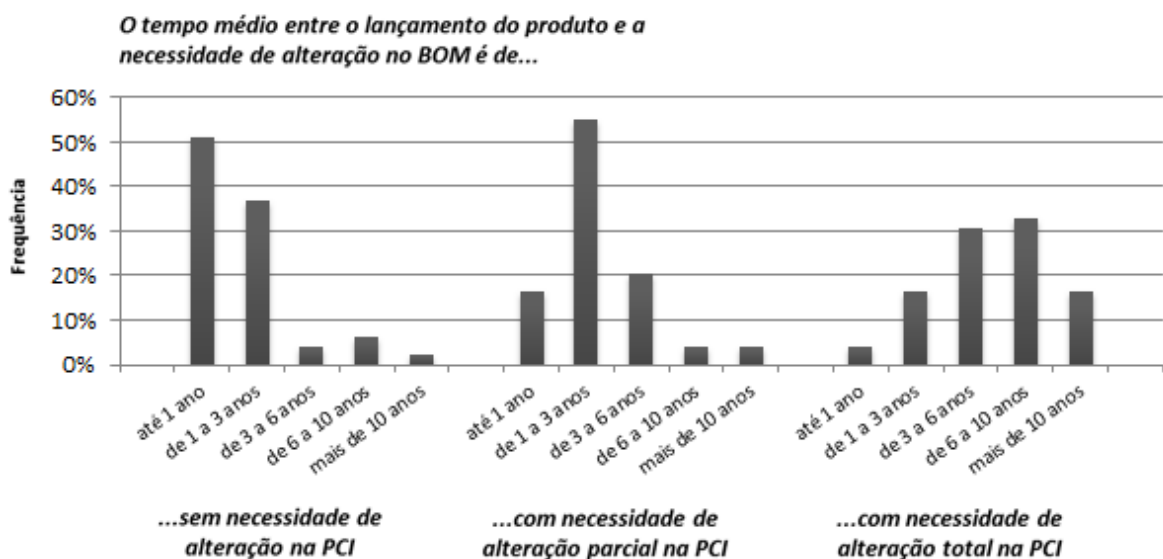


Figura 5.6 – Gráfico de barras com respostas das questões Q17, Q18 e Q19.

Analisando-se a Figura 5.6, nota-se o curto período necessário para alteração no BOM. Em até três anos após o lançamento do produto:

- 88% das empresas afirmam que é necessário trocar ao menos um componente do BOM;
- 71% afirmam que, além de ser necessário alterar o BOM, deve-se realizar alteração parcial da PCI;
- e 20% afirmam que, além de ser necessário alterar o BOM, deve-se realizar alteração total da PCI.

Para mensurar o construto CQTEMPO utilizam-se os valores de 1 a 5, respectivos aos rótulos “até 1 ano”, “de 1 a 3 anos”, “de 3 a 6 anos”, “6 a 10 anos” e “mais de 10 anos”. A Tabela 5.5 apresenta os resultados das questões Q17, Q18 e Q19 de forma quantitativa. Percebe-se que a medida que há a necessidade de alterações na PCI, o valor médio e a mediana aumentam.

Tabela 5.5 – Valores para formação do construto tempo para alteração no BOM (CQTEMPO).

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q17. Necessidade de alteração no BOM sem reprojeção da PCI	1,7143	1,0000	0,9574	1,0000	5,0000
Q18. Necessidade de alteração no BOM com reprojeção parcial da PCI	2,2449	2,0000	0,9249	1,0000	5,0000
Q19. Necessidade de alteração no BOM com reprojeção total da PCI	3,4082	3,0000	1,0785	1,0000	5,0000

Em seguida, faz-se a análise dos construtos CQCOMP e CQAPLIC, que medem a frequência com que as necessidades de alterações no BOM são motivadas por problemas teoricamente ligados a avaliação, respectivamente, dos critérios que não consideram o ambiente do produto e dos critérios que consideram o ambiente do produto. A Tabela 5.6 apresenta os resultados das questões Q20, Q21, Q22 e Q23, que somados, mensuram o construto CQCOMP. Nota-se que o motivo apontado como mais frequente pela amostra pesquisada foi o caso de alteração no BOM por o componente ter se tornado obsoleto sem que a empresa fosse notificada.

Tabela 5.6 – Frequência dos motivos causadores de alterações no BOM ligados ao grupo componente.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q20. Componente obsoleto sem aviso	2,6939	3,0000	1,2282	1,0000	5,0000
Q21. Fabricante alterou o componente sem aviso	1,4898	1,0000	0,8926	1,0000	4,0000
Q22. Não desempenha sua função como foi especificado	1,7346	2,0000	0,8107	1,0000	4,0000
Q23. Não é confiável como foi especificado	1,6939	1,0000	1,0248	1,0000	5,0000

De forma análoga à Tabela 5.6, a Tabela 5.7 apresenta os resultados das questões Q24, Q25 e Q26, que somados, mensuram o construto CQAPLIC. Nota-se que, novamente, a obsolescência de componentes é o motivo mais frequente para a necessidade de alterações no BOM. A diferença, neste caso, é que as empresas foram previamente notificadas. Mesmo que a comparação com outros motivos não tenha significância estatística, fica evidente que a obsolescência de componentes com ou sem a ciência da empresa é um problema real na população estudada.

Tabela 5.7 – Frequência dos motivos causadores de alterações no BOM ligados ao grupo aplicação.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q24. Componente obsoleto com aviso	2,8776	3,0000	1,2355	1,0000	5,0000
Q25. Incompatibilidade com o processo de montagem da empresa	1,9591	2,0000	1,0198	1,0000	5,0000
Q26. Erro no projeto	2,3673	2,0000	1,0742	1,0000	5,0000

A Figura 5.7 apresenta um gráfico de barras que permite a comparação visual entre as médias obtidas com as questões Q20 a Q26. O gráfico diferencia com barras mais escuras as questões que mensuram os motivos ligados ao grupo componente (CQCOMP) e com barras mais claras as ligadas ao grupo aplicação (CQAPLIC). Além disso, as barras estão ordenadas de acordo com a média e com o construto aos quais cada questão mede.

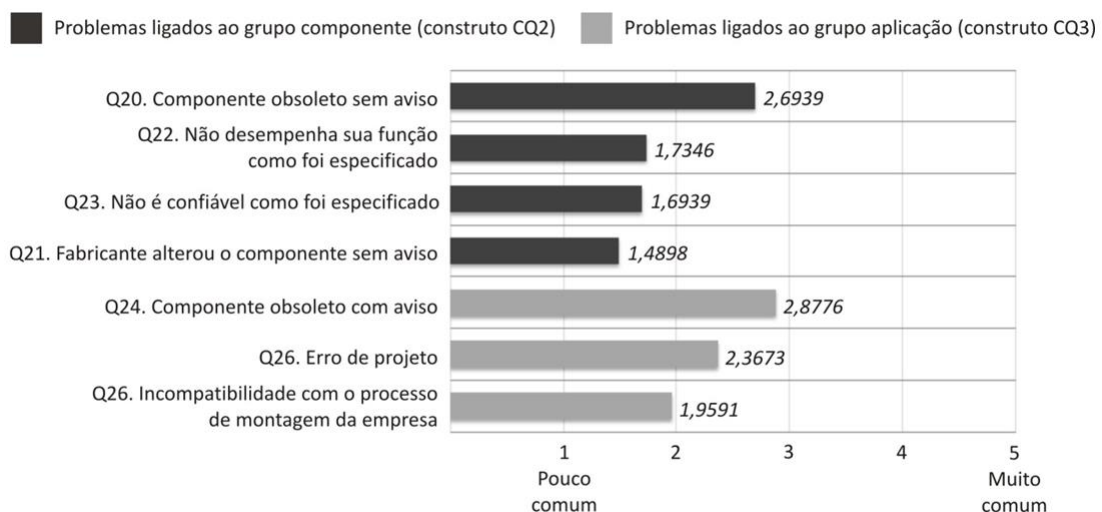


Figura 5.7 – Gráfico de barras com respostas das questões Q17, Q18 e Q19.

Observando-se a Figura 5.7, pode-se dizer que os problemas ligados ao grupo aplicação aparentam ser mais comuns que os ligados ao grupo componente, entretanto, a significância estatística desta comparação é tema da análise de testes de hipóteses (seção 5.2), especificamente das hipóteses  $H_{8A}$  e  $H_{8B}$ .

Os construtos CQBAIXO e CQALTO medem a frequência da necessidade de alterações no BOM para componentes de baixo e alto valor agregado respectivamente. Ambos os construtos são constituídos de apenas uma questão cada (Q27 para CQBAIXO e Q28 para CQALTO), cujos resultados estão apresentados na Figura 5.8.

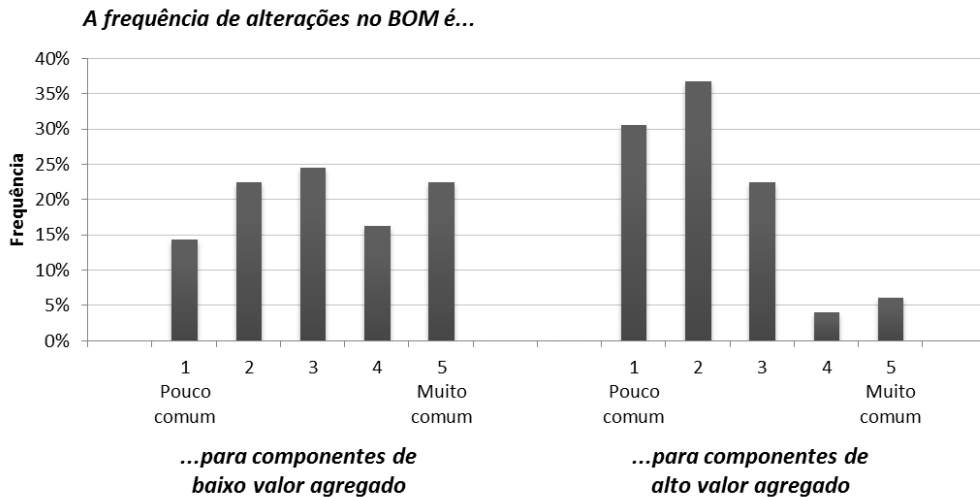


Figura 5.8 – Gráfico de barras com respostas das questões Q27 e Q28.

Pode-se notar na Figura 5.8 que, enquanto a distribuição da frequência de alterações para componentes de baixo valor agregado obteve aparência uniforme, houve uma tendência em afirmar que a necessidade de alterações é pouco comum para componentes de alto valor agregado. Isto se reflete nos resultados apresentados na Tabela 5.8, onde, além da média e da mediana apresentarem valores maiores em Q27 que em Q28, tem-se também o desvio-padrão com o mesmo comportamento.

Tabela 5.8 – Valores para formação do construto tempo para alteração no BOM (CQTEMPO).

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q27. Frequência de alterações no BOM para componentes de baixo valor agregado	3,1020	3,0000	1,3730	1,0000	5,0000
Q28. Frequência de alterações no BOM para componentes de alto valor agregado	2,1837	2,0000	1,1119	1,0000	5,0000

De um modo geral, pode-se dizer que a maioria das empresas pesquisadas considera pouca frequência de alterações de componentes de alto valor agregado, enquanto que a percepção do mesmo parâmetro para os de baixo valor agregado varia de empresa para empresa. Entretanto, não é possível afirmar que um construto obteve média estatisticamente maior que outro para a população pesquisada com base apenas nestas observações. A significância estatística desta comparação é realizada por meio do teste das hipóteses  $H_{9A}$  e  $H_{9B}$  (tratadas na seção 5.2).

A Tabela 5.9 apresenta os resultados finais dos construtos relativos às consequências ligadas à avaliação dos critérios de seleção, restando apenas à análise descritiva dos construtos sobre as práticas para prevenção de alterações no BOM e a relação entre a seleção e sobrevivência da empresa, tema da próxima seção.

Tabela 5.9 – Resultados dos construtos relativos às consequências da avaliação dos critérios de seleção.

Construto	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
CQTEMPO	2,4557	2,0000	1,2120	1,0000	5,0000
CQCOMP	1,9031	2,0000	1,0981	1,0000	5,0000
CQAPLIC	2,4014	2,0000	1,1684	1,0000	5,0000
CQBAIXO	3,1020	3,0000	1,3730	1,0000	5,0000
CQALTO	2,1837	2,0000	1,1119	1,0000	5,0000

#### 5.1.4 Práticas e relação entre seleção e sobrevivência

Os construtos PIPRAT e PISOBREV descrevem a percepção das empresas em relação às práticas consideradas influentes na diminuição do número de alterações do BOM e o quanto a organização considera a seleção de componentes importante para sua sobrevivência.

O construto PIPRAT faz referência ao conjunto de práticas que as empresas acreditam serem importantes na prevenção de alterações do BOM após o lançamento do produto, ou seja, práticas que diminuiriam o valor medido de CQTEMPO. Entretanto, não se avalia o quanto as empresas estudadas realizam tais práticas, apenas se pretende compreender como a importância dada a cada uma destas práticas está distribuída na população. A Tabela 5.10 apresenta os resultados das questões Q38 a Q43, que indaga as empresas em relação a percepção da importância das práticas sugeridas. Já a Figura 5.9 apresenta os mesmos resultados porém num gráfico de barras, ordenado pela média obtida em relação a importância.

Tabela 5.10 – Importância dada às práticas para diminuição da necessidade de alterações no BOM.

Variável	Média	Mediana	Desvio padrão	Mínimo	Máximo
Q38. Regras para seleção de componentes	3,9592	4,0000	1,1540	1,0000	5,0000
Q39. Troca de informações com distribuidores	3,8163	4,0000	0,9932	1,0000	5,0000
Q40. Troca de informações entre áreas funcionais	3,6735	4,0000	1,2143	1,0000	5,0000
Q41. Troca de informações com outras empresas	2,3878	2,0000	1,1514	1,0000	5,0000
Q42. Troca de informações com CTs e universidades	2,1429	2,0000	1,1902	1,0000	5,0000
Q43. Atenção constante ao lançamento de tecnologias	4,1020	5,0000	1,1591	1,0000	5,0000

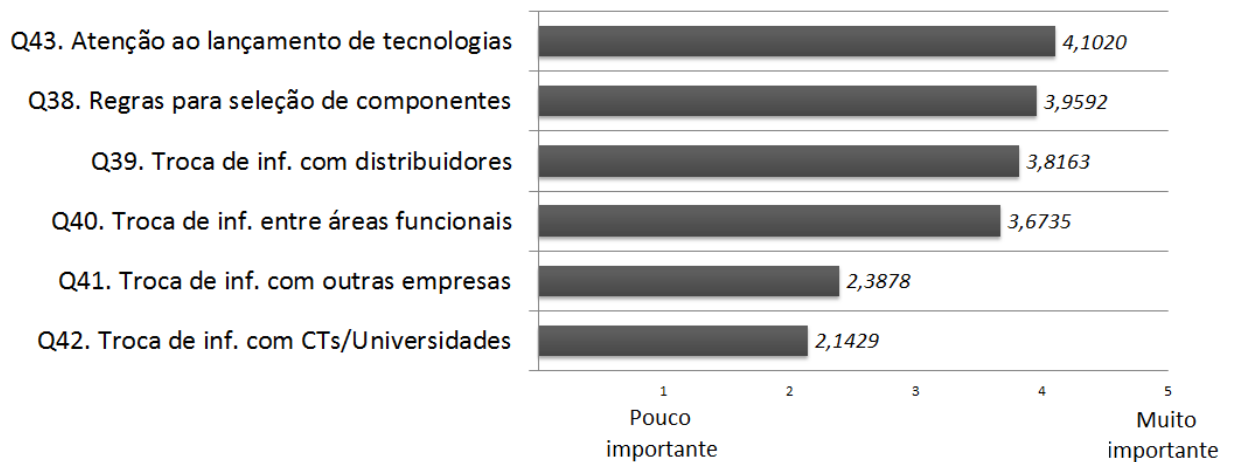


Figura 5.9 – Gráfico de barras com respostas das questões Q38 e Q43.

Estes construtos possuem **caráter estritamente descritivo nesta pesquisa**, por isso, é coerente realizar uma discussão com os resultados obtidos e a literatura relacionada ao assunto nesta seção. Nota-se na Tabela 5.10 e na Figura 5.9 que, as quatro práticas com maior média e que possuem mediana entre 4,0000 e 5,0000 são sustentadas pela fundamentação teórica. Empresas atentas às novas tecnologias lançadas pelos fabricantes de componentes correm menor risco de serem surpreendidas com componentes obsoletos (SOLOMON, SANDBORN & PECHT, 2000; BRADLEY & GUERRERO, 2008; ROJO, ROY & SHEHAB, 2010). As regras para seleção de componentes formam a base tanto para o ECMP (*Electronic Componentes Management Plan*), definido pelas normas ANSI EIA 4899 e IEC/TS 62239, quanto para o método de seleção e gestão de componentes descrito pelo CALCE (*Center for Advanced Life Cycle Engineering*) (JACKSON *et al.*, 1999; GEIA, 2002; PECHT, 2004; IEC, 2008). A participação e a troca de informações com distribuidores são vistas como práticas importantes tanto para diminuir o custo e o tempo do PDP, quanto para o acompanhamento do produto após o lançamento no mercado, melhorando o canal de informações entre o fabricante e a empresa que utiliza o componente (MURRAY *et al.*, 2002; HASKELL, 2004; MCIVOR, HUMPHREYS & CADDEN, 2006; SALGADO, 2011; YANG *et al.*, 2011a). Gausemeier, Dumitrescu & Nordsiek (2011) destaca a troca de informações entre os responsáveis pela seleção dos componentes e os responsáveis pela montagem e produção do produto, argumentando que a falta de comunicação entre estas partes podem inviabilizar técnica ou economicamente a montagem do produto. Haskell (2004) afirma que a troca de informações entre os responsáveis pela seleção e o time de compras da empresa é crucial, já que um relacionamento sequencial, onde o time de compras recebe o BOM sem participar de seu processo de seleção, pode acarretar em altos tempos de entrega e na inviabilidade econômica do produto.

Segundo um levantamento realizado com pequenas e médias empresas do setor eletrônico brasileiro, os principais fatores que impedem que as empresas utilizem ou troquem conhecimento com centros de tecnologia ou universidades são o excesso de burocracia e a falta de comprometimento de tais institutos (ABINEE, 2010). A questão Q42, que avalia a importância dada à troca de informações com estes órgãos, mostrou que as empresas pesquisadas, de fato, pontuaram esta prática como de menor importância.

O construto PISOBREV avalia o quanto as empresas pesquisadas consideram importante a atividade de seleção de componentes para sua sobrevivência. Seu resultado é medido por meio da questão Q44, cujas respostas obtidas estão apresentadas na Figura 5.10.



Figura 5.10 – Gráfico de barras com respostas da questão Q44.

Como resultados finais para o construto PISOBREV tem-se: valor médio 5,2857, mediana 6,0000, desvio padrão 1,5811, valor mínimo 1,0000 e máximo 7,0000. Com base nestes resultados e na Figura 5.10, pode-se dizer que a maior parte das empresas pesquisadas aponta uma alta importância da atividade de seleção de componentes para a sobrevivência da organização. Entretanto, não foi encontrada na literatura dados que permitissem a comparação com o mesmo parâmetro em outras populações. Portanto, pode-se apenas inferir que a população desta pesquisa respondeu que tal relação é importante, o que não significa que, na prática, tal atividade seja colocada como prioritária.

A análise descritiva dos construtos PIPRAT e PISOBREV encerra a seção 5.1. A próxima seção apresenta os testes das hipóteses propostas por esta pesquisa.

## 5.2 Testes de hipóteses

Esta seção analisa as diferenças e correlações entre os construtos por meio do teste das hipóteses propostas na seção 4.1 e está dividida em 4 subseções: relações entre os grupos de

critérios de avaliação (seção 5.2.1), relações entre as consequências ligadas aos critérios de avaliação (seção 5.2.2), relação entre avaliação de componentes e suas consequências (seção 5.2.3) e relação entre caracterização e avaliação de componentes (seção 5.2.4).

### 5.2.1 Relações entre os grupos de critérios de avaliação

A diferença e a relação entre a avaliação de componentes considerando ou não o ambiente do produto são analisadas por meio do teste das hipóteses  $H_{1A}$  e  $H_{1B}$ , que propõem, respectivamente:

- **$H_{1A}$** : A importância dada a avaliação dos critérios de seleção do componente **dentro e fora do ambiente** do produto são **diferentes**.
- **$H_{1B}$** : Existe **correlação positiva** entre a importância dada a avaliação dos critérios de seleção do componente **dentro e fora do ambiente** do produto.

De forma análoga, tem-se  $H_{2A}$  e  $H_{2B}$ , que investigam a diferença e a relação entre avaliação de componentes de alto e baixo valor agregado:

- **$H_{2A}$** : A importância dada a avaliação dos critérios de seleção para componentes de **alto e baixo valor agregado** são diferentes.
- **$H_{2B}$** : Existe **correlação positiva** entre a importância dada a avaliação dos critérios de seleção para componentes **de alto e baixo valor agregado**.

Para as hipóteses  $H_{1A}$  e  $H_{2A}$ , utilizou-se a técnica ANOVA com a hipótese nula ( $H_0$ ) pressupondo que as médias obtidas nos construtos envolvidos são estatisticamente iguais. A Tabela 5.11 apresenta o resultado dos testes destas hipóteses, assim como  $F$ ,  $p$ -value, nível de significância (bi-caudal) e as médias dos construtos envolvidos. Nota-se que  $H_0$  é rejeitada tanto para  $H_{1A}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 16,39$ ;  $p < 0,05$ ) quanto para  $H_{2A}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 11,82$ ;  $p < 0,05$ ), consequentemente,  **$H_{1A}$  e  $H_{2A}$  são aceitas**. Isto evidencia que existe diferença na avaliação entre os critérios do grupo componente e do grupo aplicação e entre os componentes de alto e baixo valor agregado.

Tabela 5.11 – Resultados do teste ANOVA para as hipóteses  $H_{1A}$  e  $H_{2A}$ .

Hipótese	Construto	Média	$F$	$P$ -value	Nível de significância	Resultado
$H_{1A}$	AVCOMP	3,9719	16,39	0,000	0,01	Aceita $H_{1A}$
	AVAPLIC	4,4566				
$H_{2A}$	AVBAIXO	4,0230	11,82	0,001	0,01	Aceita $H_{2A}$
	AVALTO	4,4056				



Nas hipóteses  $H_{1B}$  e  $H_{2B}$ , a hipótese nula ( $H_0$ ) considera que não há correlação entre os construtos envolvidos. Os resultados dos testes de correlação de *Pearson* relacionados a estas hipóteses estão explícitos na Tabela 5.12. Observa-se que  $H_0$  é rejeitada com nível de significância 0,01 para  $H_{1B}$  ( $p = 0,016 < 0,05$ ) e  $H_{2B}$  ( $p = 0,000 < 0,05$ ), consequentemente, **aceitam-se  $H_{1B}$  e  $H_{2B}$ .**

Tabela 5.12 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para as hipóteses  $H_{1B}$  e  $H_{2B}$ .

Hipótese	Construtos relacionados	Coefficiente de correlação de <i>Pearson</i>	<i>P-value</i>	Nível de significância	Resultado
$H_{1B}$	AVCOMP x AVAPLIC	0,342 (pequena)	0,016	0,01	Aceita $H_{1B}$
$H_{2B}$	AVBAIXO x AVALTO	0,530 (moderada)	0,000	0,01	Aceita $H_{2B}$

Apesar do coeficiente de correção de *Pearson* ser considerado pequeno em  $H_{1B}$  e moderado em  $H_{2B}$ , os resultados da análise de dados evidenciam que existe correlação positiva na avaliação dos critérios do grupo componente e do grupo aplicação e na avaliação dos componentes de alto e de baixo valor agregado. De forma geral, quanto maior a importância dada a um grupo de critérios maior a importância dada ao outro grupo. Da mesma maneira, quanto maior a importância dada a componentes de alto valor agregado, maior a importância dada a componentes de baixo valor agregado.

### 5.2.2 Relações entre as consequências ligadas aos critérios de avaliação

As hipóteses  $H_{8A}$ ,  $H_{8B}$ ,  $H_{9A}$  e  $H_{9B}$  analisam as diferenças e as relações entre os construtos que medem as consequências ligadas aos critérios de avaliação. Destas,  $H_{8A}$  e  $H_{8B}$  estão relacionadas à frequência de problemas ligados ao grupo componente (CQCOMP) e ao grupo aplicação (CQAPLIC) e são definidas como:

- **$H_{8A}$ :** A frequência de alterações no BOM motivadas por problemas ligados ao grupo componente e ao grupo aplicação é diferente.
- **$H_{8B}$ :** Existe correlação positiva entre a frequência de problemas ligados ao grupo componente e ao grupo aplicação.

De forma análoga,  $H_{9A}$  e  $H_{9B}$  estão relacionadas à frequência de problemas com componentes de baixo valor agregado (CQBAIXO) e de alto valor agregado (CQALTO), propondo:

- **$H_{9A}$ :** A frequência de alterações no BOM é diferente entre componentes de alto e baixo valor agregado.
- **$H_{9B}$ :** Existe correlação positiva entre a frequência de problemas com componentes de alto e baixo valor agregado.

Para as hipóteses  $H_{8A}$  e  $H_{9A}$ , utilizou-se a técnica ANOVA definindo a hipótese nula ( $H_0$ ) como a igualdade das médias dos construtos envolvidos. A Tabela 5.13 apresenta o resultado dos testes destas hipóteses. Nota-se que  $H_0$  é rejeitada tanto para  $H_{8A}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 16,52; p < 0,05$ ) quanto para  $H_{9A}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 13,24; p < 0,05$ ), conseqüentemente,  **$H_{8A}$  e  $H_{9A}$  são aceitas**. Portanto, é evidente que existe diferença na frequência de alterações no BOM motivada por problemas ligados aos critérios do grupo componente e do grupo aplicação. Além disso, existe diferença na frequência de alterações no BOM entre componentes de alto e baixo valor agregado.

Tabela 5.13 – Resultados do teste ANOVA para as hipóteses  $H_{8A}$  e  $H_{9A}$ .

Hipótese	Construto	Média	F	P-value	Nível de significância	Resultado
$H_{8A}$	CQCOMP	1,903	16,52	0,000	0,01	Aceita $H_{8A}$
	CQAPLIC	2,401				
$H_{9A}$	CQBAIXO	3,102	13,24	0,000	0,01	Aceita $H_{9A}$
	CQALTO	2,184				

Em  $H_{8B}$  e  $H_{9B}$ , a hipótese nula ( $H_0$ ) pressupõe que não há correlação entre os construtos envolvidos. A Tabela 5.14 apresenta os resultados dos testes de correlação de *Pearson* para estas hipóteses. Observa-se que  $H_0$  é rejeitada para  $H_{8B}$  ( $p = 0,001 < 0,05$ ) e é aceita para  $H_{9B}$  ( $p = 0,715 > 0,05$ ), conseqüentemente,  **$H_{8B}$  é aceita e  $H_{9B}$  é rejeitada**.

Tabela 5.14 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para as hipóteses  $H_{8B}$  e  $H_{9B}$ .

Hipótese	Construtos relacionados	Coefficiente de correlação de <i>Pearson</i>	P-value	Nível de significância	Resultado
$H_{8B}$	CQCOMP x CQAPLIC	0,476 (moderada)	0,001	0,01	Aceita $H_{8B}$
$H_{9B}$	CQBAIXO x CQALTO	-0,053	0,715	0,01	Rejeita $H_{9B}$

No caso de  $H_{8B}$ , mesmo que o coeficiente de correlação de *Pearson* ser considerado moderado, o resultado da análise dos dados evidencia que existe correlação positiva entre a frequência de problemas ligados ao grupo componente e a frequência de problemas ligados ao grupo aplicação. Portanto, empresas que relatam maior frequência de alterações no BOM por motivos relacionados ao grupo componente tendem também a relatar maior frequência de alterações no BOM por motivos relacionados ao grupo aplicação.

Por outro lado, como  $H_{9B}$  está rejeitada, não há evidências que confirmem qualquer relação entre a frequência de problemas de componentes de baixo e alto valor agregado. O que sugere que a proporcionalidade da frequência de alterações no BOM entre estes tipos de componentes difere de empresa para empresa.

### 5.2.3 Relação entre avaliação dos critérios de seleção e suas consequências

A relação entre a importância dada à avaliação dos critérios e suas consequências é analisada por meio das hipóteses H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, H<sub>6</sub> e H<sub>7</sub>, que propõem:

- **H<sub>3</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção está positivamente relacionada com o tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de **alteração do BOM**.
- **H<sub>4</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção do **grupo componente** está negativamente relacionada à frequência de problemas ligados aos mesmos.
- **H<sub>5</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção do **grupo aplicação** está negativamente relacionada à frequência de problemas ligados aos mesmos.
- **H<sub>6</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção para componentes de **baixo valor agregado** está negativamente relacionada à frequência de problemas com os mesmos.
- **H<sub>7</sub>**: A importância dada aos critérios de seleção para componentes de **alto valor agregado** está negativamente relacionada à frequência de problemas com os mesmos.

O teste de correlação de *Pearson* foi utilizado, sendo que a hipótese nula (H<sub>0</sub>) pressupõe que não há correlação entre os construtos envolvidos. Os resultados dos testes de correlação de *Pearson* relacionados a estas hipóteses estão explícitos na Tabela 5.15. Nota-se que o *p-value* apresentou valor maior que 0,05 em todos os testes, o que permite aceitar as hipóteses nulas, e consequentemente, **rejeitam-se H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, H<sub>6</sub> e H<sub>7</sub>**. Não se pretende, com estas hipóteses, inferir que organizações que dão mais importância a certo critério teriam, posteriormente, menos problemas, o que se caracterizaria como uma relação causal e o propósito, nesta pesquisa, é apenas descrever estas tendências na população. Entretanto, ao se rejeitar as hipóteses H<sub>3</sub> a H<sub>7</sub>, pode-se dizer que não há evidências que identifiquem alguma tendência entre a importância dada aos critérios de avaliação e as consequências teoricamente ligadas a estes.

Tabela 5.15 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para as hipóteses H<sub>3</sub>, H<sub>4</sub>, H<sub>5</sub>, H<sub>6</sub> e H<sub>7</sub>.

Hipótese	Construtos relacionados	Coefficiente de correlação de <i>Pearson</i>	<i>P-value</i>	Nível de significância	Resultado
H <sub>3</sub>	AVGERAL x CQTROCA	-0,036	0,805	0,01	Rejeita H <sub>3</sub>
H <sub>4</sub>	AVCOMP x CQCOMP	0,021	0,885	0,01	Rejeita H <sub>4</sub>
H <sub>5</sub>	AVAPLIC x CQAPLIC	-0,167	0,252	0,01	Rejeita H <sub>5</sub>
H <sub>6</sub>	AVBAIXO x CQBAIXO	-0,106	0,468	0,01	Rejeita H <sub>6</sub>
H <sub>7</sub>	AVALTO x CQALTO	0,191	0,189	0,01	Rejeita H <sub>7</sub>

### 5.2.4 Relação entre a caracterização da empresa e a avaliação dos critérios de seleção

As hipóteses  $H_{10}$  a  $H_{13}$  propõem correlações entre os construtos que caracterizam as organizações e o construto AVGERAL, que mede a importância dada aos critérios de seleção componentes eletrônicos. Tais hipóteses inferem que:

- **$H_{10}$** : A influência dos **fatores críticos do cenário brasileiro** à organização está positivamente relacionada a importância dada aos critérios de seleção.
- **$H_{11}$** : A importância dada aos critérios de seleção difere de acordo com o **porte** da empresa.
- **$H_{12}$** : A importância dada aos critérios de seleção está positivamente relacionada com a **idade** da empresa.
- **$H_{13}$** : A importância dada aos critérios de seleção difere de acordo com o **segmento** da empresa.

Para  $H_{10}$  e  $H_{12}$ , a hipótese nula ( $H_0$ ) pressupõe que não há correlação entre os construtos envolvidos. A Tabela 5.16 apresenta os resultados dos testes de correlação de *Pearson* para estas hipóteses. Nota-se que  $H_0$  é rejeitada para  $H_{10}$  ( $p = 0,034 < 0,05$ ) e é aceita para  $H_{13}$  ( $p = 0,148 > 0,05$ ), consequentemente,  **$H_{10}$  é aceita e  $H_{13}$  é rejeitada.**

Tabela 5.16 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para as hipóteses  $H_{10}$  e  $H_{13}$ .

Hipótese	Construtos relacionados	Coefficiente de correlação de <i>Pearson</i>	<i>P-value</i>	Nível de significância	Resultado
$H_{10}$	AVGERAL x CAFAT	0,303 (pequena)	0,034	0,01	Aceita $H_{10}$
$H_{12}$	AVGERAL x CAIDADE	0,210	0,148	0,01	Rejeita $H_{13}$

Ainda que o coeficiente de correlação de *Pearson* em  $H_{10}$  ser considerado pequeno, o resultado da análise dos dados evidencia que existe correlação positiva entre a influência dos fatores críticos do cenário brasileiro na organização e a importância dada aos critérios de seleção. Desta forma, pode-se dizer que empresas que relatam maior influência destes fatores críticos em suas atividades de seleção tendem a relatar maior importância na avaliação dos critérios de seleção. Ao mesmo tempo, ao se rejeitar  $H_{12}$ , não há evidências que confirmem qualquer relação entre a idade da organização e a importância dada aos critérios de seleção.

Para as hipóteses  $H_{11}$  e  $H_{13}$ , utilizou-se a técnica ANOVA com a hipótese nula ( $H_0$ ) pressupondo que a média do construto AVGERAL para os diferentes portes (no caso de  $H_{11}$ ) e segmentos (no caso de  $H_{13}$ ) seriam estatisticamente iguais. As Tabelas 5.17 e 5.18

apresentam os resultados dos testes das hipóteses  $H_{11}$  e  $H_{13}$ , respectivamente. Nota-se que  $H_0$  é aceita tanto para  $H_{11}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 1,59; p > 0,05$ ) quanto para  $H_{13}$  ( $F_{(0,01; 1, 96)} = 0,67; p > 0,05$ ), portanto,  **$H_{11}$  e  $H_{13}$  são rejeitadas.**

Tabela 5.17 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para a hipótese  $H_{11}$ .

CAPORTE	AVGERAL	N	F	P-value	Nível de significância	Resultado
Micro	4,0000	8	1,59	0,206	0,01	Rejeita $H_{11}$
Pequena	4,3594	24				
Média	4,1116	14				
Grande	4,1042	3				

Ao se rejeitar  $H_{11}$  tem-se evidência para afirmar que, na amostra pesquisada, não há diferença estatística entre a importância dada aos critérios de seleção em empresas de diferentes portes. De forma análoga, rejeitando-se  $H_{13}$ , pode-se dizer que não há diferença estatística entre a importância dada aos critérios de seleção em empresas de diferentes segmentos. A próxima seção discute os resultados reportados nas seções 5.1 e 5.2.

Tabela 5.18 – Resultados do teste de correlação de *Pearson* para as hipóteses  $H_{1B}$  e  $H_{2B}$ .

CASEG	AVGERAL	N	F	P-value	Nível de significância	Resultado
Automação comercial	4,0313	2	0,67	0,754	0,01	Rejeita $H_{13}$
Desenvolvimento de produtos	4,1458	3				
Eletromecânicos	4,3438	2				
Equipamentos automotivos	4,0625	2				
Equipamentos industriais	4,2426	17				
Equipamentos médico-hospitalares	4,5000	2				
Equipamentos para radiodifusão	4,5208	3				
Equipamentos para segurança	4,2054	7				
Informática	4,4531	4				
Microeletrônica	3,4375	1				
Telecomunicações	3,9375	5				
Utilidades domésticas	4,1250	1				

### 5.3 Discussão dos resultados

Esta seção visa discutir os resultados obtidos durante a análise descritiva e o teste de hipóteses confrontando-os com a literatura a cerca do assunto e embasando as conclusões de pesquisa. Para isso, será dividida em 4 subseções: caracterização das organizações (5.3.1); avaliação

dos critérios de seleção (5.3.2); consequências ligadas aos critérios de seleção (5.3.3); e relações entre os construtos de caracterização, avaliação e consequências (5.3.4).

Esta divisão é motivada pelo modelo teórico da pesquisa apresentado na Figura 4.2, que agrupa os construtos por aqueles ligados à caracterização da empresa, os ligados à avaliação de componentes e os ligados às consequências, além de explicitar as hipóteses que propõem relações entre tais construtos. Neste contexto, apresenta-se a Figura 5.11, que é uma nova ilustração deste modelo mas com a indicação das hipóteses aceitas e rejeitadas e das subseções as quais cada análise é conduzida. As hipóteses  $H_{1A}$ ,  $H_{1B}$ ,  $H_{2A}$ ,  $H_{2B}$ ,  $H_{8A}$ ,  $H_{8B}$ ,  $H_{9A}$  e  $H_{10}$  estão representadas por linhas em maior destaque (mais grossas e mais escuras) pois foram as hipóteses aceitas, enquanto as demais estão representadas por linhas em menor destaque (mais finas e mais claras) pois foram as hipóteses rejeitadas.

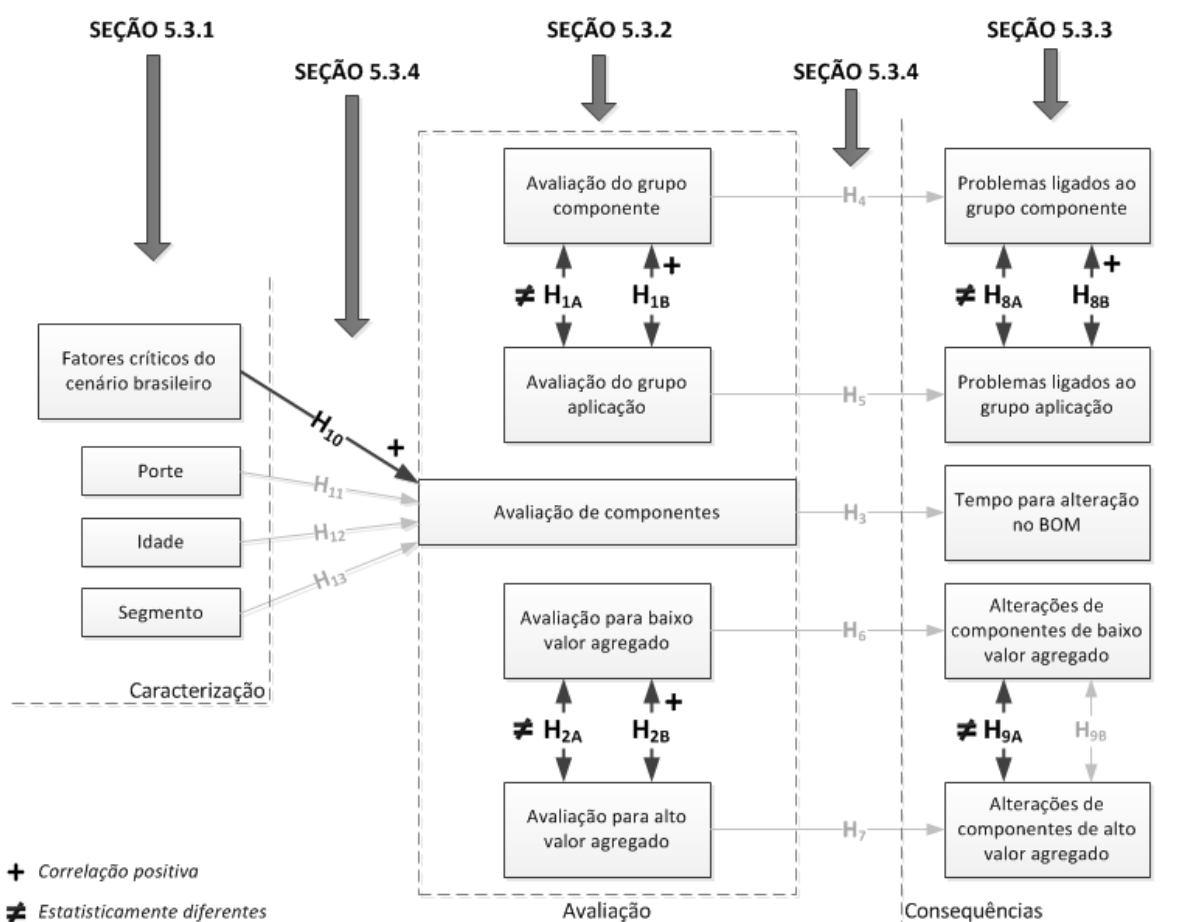


Figura 5.11 – Modelo teórico de pesquisa após testes de hipóteses.

### 5.3.1 Caracterização das organizações

A caracterização das empresas participantes da pesquisa é obtida por meio dos construtos porte, idade, segmento e fatores críticos do cenário brasileiro. Em relação ao porte, tem-se uma distribuição coerente com a observada no último levantamento realizado por ABINEE

(2010), com a diferença de que há uma proporção maior de micro empresas do que de grandes empresas na amostra. Isto pode ser um efeito dos filtros utilizados para definir a população a partir da estrutura de amostragem, já que, segundo BNDES (2010), as grandes empresas são predominantemente estrangeiras e importam *kits* de componentes já selecionados no exterior, descaracterizando-as como possíveis participantes desta pesquisa.

Em relação ao segmento, a maior quantidade de empresas foi do setor de equipamentos industriais (34,7% do total). Este destaque também foi apontado por Jabbour (2009), em uma *survey* cuja amostra é constituída por empresas associadas à ABINEE. Entretanto, no mesmo estudo também receberam destaque os setores de materiais elétricos e geração, transmissão e distribuição de energia. Estes segmentos não aparecem nesta pesquisa por não possuírem as características da população.

Quanto à idade, pode-se comparar o resultado obtido com a pesquisa levantamento realizado por Scandelari (2011) junto a empresas associadas à ABINEE. Em seu estudo, a média da idade registrada foi de 29 anos, sendo que 39,6% das empresas tinham mais de 30 anos de existência. Na amostra desta pesquisa, a média de idade é de 22 anos e apenas 24,5% das empresas tinham mais de 30 anos de existência. Portanto, se comparado ao trabalho de Scandelari (2011), pode-se inferir, sem âmbito estatístico, que a presente pesquisa possui uma amostra mais jovem. O que pode ser reflexo dos filtros utilizados na definição da população, que descarta empresas estrangeiras e exige que sejam desenvolvedoras de seus próprios produtos.

Em relação aos fatores críticos do cenário brasileiro indicados pelas empresas como influentes na seleção de componentes, destacam-se a dificuldade na obtenção de amostras para testes e o suporte técnico insatisfatório. Ambos os fatores também foram apontados no estudo de casos múltiplos realizado por Pagan, Silva e Mello (2011) com empresas incubadas desenvolvedoras de produtos eletrônicos.

Outro fator tido como de grande relevância é a preocupação com a aquisição de componentes falsificados. Mesmo que a literatura acerca da indústria eletrônica brasileira explore tal tema de maneira incipiente, tem-se diversos autores, como Pecht & Tiku (2006), Livingston (2007) e Sood, Das & Pecht (2011), que destacam o cuidado a ser considerado quando há elevada aquisição de componentes importados de países emergentes, como no caso do Brasil (ABINEE, 2012). Portanto, o resultado deste trabalho corrobora com este cuidado.

Por fim, tem-se que menos de 10% das empresas indicaram a existência de dificuldade de acesso a normas técnicas como um fator crítico, fato incoerente com o apresentado por

ABINEE (2010), que classifica este fator como um dos principais entraves para a área de desenvolvimento de produtos.

### 5.3.2 Avaliação dos critérios de seleção

A respeito da importância dada aos critérios de seleção, tem-se dois pontos cruciais a serem analisados nos resultados. Primeiramente, aceitar a hipótese  $H_{1A}$  evidencia que existe diferenciação na avaliação de componentes entre os critérios do grupo aplicação e do grupo componente. Desta forma, a importância dada aos critérios de seleção que consideram o ambiente de produto é diferente da importância dada aos critérios que não o consideram. Isto corrobora com os métodos e normas de seleção e gestão de componentes eletrônicos (GEIA, 2002; PECHT, 2004; DOD, 2007). Na metodologia proposta por Jackson *et al.* (1999a) nota-se uma separação cronológica entre estes dois tipos de critérios, primeiramente avalia-se os critérios do grupo componente e, em seguida, os do grupo aplicação. Entretanto, os autores destacam que o processo possui uma abordagem “*eyes-on, hand-off*”, explicitando que o modelo não deve ser utilizado como um conjunto de regras específicas, mas sim como guia para auxiliar seus usuários na tomada de decisões durante a atividade de seleção de componentes. Desta maneira, é possível dizer que, na visão de Jackson *et al.* (1999a), o nível de importância dado pela empresa para cada grupo de critérios depende de caso a caso. Os resultados mostram que a amostra pesquisada dá maior importância aos critérios do grupo aplicação que do grupo componente.

Já a não rejeição de  $H_{1B}$  indica que à medida que a importância dada a um grupo critérios de seleção aumenta, o mesmo ocorre com o outro grupo. Isto sugere que as empresas da amostra tendem a se diferenciar entre si pelo nível de importância dado aos critérios de forma geral e não a um grupo específico de critérios.

O segundo ponto nesta análise é a diferenciação da importância dada aos critérios de seleção entre componentes de alto e baixo valor agregado, que é evidenciado pela não rejeição da hipótese  $H_{2A}$ . Esta diferenciação também é abordada em alguns modelos de PDP para indústria eletrônica encontrados na literatura. Haskell (2004) sugere que o time de desenvolvimento defina em detalhes os componentes de alto valor agregado, especificando seu fabricante e possíveis fornecedores, enquanto que os componentes de baixo valor agregado podem ser definidos por especificações simplificadas e a seleção do fabricante e do fornecedor pode ser realizada pelo time de compras.

Barbalho (2006), McIvor, Humphreys & Cadden (2006) e Salgado (2011) diferenciam o momento da seleção no PDP, alocando a seleção de componentes de alto valor agregado em



suas fases iniciais e a seleção de componentes de baixo valor agregado em fases posteriores. Esta diferença no momento do PDP caracteriza a atividade de diferentes maneiras, já que, à medida que as fases do PDP avançam, as incertezas e as possibilidades de redução de custo diminuem (BAXTER, 2000; KRISHNAN & ULRICH, 2001). Nesta pesquisa, os resultados mostram que as empresas da amostra diferenciam a importância dada entre os tipos de componentes e dão maior importância aos critérios de seleção quando consideram componentes de maior valor agregado do que quando consideram componentes de menor valor agregado.

Além disso, a não rejeição de  $H_{2B}$  sugere que empresas que dão maior importância aos critérios quando selecionam componentes de alto valor agregado também dão maior importância para os mesmos critérios quando selecionam os de menor valor agregado. Desta forma, o que as diferencia é, novamente, o nível de importância dado aos critérios de forma geral, e não se o componente possui alto ou baixo valor agregado.

### 5.3.3 Consequências ligadas aos critérios de seleção

O primeiro resultado a ser analisado é relativo ao tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de alteração em seu BOM, que foi medido com três diferentes situações: sem necessidade de alteração na PCI; com necessidade de alteração parcial da PCI; e com necessidade de alteração total na PCI. A Figura 5.12 apresenta os resultados obtidos nesta pesquisa em comparação com os resultados apresentados por Torresen & Lovland (2007) para uma questão semelhante em uma *survey* realizada com empresas norueguesas do setor eletrônico.

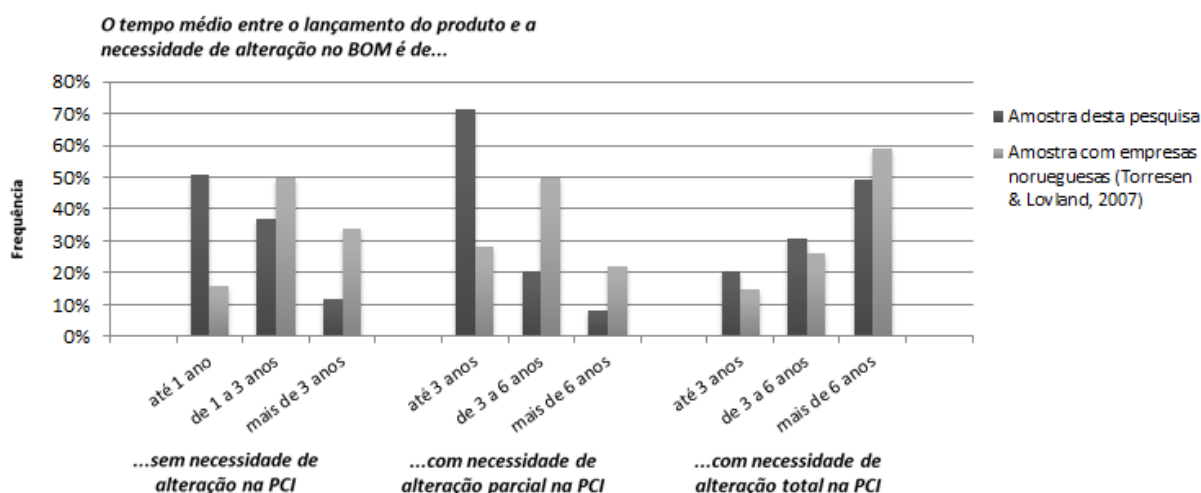


Figura 5.12 – Comparação com o resultado de Torresen & Lovland (2007) para o construto CQTEMPO.

Nota-se, na Figura 5.12, que nos casos de não necessidade ou de necessidade de alteração parcial da PCI, a alteração no BOM ocorre num período relativamente mais curto para a amostra de empresas brasileiras do que para a amostra de empresas norueguesas. É importante ressaltar que esta comparação não possui embasamento estatístico, já que não foram realizados testes de hipóteses com os dados completos da pesquisa de Torresen & Lovland (2007). Ainda assim, observa-se uma diferença notável entre os resultados de ambos os trabalhos. Em até 1 ano após o lançamento do produto, 50% das empresas pesquisadas apontam a necessidade de alterar ao menos um de seus componentes mantendo a PCI inalterada, representando uma porcentagem pelo menos três vezes maior do que na pesquisa de Torresen & Lovland (2007). De maneira análoga, tem-se que, em até 3 anos após o lançamento do produto, 70% das empresas pesquisadas precisam alterar a PCI do produto devido a alterações no BOM, o que para as empresas norueguesas da amostra de Torresen & Lovland (2007), tal porcentagem seria de apenas 28%.

O segundo resultado a ser analisado é relativo à frequência de alterações no BOM motivadas por problemas ligados à avaliação dos critérios do grupo aplicação e do grupo componente, que são mensurados pelos construtos CQAPLIC e CQCOMP, respectivamente. Ao aceitar a hipótese  $H_{8A}$ , tem-se evidência de que são mais frequentes as alterações no BOM motivadas por problemas ligados ao grupo aplicação do que ao grupo componente. Isto significa que as empresas da amostra apontaram que é mais frequente alterarem o BOM de seus produtos devido à má avaliação entre as especificações do componente e o ambiente do produto (LCEP) do que devido a falhas advindas puramente dos fabricantes ou distribuidores de componentes, o que também é observado pela alta frequência apontada pelas empresas para erros de projeto (questão Q26). Em outras palavras, trocam-se mais componentes do BOM por erros internos à empresa do que por problemas externos.

Aceitar a hipótese  $H_{8B}$  evidencia que à medida que a frequência de problemas ligados a um grupo de critérios aumenta, o mesmo ocorre com o outro grupo. Sugerindo que as empresas da amostra tendem a se diferenciar por como apontam a frequência de alterações no BOM de seus produtos dentro da escala proposta independente do grupo de critérios que esta alteração está relacionada.

É importante identificar a obsolescência de componentes como o maior fator causador de alterações no BOM, tanto em casos que a empresa ficou ciente de que o componente se tornaria obsoleto por meio de uma notificação (questão Q24), quanto em casos em que a organização foi surpreendida com a obsolescência de um componente sem aviso prévio do

fabricante ou distribuidor (questão Q20). Tal resultado corrobora com Bradley & Guerrero (2008), Rojo, Roy & Shehab (2010) e Sandborn, Prabhakar & Ahmad (2011), que apontam a obsolescência de componentes como o problema mais grave no desenvolvimento de produtos eletrônicos. A norma ANSI EIA 4899 também recomenda que a disponibilidade e o risco de obsolescência do componente sejam considerados como os critérios de seleção mais importantes (GEIA, 2002).

Outro argumento que pode auxiliar na explicação deste resultado é o tamanho da participação no mercado de componentes eletrônicos que as empresas da amostra possuem perante os fabricantes. As empresas brasileiras desenvolvedoras de produtos eletrônicos fornecem, em sua maioria, soluções para mercados de nicho, atendendo problemas específicos de seus clientes (BNDES, 2012). Este comportamento pode classificar a demanda de componentes das empresas da amostra como pouco atrativa para os fabricantes, principalmente, se comparado à demanda de grandes multinacionais do setor eletrônico mundial, o que pode ser determinante para o risco de obsolescência de componentes (PECHT & HUMPHREY, 2006; BANC, GUINET & DOCHE, 2012).

O último resultado a ser analisado nesta seção é em relação à frequência de alterações no BOM entre componentes de alto e baixo valor agregado, medidos pelos construtos CQALTO e CQBAIXO, respectivamente. A análise de teste de hipóteses permitiu aceitar a hipótese  $H_{9A}$ , evidenciando que as empresas da amostra necessitam alterar componentes de baixo valor agregado com maior frequência que os de alto valor agregado. Uma possível explicação para este fenômeno é que a alteração de componentes de baixo valor agregado exige menos alterações no produto (BARBALHO, 2006; SALGADO, 2011; BANC, GUINET & DOCHE, 2012). Isto permite que o setor de compras das empresas trabalhe com diferentes componentes para tornar o custo do produto mais competitivo (HASKELL, 2004).

Ao mesmo tempo, durante o teste de hipóteses rejeitou-se  $H_{9B}$ , desta forma, a diferenciação de empresa para empresa não está apenas no nível dado à frequência de alterações de componentes. A proporção entre as alterações de componentes de alto e baixo valor agregado ocorre de maneiras diferentes de empresa para empresa. Este resultado foi único quando comparado aos obtidos com as análises de correlação entre os construtos AVCOMP e AVAPLIC ( $H_{1B}$ ), AVALTO e AVBAIXO ( $H_{2B}$ ) e CQCOMP e CQAPLIC ( $H_{8B}$ ), em que as hipóteses não foram rejeitadas.

Portanto, uma empresa que assinala alta frequência de alterações para componentes de alto valor agregado não necessariamente tende a apontar alta frequência para componentes de

baixo valor agregado e vice-versa. Este fenômeno pode estar associado à grande variedade de tipos de produtos eletrônicos. A proporção entre componentes de alto e baixo valor agregado depende do tipo de produto e a maneira como as empresas adotam os critérios de seleção varia de caso a caso (BANC, GUINET & DOCHE, 2012; CHALLA, RUNDLE & PETCH, 2013).

#### **5.3.4 Relações entre os construtos de caracterização, avaliação e consequências**

O primeiro conjunto de relações a ser discutido são as que envolvem os construtos de caracterização da organização com o construto AVGERAL, que mede o nível de importância dado aos critérios de seleção. Tais relações foram analisadas por meio do teste das hipóteses  $H_{10}$  a  $H_{13}$ . Apesar de Banc, Guinet & Doche (2012) e Challa, Rundle & Petch (2013) apontarem que empresas com características diferentes podem avaliar os componentes de maneiras diferentes, apenas a hipótese  $H_{10}$  foi aceita. Jackson *et al.* (1999a) também sugerem que o modelo para seleção e gestão de componentes seja utilizado como um guia e que os critérios de seleção podem ser avaliados de maneiras diferentes dependendo da organização. Nesta pesquisa, os resultados mostraram que as empresas da amostra dão níveis de importância estatisticamente iguais aos critérios de seleção, independente do porte, idade ou segmento.

Entretanto, ao aceitar  $H_{10}$ , tem-se evidência que o construto CAFAT, que mede a influência dos fatores críticos do cenário brasileiro na organização, apresenta correlação positiva com o construto AVGERAL. Isto significa que, na amostra de pesquisa, empresas que apontam maior influência destes fatores tendem a dar um nível de importância maior aos critérios de seleção. O que corrobora com o levantamento realizado por ABINEE (2010), que apontam alguns destes fatores como os principais entraves para o desenvolvimento de produtos no setor eletrônico.

De maneira análoga, tem-se o segundo conjunto de relações, que envolvem os construtos de avaliação dos critérios de seleção a as consequências ligadas aos mesmos. Estas relações foram analisadas pelas hipóteses  $H_3$  a  $H_7$ , cujo teste de hipóteses resultou na rejeição das mesmas. Desta forma, avaliar com maior importância os critérios do grupo componente (construto AVCOMP) não significa que as consequências ligadas a este grupo (construto CQCOMP) sejam menos ou mais frequentes. O mesmo ocorre com AVPLIC e CQAPLIC, AVBAIXO e CQBAIXO, AVALTO e CQALTO e, por fim, AVGERAL e CQTEMPO.

Diversos autores sugerem que a avaliação dos critérios de seleção pode influenciar na frequência de alterações no BOM (PECHT, 2004; GOEL & GRAVES, 2006; TORRESEN & LOVLAND, 2007; YANG *et al.* 2011a; MURRAY *et al.*, 2012). Entretanto, mesmo que esta influência não tenha sido encontrada nos resultados de pesquisa, deve-se ressaltar que os mesmos não suportam e nem rejeitam a sugestão de tais autores. Já que o objetivo com a utilização do método e das hipóteses H<sub>3</sub> a H<sub>7</sub> não é de testar relações causais entre os construtos, mas apenas identificar tendências na distribuição da importância dada aos critérios de seleção e na distribuição da frequência de alterações no BOM. As conclusões a cerca do alcance do objetivo de pesquisa, das limitações do trabalho e das sugestões para próximos estudos encontram-se na próxima seção.

## Capítulo 6 - Conclusões

Este capítulo está dividido em três partes: conclusões da pesquisa; conclusões sobre o método utilizado; e recomendações para trabalhos futuros. A primeira parte trata das conclusões a respeito dos objetivos de pesquisa, por meio de uma análise final dos resultados perante o tema proposto e perante suas limitações. Na segunda parte serão expostas as conclusões sobre o método utilizado, principalmente, da sistemática de coleta de dados e da construção de uma população finita por meio da análise da estrutura de amostragem. Por fim, a terceira parte trata das recomendações para próximos trabalhos, levando-se em conta as contribuições e resultados desta pesquisa.

### 6.1 Conclusões de pesquisa

Os resultados obtidos permitem uma série de conclusões a respeito do fenômeno de estudo. Quanto à maneira como as empresas diferenciam componentes de alto e baixo valor agregado, está evidente que os componentes de maior valor agregado recebem uma importância maior durante a atividade de seleção do que os componentes de menor valor agregado. Ao mesmo tempo, a frequência de alterações no BOM do produto após seu lançamento no mercado é maior para componentes de baixo valor agregado do que para componentes de alto valor agregado. Isto significa que as empresas preferem dar mais importância aos componentes de maior valor agregado mesmo estando cientes de que a maior parte das alterações no produto ocorre com componentes de menor valor agregado. Portanto, não é o número de alterações de um tipo de componente que influencia na importância dada durante a sua seleção, mas sim o risco de reprojeto envolvido caso este componente tenha que ser alterado.

Esta afirmação corrobora com os resultados apontados pelas empresas para o tempo entre o lançamento do produto e a necessidade de alteração em seu BOM. Para a população pesquisada, a alteração do BOM do produto é uma prática comum, sendo que a questão chave a ser avaliada neste momento é o risco envolvido nesta alteração. Componentes de menor valor agregado podem ser substituídos por outros que solucionam a mesma função do produto sem a necessidade de alterações na PCI, enquanto que, componentes de maior valor agregado, geralmente, envolvem alterações drásticas e, conseqüentemente, são mais arriscadas. Neste contexto, existem práticas que podem amenizar este risco, como a aplicação do conceito *Design for Minimum Risk*. Um exemplo seria a preparação da PCI do produto para receber a montagem não apenas do componente original listado no BOM, mas também de outros possíveis componentes substitutos, capazes de realizar a mesma função.

Em relação à maneira como as empresas diferenciam os tipos de critérios de seleção entre si, tem-se uma distinção entre a importância dada aos critérios que consideram o ambiente do produto daqueles que não o consideram. Os resultados evidenciam que os critérios que envolvem a avaliação do componente sem considerar o ambiente do produto são tidos como de menor importância do que aqueles que consideram. Mesmo assim, os maiores motivos causadores de alterações no BOM apontados pelas empresas são aqueles, justamente, que envolvem a má avaliação da compatibilidade entre o componente e o ambiente do produto. Portanto, pode-se dizer que as empresas dão mais atenção aos critérios ligados aos problemas mais comuns, dividindo a responsabilidade pela avaliação do componente em si com seus próprios fabricantes e distribuidores.

É importante ressaltar a incompatibilidade entre o ciclo de vida do componente e do produto como um sério problema na população pesquisada. A obsolescência foi dada como o maior motivo causador para alteração no BOM, tanto com como sem aviso prévio do fabricante ou distribuidor do componente. É possível que o risco da obsolescência esteja sendo ignorado ou que as empresas, simplesmente, acreditem que não há tratativa para o caso. De certa forma, a participação das empresas da população pesquisada na parcela de mercado dos fabricantes de componentes é, provavelmente, expressivamente menor do que a de grandes multinacionais do setor eletrônico. Isto pode desencorajar as empresas brasileiras a encontrar soluções para a obsolescência dos componentes que utiliza, já que sua participação de mercado não é atrativa o suficiente.

Ainda assim, os resultados levantados nesta pesquisa evidenciam a gravidade do problema. Por isso, é importante que as empresas brasileiras: estejam cientes do risco da obsolescência ao selecionar um componente; estejam preparadas para uma reação a uma possível obsolescência de um componente; e avaliem se as notificações de obsolescência advindas do fabricante ou do distribuidor do componente são acessíveis e costumam serem realizadas em tempo hábil para possíveis providências.

Nota-se também o papel delicado que os distribuidores possuem perante a população pesquisada. A troca de informações com distribuidores foi apontada como uma das práticas mais importantes para a diminuição no número de alterações no BOM. Além disso, alguns dos fatores críticos apontados pelas empresas como mais influentes na atividade de seleção de componentes tem profunda ligação com os distribuidores, como: a dificuldade na obtenção de amostras, suporte técnico insatisfatório e a preocupação com a aquisição de componentes falsificados. Ao mesmo tempo, a população pesquisada indicou a avaliação do distribuidor do

componente como o critério de menor importância no momento da seleção. Desta forma, a figura do distribuidor é visto como tendo um papel importante para as empresas, mas não é um critério relevante para a seleção de um componente. Em outras palavras, as empresas selecionam o componente e não o distribuidor, o que, em alguns casos, podem levá-las a adquirir componentes de distribuidores de qualidade não aferida.

Os resultados obtidos evidenciam que empresas de diferentes portes, idades e segmentos avaliam os critérios de seleção de maneiras estatisticamente iguais. A única característica correlacionada com a avaliação dos critérios de seleção é o grau de influência sofrido pelas empresas com os fatores críticos do cenário brasileiro. Portanto, as características brasileiras como a escassez de fabricantes de componentes e a burocracia para a participação em políticas de incentivo, são influentes, ao menos, no que diz respeito à maneira como as empresas selecionam seus componentes.

Por fim, pode-se dizer que os objetivos foram alcançados e as respostas às questões de pesquisa foram respondidas. Entretanto, é importante ressaltar que **os resultados e conclusões desta pesquisa limitam-se a lista de 255 empresas que constituem a população final** representada pela amostra. Cujas discussões a respeito de sua construção, assim como do método empregado, serão tratadas na próxima seção.

## 6.2 Conclusões sobre o método utilizado

Esta seção descreve as conclusões obtidas a respeito do método utilizado com o intuito de auxiliar a compreensão e replicação da pesquisa. Pode-se dizer que três fatores foram essenciais para a realização do estudo: a utilização de uma sistemática estruturada para coleta de dados; a construção de uma população finita a partir de uma estrutura de amostragem; e a ferramenta *web* para coleta de dados.

Sobre a sistemática adotada para coleta de dados, percebeu-se que o contato preliminar por telefone, apesar de dispendioso, é determinante. Dialogar com o respondente, mesmo que seja apenas para introduzir o assunto, compactua a relação pesquisador-empresa e auxilia na obtenção da resposta. Contatos preliminares que resultaram apenas na informação do nome e e-mail do possível respondente não tem tanto sucesso do que aqueles com o qual se conversa diretamente com o mesmo.

Outro ponto importante observado durante a realização do procedimento de coleta de dados é que empresas dispostas a participar da pesquisa não precisam mais do que o primeiro contato ou de apenas um *follow up* para responder ao questionário. Neste trabalho, foi adotado o critério de 3 *follow ups* separados por uma semana cada. Ao fim do processo pôde-se concluir



que a maioria expressiva das empresas que não responderam após o primeiro *follow up* também não o fez nos seguintes. Assim, é possível dizer que é mais interessante realizar o procedimento em amostras maiores e utilizar o critério de apenas um *follow up* do que insistir em 2 ou mais *follow ups*. Desta forma, o trabalho ou tempo gasto com a realização de tantos *follow ups* traria um retorno maior. Vale ressaltar que esta prática permitiria ignorar a ocorrência de um tipo de população não respondente, descaracterizando a aleatoriedade do processo. Portanto, a insistência na resposta é importante, porém, nesta pesquisa, a partir de um determinado momento, não trouxe resultados.

A construção de uma população finita, a qual todos os elementos possuem características semelhantes, mostrou-se também uma boa prática. A quantidade de empresas excluídas da lista inicial obtida nos *sites* das associações e sindicatos que compõem a estrutura de amostragem foi quase duas vezes maior que a população final em si. Portanto, realizar esta exclusão de empresas permitiu uma amostra menor mantendo a representatividade, além de aumentar as chances de que o respondente tenha conhecimento a respeito do assunto. Entretanto, ressalta-se que a literatura a respeito do cálculo de amostra para populações finitas mostrou-se insipiente, principalmente, em comparação com o mesmo procedimento para populações infinitas. A utilização do fator de correção para populações finitas é encontrada em literaturas específicas no campo da estatística e mostrou-se válida para esta pesquisa, permitindo diminuir ainda mais o tamanho da amostra sem comprometer sua relevância em relação à população.

A utilização da ferramenta *QuestionPro* para coleta de dados possui baixo custo se comparado ao benefício. As empresas se mostraram receptivas ao seu uso, que também evitou o envio de e-mails com anexos, o que poderia remeter desconfiança pelos respondentes. Durante o processo, dois respondentes alegaram que a rede interna da empresa não permitiria o acesso ao questionário, já que bloqueavam *sites* não cadastrados. Nestes casos, os respondentes se propuseram a responder ao questionário quando estivessem em outras redes. Portanto, uma prática importante durante o contato preliminar é explicar como utilizar a ferramenta, para que fatores como este não prejudiquem a realização do questionário.

Por fim, destaca-se que os fatores aqui expostos foram os responsáveis para o alcance da taxa de retorno de 65,33%, considerada alta de acordo com Malhotra & Grover (1998), Forza (2002) e Melnik *et al.* (2012). Desta forma, tem-se também como contribuição de pesquisa o relato da realização do método *survey* a partir de uma sistemática estruturada, com uma população finita e com o uso de uma ferramenta *web*.

### 6.3 Recomendações para trabalhos futuros

Esta pesquisa possui característica transversal, por isso, não há como avaliar as relações de causalidade entre os diferentes construtos. Uma contribuição interessante para o tema seria analisar a relação causal entre a avaliação dos critérios de seleção com a frequência e os motivos de alterações no BOM do produto. Isto permitiria identificar quais critérios ou práticas são mais ou menos relevantes na diminuição do número de alterações nos produtos. Sugere-se, para isso, o uso de pesquisa-ação ou estudo de caso em caráter longitudinal.

A replicação desta *survey* em uma amostra mais ampla ou oriunda de regiões ou países diferentes também é interessante para a comparação de resultados, desde que se respeite a característica imposta neste trabalho para os elementos da população: empresas desenvolvedoras de produtos eletrônicos com PCI. Esta comparação permitiria identificar especificidades entre as amostras para que sejam tratadas posteriormente de forma mais detalhada.

Outra sugestão seria a aplicação do método utilizado nesta pesquisa para outros setores industriais, com o intuito de identificar os critérios de seleção para os sistemas, subsistemas e componentes em outros tipos de produtos.

## Apêndice A - Instrumento para coleta de dados

Caríssimos Senhores(as),

Solicitamos sua contribuição para pesquisa acadêmica intitulada “Critérios de seleção de componentes eletrônicos durante o desenvolvimento de produtos”. O objetivo é analisar como as empresas do setor eletroeletrônico brasileiro avaliam os critérios de seleção dos componentes eletrônicos de seus produtos. Os dados aqui coletados são confidenciais e serão analisados globalmente, resguardando quaisquer informações das empresas participantes. Tempo previsto para resposta é de apenas 5 minutos de sua atenção.

Cordialmente,

Eng. Rafael Perez Pagan

Mestrando – IEPG/UNIFEI

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches da Silva

Orientador da pesquisa - IEPG/UNIFEI

1. O número de empregados da empresa se encontra em qual faixa?

- de 1 a 9 empregados
- de 10 a 99 empregados
- de 100 a 499 empregados
- Mais de 500 empregados

2. Qual o segmento que sua empresa atua?

- Automação comercial
- Desenvolvimento de produtos
- Eletromecânicos
- Equipamentos automotivos
- Equipamentos industriais
- Equipamentos médico-hospitalares
- Equipamentos para educação
- Equipamentos para radiodifusão
- Equipamentos para segurança

- Informática
- Responsabilidade socioambiental
- Telecomunicações
- Utilidades domésticas
- Microeletrônica

3. A empresa possui quantos anos de existência?

- de 1 a 3 anos
- de 4 a 9 anos
- de 10 a 19 anos
- de 19 a 40 anos
- mais de 40 anos

4. Assinale a alternativa que melhor reflete a importância dos critérios de seleção de um componente eletrônico de BAIXO VALOR AGREGADO (resistores, capacitores, indutores, componentes passivos, mecânicos, diodos, transistores, etc.). POR FAVOR, RESERVE A NOTA MÁXIMA (5) APENAS PARA OS CRITÉRIOS QUE SÃO MAIS IMPORTANTES E QUE MAIS INFLUENCIAM NA SELEÇÃO DO COMPONENTE.

	1 Pouco importante	2	3	4	5 Muito importante
Histórico, procedência e certificação do sistema de gestão da qualidade do FABRICANTE do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Histórico, procedência e certificação do sistema de gestão da qualidade do DISTRIBUIDOR do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Certificação, dados de teste e capacidade de processo produtivo DO COMPONENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fácil acesso à INFORMAÇÕES como datasheets, erratasheets, application notes, instruções para montagem e avisos de obsolescência e/ou alterações do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FUNCIONALIDADE do componente é ATINGIDA da forma esperada no produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FUNCIONALIDADE do componente é MANTIDA da forma esperada durante a vida útil do produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O produto é capaz de ser MONTADO com este componente e com os recursos disponíveis na empresa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O componente estará DISPONÍVEL NO MERCADO e com as funções desejadas durante todo o ciclo de vida do produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. Avalie os mesmos critérios da questão anterior para seleção de componentes eletrônicos de ALTO VALOR AGREGADO (Microprocessadores, memórias, Microelectromechanical systems - MEMS, conversores, circuitos integrados, etc.). POR FAVOR, RESERVE A NOTA MÁXIMA (5) APENAS PARA OS CRITÉRIOS QUE SÃO MAIS IMPORTANTES E QUE MAIS INFLUENCIAM NA SELEÇÃO DO COMPONENTE.

	1 Pouco importante	2	3	4	5 Muito importante
Histórico, procedência e certificação do sistema de gestão da qualidade do FABRICANTE do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Histórico, procedência e certificação do sistema de gestão da qualidade do DISTRIBUIDOR do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Certificação, dados de teste e capacidade de processo produtivo DO COMPONENTE	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Fácil acesso à INFORMAÇÕES como datasheets, erratasheets, application notes, instruções para montagem e avisos de obsolescência e/ou alterações do componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FUNCIONALIDADE do componente é ATINGIDA da forma esperada no produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FUNCIONALIDADE do componente é MANTIDA da forma esperada durante a vida útil do produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O produto é capaz de ser MONTADO com este componente e com os recursos disponíveis na empresa	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O componente estará DISPONÍVEL NO MERCADO e com as funções desejadas durante todo o ciclo de vida do produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

6. Após sua empresa lançar um produto eletrônico no mercado, quanto tempo leva (em MÉDIA) até que seja necessária uma alteração na LISTA DE COMPONENTES (BOM - Bill Of Materials):

	menos de 1 ano	de 1 a 3 anos	de 3 a 6 anos	de 6 a 10 anos	mais de 10 anos
SEM necessidade de reprojetado da PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COM necessidade de reprojetado PARCIAL da PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
COM necessidade de reprojetado TOTAL da PLACA DE CIRCUITO IMPRESSO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Relacione o TIPO DO COMPONENTE quanto a sua FREQUENCIA de alterações na LISTA DE COMPONENTES (B.O.M. - Bill of Materials) dos produtos de sua empresa:

	1 Pouco comum	2	3	4	5 Muito comum
Componentes de BAIXO VALOR AGREGADO (resistores, capacitores, indutores, componentes passivos, mecânicos, diodos, transistores, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Componentes de ALTO VALOR AGREGADO (Microprocessadores, memórias, Microelectromechanical systems - MEMS, conversores, circuitos integrados, etc.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

8. Relacione o MOTIVO e a FREQUENCIA para a necessidade de alterações na LISTA DE COMPONENTES (B.O.M. - Bill of Materials) de produtos eletrônicos de sua empresa:

	1 Pouco comum	2	3	4	5 Muito comum
A empresa ficou ciente de que o componente será DESCONTINUADO	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O componente tornou-se INDISPONÍVEL NO MERCADO sem aviso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O processo de MONTAGEM do componente tornou-se obsoleto ou inviável	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O FABRICANTE alterou uma ou mais funções do componente que inviabiliza sua utilização no produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ao contrário das especificações do fabricante, o componente não suporta as especificidades do AMBIENTE em que o produto é exposto durante seu uso	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
O FUNCIONAMENTO DO COMPONENTE não condiz com as especificadas pelo fabricante inviabilizando o pleno funcionamento do produto	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
ERRO NO PROJETO - O time de desenvolvimento errou ao selecionar este componente	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Assinale as dificuldades encontradas em sua empresa durante o processo de seleção de novos componentes eletrônicos (Obs.: pode-se assinalar mais de uma alternativa):

- Obtenção de amostras para testes
- Suporte técnico insatisfatório
- Preocupação com a aquisição de componentes falsificados
- Dificuldade de acesso às normas técnicas
- Insatisfação com Distribuidores/fornecedores
- Regras excessivas para participação em políticas de incentivo (Índice de nacionalização, PPB, etc.)



## Apêndice B - Dados coletados na pesquisa

Respostas dadas para as questões relativas à avaliação dos critérios de seleção

Resp.	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	Q11	Q12	Q13	Q14	Q15	Q16
1	5	5	4	4	5	5	5	5	3	4	3	3	4	4	4	4
2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
3	4	4	4	5	5	5	4	5	3	3	4	5	5	5	4	4
4	3	3	3	5	5	5	3	4	4	4	4	5	5	5	4	4
5	1	1	3	3	5	5	5	3	1	1	3	5	5	5	5	4
6	5	4	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	5	4	5	4
7	5	5	5	5	5	5	4	5	2	2	5	1	5	5	5	2
8	5	2	5	5	5	5	5	5	5	2	3	5	5	5	5	5
9	5	4	5	5	5	5	5	5	3	4	5	5	5	5	5	5
10	4	4	3	5	5	5	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5
11	5	4	5	5	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	4	4
12	4	4	4	4	5	5	4	5	3	3	3	4	5	5	4	3
13	5	5	5	4	4	4	2	2	4	3	3	1	5	5	5	4
14	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
15	4	3	4	4	5	5	4	5	4	3	4	4	5	5	4	5
16	5	3	5	5	5	5	3	4	4	2	5	3	5	5	3	2
17	5	4	4	5	5	5	3	5	5	3	4	5	5	5	4	5
18	5	4	4	4	4	4	3	4	5	3	3	3	4	4	3	4
19	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	3	5	5	5	4	4
20	5	4	3	3	5	4	4	3	4	4	3	3	5	5	4	3
21	4	4	3	4	5	5	4	4	4	4	3	4	5	5	3	3
22	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4
23	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	5	5	5	5
24	4	5	4	4	4	4	4	4	1	5	4	4	4	4	4	4
25	5	3	5	4	5	5	4	3	2	2	3	3	3	3	2	2
26	4	4	4	4	5	4	3	4	4	4	5	4	5	4	3	4
27	5	5	4	5	2	2	4	5	5	5	5	5	2	2	4	5
28	2	1	2	4	4	4	4	3	2	2	3	4	5	5	5	3
29	5	4	3	4	5	5	4	4	3	3	2	3	4	5	4	5
30	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	5	5
31	5	5	5	4	5	5	3	5	5	4	5	4	5	5	5	5
32	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	2	4	5	5	5	5
33	4	4	4	4	5	5	5	5	4	2	3	3	5	5	5	4
34	3	3	4	5	3	5	4	5	2	2	2	4	3	3	2	4
35	2	2	2	4	5	4	5	5	1	1	1	3	5	3	5	5
36	4	3	3	5	5	5	4	5	4	2	3	3	5	5	3	5
37	5	4	4	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5
38	4	4	4	4	5	5	5	5	4	3	4	4	4	4	3	2
39	4	3	2	4	4	4	4	3	4	3	2	4	4	3	4	4
40	3	1	4	5	5	5	4	4	3	1	3	5	5	5	4	4
41	4	4	4	5	5	5	5	5	3	3	2	2	5	5	3	2
42	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
43	5	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4	4	5	5
44	4	4	4	5	5	5	3	4	4	4	4	5	5	5	3	4
45	4	4	3	4	5	5	3	4	1	5	1	3	4	2	3	4
46	5	5	5	5	5	5	5	5	3	4	2	2	4	4	4	4
47	5	4	4	5	4	5	4	5	5	3	4	5	4	5	4	5
48	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4
49	5	5	5	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	4



## Respostas dadas para as questões relativas às consequências da seleção

Resp.	Q17	Q18	Q19	Q27	Q28	Q24	Q20	Q25	Q21	Q23	Q22	Q26	Q38
1	1	2	3	3	1	2	3	2	1	4	3	4	4
2	2	3	4	2	3	4	5	1	1	1	1	3	5
3	4	3	2	3	3	3	2	1	1	2	1	1	2
4	2	3	4	5	2	4	2	1	1	3	3	2	4
5	1	1	3	4	1	1	1	2	2	1	3	2	3
6	1	2	4	5	2	3	3	2	1	1	1	1	3
7	2	1	3	5	3	2	1	4	1	1	1	2	5
8	1	3	4	4	1	1	1	1	2	3	2	3	5
9	2	3	3	3	1	2	4	1	1	1	1	1	4
10	1	1	2	1	4	2	4	3	1	3	2	2	4
11	2	2	2	2	3	2	4	2	1	1	1	4	5
12	2	3	5	3	1	3	4	3	2	2	2	3	3
13	1	2	3	5	1	2	2	1	1	1	3	1	5
14	2	2	3	3	2	5	2	1	1	1	1	1	5
15	2	2	2	5	3	3	5	3	4	4	4	5	3
16	3	4	4	1	3	4	1	1	1	1	1	3	5
17	1	2	4	4	2	4	3	2	1	1	2	2	5
18	4	4	5	1	2	1	2	1	1	2	2	2	4
19	2	2	4	3	3	2	4	3	2	2	2	3	4
20	1	2	3	4	2	1	2	2	1	1	1	3	4
21	1	3	4	4	2	3	2	1	1	1	2	2	2
22	2	1	2	1	3	3	3	2	1	2	1	2	2
23	2	2	2	3	1	4	4	1	1	1	3	1	3
24	1	2	3	5	1	4	4	4	1	5	1	1	5
25	1	2	3	4	2	3	1	1	4	1	1	2	2
26	1	2	5	3	2	5	1	3	1	1	3	2	5
27	2	2	3	4	2	2	2	3	1	3	3	4	4
28	2	2	4	5	3	2	3	4	1	1	2	2	4
29	1	2	3	5	3	2	1	1	2	1	2	2	3
30	1	2	4	5	5	3	1	1	1	1	1	2	5
31	1	1	3	2	3	2	2	1	1	1	2	3	3
32	5	5	5	1	1	3	3	1	1	1	1	1	5
33	1	2	5	4	2	2	3	2	1	1	1	1	4
34	1	1	1	3	1	4	3	2	1	1	2	3	2
35	2	2	4	3	1	4	4	2	2	1	1	3	5
36	1	1	5	5	1	3	3	1	1	1	1	5	5
37	1	2	1	2	4	2	3	5	4	4	1	1	5
38	2	3	5	2	2	1	1	2	1	1	1	3	5
39	2	2	2	2	2	3	2	1	1	3	1	3	4
40	4	5	5	3	1	1	5	3	1	1	1	3	1
41	1	3	4	2	1	4	4	2	2	2	2	3	3
42	1	1	2	3	2	1	1	3	3	2	2	3	5
43	3	2	3	5	5	5	2	1	1	1	1	1	5
44	2	3	4	1	5	5	2	2	4	2	2	3	5
45	1	2	3	2	2	4	4	3	2	1	1	2	5
46	1	2	4	2	2	5	4	2	1	1	2	4	2
47	1	2	3	2	2	2	2	1	1	2	2	1	5
48	2	2	4	1	2	4	4	2	2	2	2	3	3
49	1	2	4	2	1	4	3	2	2	2	3	2	5

Respostas dadas para as questões relativas à caracterização da empresa, práticas para diminuição das alterações no BOM e relação entre seleção e sobrevivência

Resp.	Q29	Q30	Q31	Q32	Q33	Q34	Q35	Q36	Q37	Q39	Q40	Q41	Q42	Q43	Q44
1	1	3	4	1	0	0	0	0	1	4	5	3	2	2	4
2	3	29	10	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	7
3	3	24	5	1	0	1	0	0	1	2	1	1	1	5	1
4	4	24	1	1	1	0	0	1	1	4	3	2	3	4	6
5	1	8	2	0	0	0	0	0	1	4	1	2	1	5	7
6	1	8	2	0	0	0	0	1	0	4	5	1	1	5	7
7	2	8	13	1	0	1	0	0	0	4	2	4	3	5	6
8	2	18	5	1	0	0	0	0	1	3	4	4	5	5	4
9	2	15	10	1	1	1	0	0	0	5	5	2	3	5	7
10	2	52	3	0	1	0	0	1	1	5	4	2	1	5	7
11	2	21	5	1	0	0	0	1	1	4	4	2	1	5	5
12	2	3	10	0	0	0	0	0	0	3	2	4	4	5	7
13	2	25	9	1	1	0	0	0	0	4	2	1	1	1	2
14	1	19	9	0	0	1	0	0	0	5	5	5	1	5	7
15	3	23	12	0	0	1	0	0	1	3	4	2	2	3	6
16	4	24	12	0	1	0	0	0	0	3	5	2	1	5	5
17	2	32	5	1	1	0	0	0	0	5	2	2	2	4	6
18	2	28	5	0	0	1	0	0	0	4	5	4	2	4	5
19	2	12	8	1	1	1	0	0	1	3	4	3	4	5	5
20	2	14	5	1	1	0	0	0	0	4	3	2	4	5	5
21	2	20	5	1	1	0	0	0	0	3	3	1	1	3	5
22	1	51	9	0	1	1	0	0	0	4	4	3	3	4	5
23	2	21	12	0	0	1	0	1	0	3	4	4	2	4	5
24	3	15	4	0	1	1	0	1	0	4	4	4	1	4	7
25	3	13	12	1	1	0	0	1	0	4	3	1	1	1	1
26	3	30	5	0	1	0	0	0	0	4	5	3	2	5	6
27	2	7	9	0	0	0	0	0	0	4	4	2	2	4	4
28	1	24	9	1	0	0	0	0	0	4	2	1	1	3	6
29	3	27	1	0	0	0	0	0	0	4	2	1	2	3	6
30	3	36	5	0	0	1	0	1	0	4	3	1	1	5	4
31	3	15	5	0	1	0	1	1	1	5	5	3	2	5	7
32	2	34	5	1	1	1	0	0	0	4	5	1	1	5	4
33	4	48	3	0	0	1	0	0	0	5	3	1	1	4	6
34	3	18	5	1	1	0	0	0	0	2	2	1	1	3	3
35	1	3	12	1	1	0	0	0	0	3	2	1	1	4	5
36	2	28	5	0	0	0	0	0	0	1	3	2	1	5	5
37	2	20	8	0	0	1	0	0	1	5	5	3	3	5	6
38	3	34	10	0	0	1	0	0	0	5	4	3	5	5	7
39	3	19	9	0	0	0	0	0	0	3	4	3	3	3	4
40	2	57	5	0	1	0	1	0	1	1	5	3	3	4	6
41	3	28	5	0	0	1	0	0	0	3	3	3	3	4	6
42	2	17	9	1	1	0	1	0	1	5	5	3	3	5	7
43	2	25	5	0	0	1	0	0	1	4	4	1	3	5	7
44	2	19	8	1	0	1	0	0	0	5	3	2	2	5	7
45	1	4	14	1	0	1	0	1	1	4	5	3	2	5	4
46	2	27	6	0	0	1	0	1	0	3	4	3	2	2	6
47	2	8	2	1	0	0	0	0	0	4	3	3	3	4	5
48	3	28	5	0	0	0	0	1	0	4	5	3	2	2	3
49	2	27	6	1	0	0	0	0	0	5	5	1	1	2	3

## Referências

- ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) **Diretrizes da Política Industrial Tecnológica e de Comércio Exterior**. 2003. Disponível em <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 17 de outubro de 2010.
- ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Social) **Relatório de Macrometas: Política de Desenvolvimento Produtivo Maio/2008-Setembro/2010**. 2010. Disponível em <<http://www.abdi.com.br>>. Acesso em: 17 de outubro de 2010.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) **Propostas para uma nova Política Industrial, Tecnológica e de Comércio Exterior (PITCE)**. 2008, Disponível em: <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2010.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) **Consolidação da Pesquisa com as Pequenas e Médias Empresas do Setor Eletroeletrônico**. 2010. Disponível em: <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 15 de outubro de 2010.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) **O Brasil da Infoera, Impactos da lei da informática no país – a visão da indústria, instituições de P&D e especialistas**. 2013a. Disponível em <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2013.
- ABINEE (Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica) **Panorama Econômico e Desempenho Setorial**. 2013b. Disponível em <<http://www.abinee.org.br>>. Acesso em: 15 de junho de 2013.
- ACEVEDO, P. E.; JACKSON, D. S.; KOTLOWITZ, R. W. Reliability growth and forecasting for critical hardware through accelerated life testing. **Bell Labs Technical Journal**, v. 11, n. 3, p. 121-135, 2006.
- AD (Analog Devices) **Operational Amplifiers Selection Guide**. 2012. Disponível em <[http://www.analog.com/en/content/opamp\\_selection\\_guide\\_2012/fca.html](http://www.analog.com/en/content/opamp_selection_guide_2012/fca.html)>. Acesso em: 16 de março de 2013.
- ADAIR, C. B.; MURRAY, B. A. **Revolução total dos processos**. São Paulo: Nobel, 1996.
- AEC (Automotive Electronic Council) **AEC-Q101 Stress Test Qualification for Automotive Grade Discrete Semiconductors**. 2005. Disponível em: <<http://www.aecouncil.com>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- AEC (Automotive Electronic Council) **AEC-Q100 Failure Mechanism Based Stress Test Qualification for Integrated Circuits**. 2007a. Disponível em: <<http://www.aecouncil.com>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- AEC (Automotive Electronic Council) **AEC-Q100-009 Electrical Distributions Assessment**. 2007b. Disponível em: <<http://www.aecouncil.com>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- AEC (Automotive Electronic Council) **AEC-Q200 Stress Test Qualification For Passive Electrical Devices**. 2010. Disponível em: <<http://www.aecouncil.com>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- ANDERSON, D.R.; SWEENEY, D.J.; WILLIAMS, T.A. **Statistics for business and economics, 11 ed**. Mason: South-Western, 2011.

ANDRAE, A. S. G.; ANDERSEN, O. Life cycle assessment of integrated circuit packaging technologies. **The International Journal of Life Cycle Assessment**, v. 16, n. 3, p. 258-267, 2011.

ARAUJO, C. A. Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. **Em Questão**, v. 12, n. 1, p. 11-32, 2006.

ARMISTEAD, C.; MACHIN, S. Implications of business process management for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 17, n. 9, p. 886-898, 1997.

ASHMORE, C. Heterogeneous assembly. **Circuits Assembly**, v. 18, n. 9, p. 28, 2007.

AUSTIN, T.; BERTACCO, V.; MAHLKE, S.; CAO, Y. Reliable systems on unreliable fabrics. **Design & Test of Computers, IEEE**, v. 25, n. 4, p. 322-332, 2008.

AW, K. C. Integrating quality and reliability assessment into product development process – a New Zealand case study. **International Journal of Quality and Reliability Management**, v. 22, n. 5, p. 518-530, 2005.

BAILEY, C.; LU, H.; STOYANOV, S.; YIN, C.; TILFORD, T.; RIDOUT, S. Predictive reliability and prognostics for electronic components: Current capabilities and future challenges. **IEEE 31st International Spring Seminar on Electronics Technology ISSE'08**, p. 67-72, 2008.

BANC, C.; GUINET, J.; DOCHE, E. High performance electronics in long lifetime, continuous operation, industrial products: The art of balancing conflicting interests. **Microelectronics Reliability**, v. 52, p. 1797-1802, 2012.

BARBALHO, S. C. M. **Modelo de referência para o desenvolvimento de produtos mecatrônicos: proposta e aplicações**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2006.

BAXTER, M. **Projeto de Produto: Guia prático para design de novos produtos**. São Paulo: Edgar Blücher, 2000.

BERTRAND, J.W.M. & FRANSOO, J.C. Operations management research methodologies using quantitative modeling. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 2, p. 241-264, 2002.

BEUCKELAER, A.; WAGNER, S. M. Small sample surveys: increasing rigor in supply chain management research. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 42, n. 7, p. 615-639, 2012.

BHARADWAJ, N. Investigating the decision criteria used in electronic components procurement. **Industrial Marketing Management**, v. 33, n. 4, p. 317-323, 2004.

BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) **Complexo Eletrônico: Lei de Informática e competitividade**. 2010. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 5 de outubro de 2010.

BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) **Instruções para Credenciamento de Fabricantes**. 2013. Disponível em <<http://www.bndes.gov.br/>>. Acesso em: 1 de maio de 2013.

BRADLEY, R. J.; GUERRERO, H. H. Product Design for Life-Cycle Mismatch. **Production and Operations Management**, v. 17, n. 5, p. 497-512, 2008.

- BROWNING, T. R.; FRICKE, E.; NEGELE, H. Key concepts in modeling product development processes. **Systems Engineering**, v. 9, n. 2, p. 104-128, 2006.
- CALCE (Center for Advanced Life Cycle Engineering) **About CALCE**. 2012. Disponível em: <<http://www.calce.umd.edu/general/general.htm>>. Acesso em: 18 de junho de 2012.
- CLARK, K. B.; FUJIMOTO, T. **Product development performance: strategy, organization and management in the world auto industry**. Boston: Harvard Business School Press, 1991.
- CHALLA, V.; RUNDLE, P.; PECHT, M. G. Challenges in the qualification of electronic components and systems. **IEEE Transactions on Device and Materials Reliability**, v. 13, n. 1, 2013.
- CHATTERJEE, K.; DAS, D. Semiconductor manufacturers' efforts to improve trust in the electronic part supply chain. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 30, n. 3, p. 547-549, 2007.
- COOPER, R. G. Stage-gate systems: a new tool for managing new products. **Business Horizons**, v. 33, n. 3, p. 44-54, 1990.
- COOPER, R. G. **Winning at New Product: accelerating the process from idea to launch**. Reading: Addison-Wesley Publishing Company Inc., 1993.
- CORCORAN, P. Change and the Consumer Electronics Industry. **IEEE Consumer Electronics Magazine**, v. 1, n. 4, p. 3-16, 2012.
- ÇATAY, B.; ERENGÜÇ, Ş. S.; VAKHARIA, A. J. Tool capacity planning in semiconductor manufacturing. **Computers & Operations Research**, v. 30, n. 9, p. 1349-1366, 2003.
- CNI (Confederação Nacional da Indústria) **Sindicatos – Por estado**. 2012. Disponível em <<http://www.portaldaindustria.com.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.
- COHEN, J. **Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences**. New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates, 1988.
- DAVENPORT, T. H. **Reengenharia de processos: como inovar na empresa através da tecnologia da informação**. Editora Campus, Rio de Janeiro, 1994.
- DAS, D.; PENSÉ, N.; PECHT, M. G.; CONDRA, L.; WILKINSON, C. Deciphering the deluge of data. **Circuits and Devices Magazine, IEEE**, v. 16, n. 5, p. 26-34, 2000.
- DOD (Department of Defense) **MIL-STD-750D Test Method Standard – Semiconductors devices**. 1995. Disponível em <[www.navsea.navy.mil](http://www.navsea.navy.mil)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.
- DOD (Department of Defense) **MIL-STD-883E Test Method Standard - Microcircuits**. 1997. Disponível em <[www.navsea.navy.mil](http://www.navsea.navy.mil)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.
- DOD (Department of Defense) **MIL-STD-3018 Parts Management**. 2007. Disponível em <[www.dscc.dla.mil](http://www.dscc.dla.mil)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.
- DOMBROWSKI, U.; WREHDE, J. K.; SCHULZE, S. Efficient Spare Part Management to Satisfy Customers Need. **IEEE International Conference on Service Operations, Logistics and Informatics SOLI**, p. 1-6, 2007.
- DOWDY, S.; WEARDEN, S.; CHILKO, D. **Statistics for Research (3. Ed.)**. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2004.
- DSPO (Defense Standardization Program Office) **SD-19 Parts Management Guide**. 2009. Disponível em <[www.dscc.dla.mil](http://www.dscc.dla.mil)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.

- EPPINGER, S. D.; CHITKARA, ANIL R. The practice of global product development. **MIT Sloan Management Review**, p. 1-11, 2009.
- EVELOY, V; FUKUDA, Y.; PECHT, M. G. Are you read for lead-free electronics? **IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies**, v. 28, n. 4, p. 884-894 , 2005.
- FOUCHER, B.; KENNEDY, R.; NELKAR, N.; RANADE, Y.; GOVIND, A.; BLAKE, W.; MATHUR, A.; SOLOMON, R. Why a new parts selection and management program? **IEEE Transactions on Components, Packaging, and Manufacturing Technology - PART A**, v. 21, n.2, p. 375-382 , 1998.
- FORZA, C. Survey research in operations management: a process-based perspective. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n.2, p. 152-194, 2002.
- GAONKAR, R.; VISWANADHAM, N. Collaboration and information sharing in global contract manufacturing networks. **Mechatronics, IEEE/ASME Transactions on**, v. 6, n. 4, p. 366-376, 2001.
- GARCIA, R.; ROSELINO, J.E. Uma avaliação da lei da informática e de seus resultados como instrumento indutor de desenvolvimento tecnológico e industrial. **Gestão & Produção**, v. 11, n. 2, p. 177-185, 2004.
- GAUSEMEIER, J.; DUMITRESCU, S. K.; NORDSIEK, D. Integrative development of product and production system for mechatronic products. **Robotics and Computer-Integrated Manufacturing**, v. 27, n. 4, p. 772-778, 2011
- GEIA (Government Electronics and Information Technology Association) **EIA-4899 Standard for Preparing an Electronic Components Management Plan**. 2002.
- GEIA (Government Electronics and Information Technology Association) **EIA-557-B Statistical Process Control Systems**. 2006. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- GILBERT, J. M.; BELL, I. M.; JOHNSON, D. R. Circuit design optimization based on quality cost estimation. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 21, n. 4, p. 367-386, 2005.
- GOEL, A.; GRAVES, R. J. Electronic system reliability: collating prediction models. **Device and Materials Reliability, IEEE Transactions on**, v. 6, n. 2, p. 258-265, 2006.
- GRIFFIN, A.; PRICE, R. L.; MALONEY, M. M.; VOJAK, B. A.; SIM, E. W. Voices from the Field: How Exceptional Electronic Industrial Innovators Innovate. **Product Innovation Management**, v. 26, p. 222-240, 2009.
- GUPTA, S. & BONGERS, P. Bouillon cube process design by applying product driven process synthesis. **Chemical Engineering and Processing: Process Intensification**, v. 50, n. 1, p. 9-15, 2011.
- GUTIERREZ, A.; OROZCO, J.; SERRANO, A. Factors affecting IT and business alignment: a comparative study in SMEs and large organisations. **Journal of Enterprise Information Management**, v. 22, n. 1/2, p. 197-211, 2009.
- HAIR JR., J. F.; BABIN, B.; MONEY, A. H.; SAMOUEL, P. **Fundamentos de Métodos de Pesquisa em Administração**. Porto Alegre: Bookman, 2005.
- HASKELL, B. **Portable Electronics Product Design and Development**. New York: McGraw Hill, 2004.

- HAUSER, G.; ZEN, A. C.; SELAO, D. C.; GARCIA, P. L. A indústria eletrônica no Brasil e na China: um estudo comparativo e a análise das políticas públicas de estímulo a capacidade tecnológica do setor. **Journal of Technology Management & Innovation**, v. 2, n. 3, p. 85-96, 2007.
- HELO, P. Managing agility and productivity in the electronics industry. **Industrial Management & Data Systems**, v. 104, n. 7, p. 567-577, 2004.
- HERTL, M.; WEIDMANN, D.; LECOMTE, J. C. An advanced quality and reliability assessment approach applied to thermal stress issues in electronic components and assemblies. **Microelectronics Reliability**, v. 49, n. 9, p. 1148-1152, 2009.
- HUMPHREY, D. An avionics guide to uprating of electronic parts. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 23, n. 3, p. 595-599, 2000.
- HUNT, I.; JONES, R. Winning new product business in the contract electronics industry. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 18, n. 2, p. 130-142, 1998.
- IEC (International Electrotechnical Commission) **IEC Quality Assessment System for Electronic Components - Principles for the Implementation of an ECMP Plan**. 2008. Disponível em: <<http://www.iecq-cert.org/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.
- IEC (International Electrotechnical Commission) **IEC Standard 747-1 Semiconductor Devices – Discrete Devices and Integrated Circuits**. 1983. Disponível em: <<http://www.iecq.ch/>>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011
- IEEE (IEEE Standards Association) **IEEE Standard Reliability Program for the Development and Production of Electronic Products**. 2013.
- IYER, A; SARANGA, H.; SESHADRI, S. Effect of Quality Management Systems and Total Quality Management on Productivity Before and After: Empirical Evidence from the Indian Auto Component Industry. **Production and Operations Management**, v. 22, n. 2, p. 283-301, 2013.
- JABBOUR, A. B.; FILHO, A. G.; VIANA, A. B.; JABBOUR, C. J. Relationships between company size, production system and supply chain: evidence from electro-electronics sector in Brazil. **Journal of Advances in Management Research**, v. 8, n. 1, p. 30-52, 2011.
- JACKSON, M.; SANDBORN, P.; PECHT, M. G.; HEMENS-DAVIS, C.; AUDETTE, P. A risk-informed methodology for parts selection and management. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 15, n. 4, p. 261-271, 1999a.
- JACKSON, M.; MATHUR, A.; PECHT, M. G.; KENDALL, R. Part manufacturer assessment process. **Quality and Reliability Engineering International**, v. 15, n. 6, p. 457-468, 1999b.
- JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD73 Description of 5V Bus Switch Devices with TTL**. 1999. Disponível em: <<http://www.jedec.org/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD76 Description of 1.8V CMOS Logic Devices**. 2000. Disponível em: <<http://www.jedec.org/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.
- JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD65B Definition of Skew Specifications for Standard Logic Devices**. 2003. Disponível em: <<http://www.jedec.org/>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD69B Information Requirements for the Qualification of Silicon Devices**. 2007. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD16A Assessment of Average Outgoing Quality Levels in Parts Per Million (PPM)**. 2008a. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD94A Application Specific Qualification Using Knowledge Based Test Methodology**. 2008b. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD47G Stress-Test-Driven Qualification of Integrated Circuits**. 2009. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD99C Terms, Definitions, and Letter Symbols for Microelectronics Devices**. 2012a. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JEP131B Potential Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)**. 2012b. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 13 de outubro de 2012.

JEDEC (JEDEC Solid State Technology Association) **JESD30F Descriptive Designation System for Semiconductor-device Packages**. 2013. Disponível em: <<http://www.jedec.org>>. Acesso em: 27 de abril de 2013.

JONG-HO, S.; HONG-BAE, J.; KIRITSIS, D.; XIROUCHAKIS, P. A decision support method for conceptual design considering product lifecycle factors and resource constraints. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 52, n. 9-12, p. 865-886, 2011.

JUGEND, D. **Desenvolvimento de produtos em pequenas e médias empresas de base tecnológica: práticas de gestão no setor de automação de controle de processos**. Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2006.

KHAN, Z. Design for assembly. **Assembly Automation**, v. 28, n. 3, p. 200-206, 2008.

KIM, K. Future Silicon Technology. **Proceedings of the European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC)**, p. 1-6, Setembro, 2012.

KINCHIN, I. M.; STREATFIELD, D.; HAY, D. B. Using concept mapping to enhance the research interview. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 9, n. 1, p. 52-68, 2010.

KIRK, R.E. **Statistics: An introduction (5th ed.)**. Belmont: Thompsom, 2008.

KLASSEN, R. D.; JACOBS, J. Experimental comparison of Web, electronic and mail survey technologies in operations management. **Journal of Operations Management**, v. 19, p. 713-728, 2001.

KLEYNER, A.; SANDBORN, P. Minimizing life cycle cost by managing product reliability via validation plan and warranty return cost. **International Journal of Production Economics**, v. 112, n. 2, p. 796-807, 2008.

KRISHNAN, V.; ULRICH K. T. Product Development Decisions: A Review of the literature. **Management Science**, v. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.



- LAFORET, S. Organizational innovation outcomes in SMEs: Effects of age, size, and sector. **Journal of World Business**, em impressão (0), 2012.
- LAU, R. S. M. Competitive factors and their relative importance in the US electronics and computer industries. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, n. 1, p. 125-135, 2002.
- LEAHY, K.; OSTER, G. The evolution of electronic systems Technology and its impact on methods of innovation. **Regent Global Business Review**, v. 5, n. 2, p. 8-15, 2012.
- LEDWITH, A. Management of new product development in small electronics firms. **Journal of European Industrial Training**, v. 24, n. 2/3/4, p. 137-148, 2000.
- LI, Y.; LIU, Y.; LIU, H. Co-opetition, distributor's entrepreneurial orientation and manufacturer's knowledge acquisition: Evidence from China. **Journal of Operations Management**, v. 29, n. 1, p. 128-142, 2011.
- LINDSAY, A.; DOWNS, D.; LUNN, K. Business processes - attempt to find a definition. **Information and Software technology**, v. 45, n. 15, p. 1015-1019, 2003.
- LIVINGSTON, H. Avoiding counterfeit electronic components. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 30, n. 1, p. 187-189, 2007.
- MALHOTRA, M. K.; GROVER, V. An assessment of survey research in POM: from constructs to theory. **Journal of Operations Management**, v. 16, n. 4, p. 407-425, 1998.
- MALLICK, D. N.; SCHROEDER, R. G. An Integrated Framework for Measuring Product Development Performance in High Technology Industries. **Production and Operations Management**, v. 24, n. 2, p. 142-158, 2005
- MAROCO, J.; GARCIA-MARQUES, T. Qual a fiabilidade do alfa de Cronbach? Questões antigas e soluções modernas? **Laboratório de Psicologia**, v. 4, n. 1, p. 65-90, 2006.
- MCIVOR, R.; HUMPHREYS, P.; CADDEN, T. Supplier involvement in product development in the electronics industry: a case study. **Journal of Engineering and Technology Management**, v. 23, n. 4, p. 374-397, 2006.
- MELNYK, S. A.; PAGE, T. J.; WU, S. J.; BURNS, L. A. Would you mind completing this survey: Assessing the state of survey research in supply chain management. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 18, n. 1, p. 35-45, 2012.
- MENDES, G. H. S. **O processo de desenvolvimento de produto em empresas de base tecnológica: caracterização da gestão e proposta de modelo de referência**. Tese de Doutorado. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, 2008.
- MICROCHIP **Analog & Interface Product Selector Guide**. 2013. Disponível em: <<http://www.microchip.com/TechDocByProduct.aspx>>. Acesso em: 16 de março de 2013.
- MILLER, L. E.; SMITH, K. L. Handling nonresponse issues. **Journal of extension**, v. 21, n. 5, p. 45-50, 1983.
- MILLSON, R. M.; WILEMON, D. Driving new product success in the electrical equipment manufacturing industry. **Technovation**, v. 26, p. 1268-1286, 2006.
- MINDERHOUD, S.; FRASER, P. Shifting paradigms of product development in fast and dynamic markets. **Reliability Engineering & System Safety**, v. 88, n. 2, p. 127-135, 2005.
- MOULIANITIS, V. C.; ASPRAGATHOS, N. A.; DENTSORAS, A. J. A model for concept evaluation in design – an application to mechatronics design of robot grippers. **Mechatronics**, v. 14, n. 6, p. 599-622, 2004.

- MÜLLER, V.; LEWITSCHNIG, H.; KORTIK, N.; KANERT, W. Quality assurance in automotive electronics. **e & i Elektrotechnik und Informationstechnik**, v. 128, n. 10, p. 371-374, 2011.
- MURRAY, S.; BORU, M.; PECHT, M. G.; ERHART, D. Tracking semiconductor part changes through the part supply chain. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 25, n. 2, p. 230-238, 2002.
- NAGEL, R.; HUTCHESON, R.; MCADAMS, D.; STONE, R. Process and event modelling for conceptual design. **Journal of Engineering Design**, v. 22, n. 3, p. 145-164, 2011.
- NICHOLAS, J.; LEDWITH, A.; PERKS, H. New product development best practice in SME and large organizations: theory vs practice, **European Journal of Innovation Management**, v. 14, n. 2, p. 227-251, 2011.
- NORDIN, N.; DEROS, B. M.; WAHAB, D. A. Lean Manufacturing Implementation in Malaysian Automotive Industry: An Exploratory Study. **Operations and Supply Chain Management**, v. 4, n. 1, p. 21-30, 2011.
- NXP (NXP Semiconductors) **NXP Microcontrollers Selection Guide**. 2013. Disponível em: <<http://www.nxp.com/products/microcontrollers/>>. Acesso em: 16 de março de 2013.
- OJO, B. Distributors key to war on counterfeiting. **Electronic Engineering Times**, v. 1591, p. 50-52, 2010.
- OTTOSSON, S. Dynamic product development – DPD. **Technovation**, v. 24, n. 3, p. 207-217, 2004.
- PAGAN, R. P.; SILVA, C. E. S.; MELLO, C. H. P. Projeto conceitual no processo de desenvolvimento de produtos eletroeletrônicos: estudos de caso em empresas incubadas. **XXVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**. Belo Horizonte, MG, Brasil. Anais, 2011.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; FELDHUSEN, J.; GROTE, K. **Projeto na engenharia - Fundamentos do desenvolvimento eficaz de produtos - Métodos e aplicações**. São Paulo: Editora Edgard Blücher, 2005.
- PANNIRSELVAM, G. P.; FERGUSON, L. A.; ASH, R. C.; SIFERD, S. P. Operations management research: an update for the 1990s. **Journal of Operations Management**, v. 18, n. 1, p. 95-112, 1999.
- PECHT, M. G., **Parts Selection and Management**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004.
- PECHT, M. G.; TIKU, S. Bogus: electronic manufacturing and consumers confront a rising tide of counterfeit electronics. **Spectrum, IEEE**, v. 43, n. 5, p. 37-46, 2006.
- PECHT, M.; HUMPHREY, D. Upgrading of electronic parts to address obsolescence. **Microelectronics international**, v. 23, n. 2, p. 32-36, 2006.
- PRASAD, B. **Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization**. New Jersey: Prentice Hall, 1996.
- PUGH, S. **Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering**. Harlow: Addison-Wesley Publishing, 1991.
- QI, H.; GANESAN, S.; PECHT, M. G. No-fault-found and intermittent failures in electronic products. **Microelectronics Reliability**, v. 48, n. 5, p. 663-674, 2008.
- QUESTIONPRO (QuestionPro Online Survey Software) **About Us**. 2013. Disponível em: <<http://www.questionpro.com>>. Acesso em: 15 de junho de 2013.

- REDDI, K. R.; MOON, Y. B. Simulation of new product development and engineering changes. **Industrial Management & Data Systems**, v. 112, n. 4, p. 520-540, 2011.
- ROJO, J. R.; ROY, R.; SHEHAB, E. Obsolescence management for long-life contracts: state of the art and future trends. **The International Journal of Advanced Manufacturing Technology**, v. 49, n. 9-12, p. 1235-1250, 2010.
- ROOZENBURG, N. F. M.; EEKELS, J. **Product design: fundamentals and methods**. Chichester: Wiley, 1995.
- ROSENTHAL, S. R. **Effective Product Design and Development – How to cut lead time and increase customer satisfaction**. New York: Irwin Professional Publishing, 1992.
- ROWLEY, J. & SLACK, F. Conducting a Literature Review. **Management Research News**, v. 27, n. 6, p. 31-39, 2004.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F. A.; AMARAL, D. C.; TOLEDO, J. C.; SILVA, S. L.; ALLIPRANDINI, D. H.; SCALICE, R. K. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.
- RUNGTUSANATHAN, M. J.; CHOI, T. Y.; HOLLINGWORTH, D. G.; WU, Z.; FORZA, C. Survey research in operations management: historical analyses. **Journal of Operations Management**, v. 21, n. 4, p. 475-488, 2003.
- SALGADO, E. G. **Modelo de referência para o processo de desenvolvimento de produtos eletrônicos em empresas de base tecnológica: estudos de casos múltiplos com decisão multicriterial**. Tese de Doutorado. Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, 2011.
- SANDBORN, P.; PRABHAKAR, V.; AHMAD, O. Forecasting electronic part procurement lifetimes to enable the management of DMSMS obsolescence. **Microelectronics Reliability**, v. 51, n. 2, p. 392-399, 2011.
- SAUNDERS, M. N. K. Web versus Mail - The Influence of Survey Distribution Mode on Employees' Response. **Field Methods**, v. 24, n. 1, p. 56-73, 2012.
- SCANDELARI, V. **Inovação e sustentabilidade: ambidestralidade e desempenho sustentável na indústria eletroeletrônica**. Tese de Doutorado: Setor de Ciências Sociais Aplicadas, Universidade Federal do Paraná, 2011.
- SCHILDT, H. **Sitkis - A bibliometric software tool**. Espoo, Finland: TKK. 2005.
- SCHILDT, H.; ZAHRA, S.; SILLANPAA, A. Scholarly Communities in Entrepreneurship research: a co-citation analysis. **Entrepreneurship Theory and Practice**, v. 30, n. 3, p. 399-415, 2006.
- SHIH, T.; FAN, X. Comparing response rates from web and mail surveys: A meta-analysis. **Field methods**, v. 20, n. 3, p. 249-271, 2008.
- SHIPP, S. S.; GUPTA, N.; SCOTT, J. A.; WEBER, C. L. Advancing Manufacturing to New Frontiers: Increasing Opportunities for Society. **Innovations: Technology, Governance, Globalization**, v. 7, n. 3, p. 71-81, 2012.
- SHUNK, D. L.; CARTER, J. R.; HOVIS, J.; TALWAR, A. Electronics industry drivers of intermediation and disintermediation. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 37, n. 3, p. 248-261, 2007.

SINAEES-AM (Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares de Manaus) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em: <<http://www.sindindustria.com.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.

SINAEES-MG (Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de Minas Gerais) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em: <<http://www.sindicatosfiemg.com.br/sinaees>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.

SINAEES-SP (Sindicato da Indústria de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de São Paulo) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em: <<http://www.sinaees-sp.org.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.

SINAEES-PR (Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares, Aparelhos de Radiotransmissão, Refrigeração, Aquecimento e Tratamento de Ar, Lâmpadas, e Aparelhos Elétricos de Iluminação do Estado do Paraná) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em: <<http://www.sinaees-pr.org.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.

SINDVEL (Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Vale da Eletrônica) **Empresas associadas**. 2012. Disponível em: <<http://www.sindvel.com.br>>. Acesso em: 7 de outubro de 2012.

SINGH, P.; SANDBORN, P.; GEISER, T.; LORENSON, D. Electronic part obsolescence driven product redesign planning. **International Journal of Agile Manufacturing**, v. 7, n. 1, p. 23-32, 2004.

SOLOMON, R.; SANDBORN, P. A.; PECHT, M. G. Electronic part life cycle concepts and obsolescence forecasting. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 23, n. 4, p. 707-717, 2000.

SOOD, B.; DAS, D.; PECHT, M. G. Screening for counterfeit electronic parts. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 22, n. 10, p. 1511-1522, 2011.

SOUSA, S. D.; ASPINWALL, E. M.; RODRIGUES, A. G. Performance measures in English small and medium enterprises: survey results. **Benchmarking: An International Journal**, v. 13, n. 1/2, p. 120-134, 2006.

ST (STMicroelectronics) **Amplifiers and comparators selection guide**. 2012. Disponível em: <<http://www.st.com>>. Acesso em: 16 de março de 2013.

STACK (STACK International) **General requirement for integrated circuits – Joint company standard**. 1999. Disponível em <[www.stackinternational.com](http://www.stackinternational.com)>. Acesso em: 10 de dezembro de 2011.

STAVRULAKI, E. & DAVIS, M. Aligning products with supply chain processes and strategy **International Journal of Logistics Management**, v. 21, n. 1, p. 127-151, 2010.

STRADLEY, J.; KARRAKER, D. The electronic part supply chain and risks of counterfeit parts in defense applications. **Components and Packaging Technologies, IEEE Transactions on**, v. 29, n. 3, p. 703-705, 2006.

SYRUS, M.; PECHT, M. G.; HUMPHREY, D. Part Assessment guidelines and criteria for parts selection and management. **IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing**, v. 24, n. 4, p. 339-350, 2001a.

SYRUS, M.; PECHT, M. G.; UPPALAPATI, R. Manufacturer assessment procedure and criteria for parts selection and management, **IEEE Transactions on Electronics Packaging Manufacturing**, v. 24, n. 4, p. 351-357, 2001b.

- TI (Texas Instruments) **Webench® Design Center**. 2013. Disponível em: <<http://www.ti.com/lsds/ti/analog/webench/overview.page>>. Acesso em: 16 de março de 2013.
- TRIPATHY, A.; EPPINGER, S. D. Organizing global product development for complex engineered systems. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v. 58, n. 3, p. 510-529, 2011.
- TORRESEN, J.; LOVLAND, T.A. Parts Obsolescence Challenges for the Electronics Industry. **IEEE Design and Diagnostics of Electronic Circuits and Systems, DDECS'07**, p. 1-4, 2007.
- TSIKRIKTSIS, N. A review of techniques for treating missing data in OM survey research. **Journal of Operations Management**, v. 24, n. 1, p. 53-62, 2005.
- TZORTZOPOULOS, P. **The design and implementation of product development process models in construction companies**. Tese de Doutorado, University of Salford, Institute for de Built and Human Environment, 2004.
- ULRICH, K. T.; EPPINGER, S. D. **Product design and development**. McGraw-Hill Inc., 1995.
- VERGANTI, R. Planned flexibility: linking anticipation and reaction in product development projects. **Journal of Product Innovation Management**, v. 16, n. 4, p. 363-376, 1999.
- VERMA, R.; GOODALE, J. C. Statistical power in operations management research. **Journal of Operations Management**, v. 13, n. 2, pp. 139-152, 1995.
- VERNADAT, F. B. **Enterprise modeling and integration: principles and applications**. London: Chapman and Hall, 1996.
- VOCK, S. R.; ESCALONA, O. J.; TURNER, C.; OWENS, F. J. Challenges for Semiconductor Test Engineering: A Review Paper. **Journal of Electronic Testing**, v. 28, n. 3, p. 365-374, 2012.
- WANG, W.; AZARIAN, M. H.; PECHT, M. G. Qualification for product development. **IEEE International Conference on Electronic Packaging Technology & High Density Packaging ICEPT-HDP**, p. 1-12, 2008.
- WARD, C. D.; SOHNS, C. W. Electronic component obsolescence. **Instrumentation & Measurement Magazine, IEEE**, v. 14, n. 6, p. 8-12, 2011.
- WHEELWRIGHT, S. C.; CLARK, K. B. **Revolutionizing product development process: quantum leaps in speed, efficiency, and quality**. New York: The Free Press, 1992.
- YANG, L.; BERNSTEIN, J. B. Failure rate estimation of known failure mechanisms of electronic packages. **Microelectronics Reliability**, v. 49, n. 12, p. 1563-1572, 2009.
- YANG, L.; NIU, R.; XIE, J.; QIAN, B.; SONG, B.; RONG, Q.; BERNSTEIN, J. Design-for-reliability implementation in microelectronics packaging development. **Microelectronics International**, v. 28, n. 1, p. 29-40, 2011a.
- YANG, S.; BRYANT, A.; MAWBY, P.; XIANG, D.; RAN, L.; TAVNER, P. An industry-based survey of reliability in power electronic converters. **Industry Applications, IEEE Transactions on**, v. 47, n. 3, p. 1441-1451, 2011b.
- YI, T. P.; FENG, C. J.; PRAKASH, J.; PING, L. W. Reducing electronic component losses in lean electronics assembly with Six Sigma approach. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 3, n. 3, p. 206-230, 2012.

YEH, T. M.; PAI, F. Y.; YANG, C. C. Performance improvement in new product development with effective tools and techniques adoption for high-tech industries. **Quality and Quantity**, v. 44, n. 1, p. 131-152, 2010.

ZHANG, L.; HAN, J. G.; HE, C. W.; GUO, Y. H. Reliability behavior of lead-free solder joints in electronic components. **Journal of Materials Science: Materials in Electronics**, v. 24, n. 1, p. 172-190, 2013.