

AGRADECIMENTOS

Esta página, com certeza, não seria suficiente para agradecer a todos que me acompanharam nesta jornada, principalmente àqueles que entenderam o momento, que incentivaram, criticaram, mas principalmente acreditaram.

Estou muito feliz pelo amadurecimento conquistado num campo em que não imaginava tamanha reflexão e análise.

Ao professor Paulo Augusto Cauchick Miguel, pela orientação e extrema paciência durante a redação do trabalho.

Ao José Antonio Carnevalli, co-orientador neste trabalho, pelas constantes dicas e sugestões para melhor estruturar o trabalho.

Aos professores Marly Monteiro de Carvalho e Fernando José Barbin Laurindo, pela grande contribuição dada ao trabalho durante o exame de qualificação.

Aos profissionais das empresas que permitiram o acesso e concederam valiosas informações dos processos nessas entidades.

À minha família, Sônia, Leticia e Vítor, pela paciência e apoio durante o desenvolvimento deste trabalho de pesquisa.

À Escola Politécnica, departamento de engenharia de produção, pela oportunidade de cursar o mestrado nesta conceituada instituição.

AO CNPq, Conselho Nacional de Pesquisa, pela bolsa oferecida durante o mestrado.

RESUMO

RODRIGUES, E. A. (2010). Análise exploratória do desenvolvimento de novos produtos e produção em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular. 2010. 101p. Dissertação (mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

O objetivo deste trabalho de pesquisa é realizar uma análise exploratória do desenvolvimento de novos produtos e produção em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular. A estratégia para a indústria automotiva, é uma forma de simplificar a gestão de um produto considerado complexo, num ambiente de intensa competição, inovação tecnológica e redução do ciclo de vida do produto. Na verdade, é um conjunto de conceitos que leva a novas formas de organizar o desenvolvimento do produto e a produção, possibilitando a transferência de atividades de projeto do produto e produção na cadeia produtiva. Para o delineamento da pesquisa foi utilizado o estudo de caso na análise de duas montadoras de veículos comerciais que produzem produtos semelhantes (caminhões e chassis de ônibus). Uma das montadoras opera com o sistema de consórcio modular e a outra, embora mais convencional, aplica o conceito de modularidade na linha de montagem final. O estudo de caso também foi utilizado na análise de dois fornecedores de primeiro nível, que fornecem motores para a montadora que opera o consórcio modular, sob a óptica do desenvolvimento de novos produtos e montagem do módulo no veículo. De uma forma ampla, a pesquisa revelou que os novos desenvolvimentos de produtos modulares influenciam o sistema produtivo existente e por outro lado, este também exerce influência no projeto do produto. Para minimizar as consequências as montadoras lançam medidas que integram os times de engenharia e fornecedores e adotam medidas para simulação do processo antes do início de produção.

Palavras Chave: Modularidade, indústria automobilística

ABSTRACT

The aim of this research paper is performing an exploratory analysis of the new product development and production in automotive companies that use the modular strategy. The strategy for the automotive industry is a way to simplify the management of complex products in an environment of intense competition, technological innovation and shorter product life cycles. Indeed, it is a set of concepts that lead to new way of organizing the product and production development, enabling the transfer of project activities and production in the chain. Aiming the research design, it was used the case study analysis in two automakers, which produces similar products (trucks and bus chassis). One of the automakers operates the modular consortium system, and the other, though more conventional, applies the modular concept in the final assembly line. Also, the case study was used in the analysis of two first tier suppliers, which supplies engines for the automaker that operates the modular consortium, in order to know how the new product development happens. Generally, the research has shown that the new product development influences the existing modular production system, and in the other side, this also influences the product design. However, to minimize the consequences, automakers launch measures in order to integrate the teams and suppliers, and adopt measures to simulate the process before starting of production.

Key words: modularity, automobile industry

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Processo para planejamento de coleta e análise dos dados	16
Figura 2.2 – Recorte do posicionamento das empresas envolvidas na pesquisa	20
Figura 3.1 – Arquitetura do produto.....	29
Figura 3.2 – Diferentes tipos de arquitetura do produto	29
Figura 4.1 – Diagramação da cadeia de fornecimento automotiva	50

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Síntese das escolhas metodológicas	19
Tabela 2.2 – Citações das empresas selecionadas nos principais periódicos	19
Tabela 2.3 – Características das empresas do estudo de casos	21
Tabela 2.4 – Empresas e responsáveis pelas áreas pesquisadas.....	22
Tabela 3.1 – Benefícios da modularidade	26
Tabela 3.2 – Dificuldades na adoção da estratégia modular.....	27
Tabela 3.3 – Variáveis encontradas na literatura relacionadas ao desenvolvimento do produto modular, produção modular e produto e processo modular	40
Tabela 4.1 – Objetivos de tempo de desenvolvimento.....	57
Tabela 4.2 – Classificação das variáveis	72

LISTA DE ABREVIATURAS E DE SIGLAS

ANFAVEA	Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
BNDES	Banco Nacional do Desenvolvimento
CKD	<i>Completed knocked Down</i>
DFM	<i>Design for Manufacturability</i> (Projeto para Manufatura)
DP	Desenvolvimento do produto
FMEA	<i>Failure modes and effects analysis</i> (Análise dos modos de falha e seus efeitos)
JIS	<i>Just in sequence</i>
JIT	<i>Just in time</i>
OEM	<i>Original equipment manufacturer</i>
PDP	Processo de Desenvolvimento de Produtos
P&D	Pesquisa e desenvolvimento
QFD	<i>Quality Function Deployment</i> (Desdobramento da Função Qualidade)
TQM	<i>Total Quality Management</i> (Gerenciamento da Qualidade Total)

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	1
RESUMO.....	2
ABSTRACT	3
LISTA DE FIGURAS	4
LISTA DE TABELA.....	5
LISTA DE ABREVIATURAS.....	6
SUMÁRIO.....	7
1 INTRODUÇÃO	10
1.1 Objetivos e questões de pesquisa	12
1.2 Justificativas da importância do trabalho	12
1.3 Estrutura do trabalho de pesquisa.....	13
2 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA	15
2.1 O Processo para planejamento da coleta e análise de dados.....	15
2.2 Estrutura conceitual teórica	16
2.3 Caracterização da pesquisa	18
2.4 Definição da amostra da pesquisa	19
2.5 Definição da técnica da coleta de dados	21
2.6 Coleta de dados	23
2.7 Definição da análise dos dados.....	23
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – BASE CONCEITUAL	25
3.1 Definição e principais conceitos modularidade.....	25
3.1.1 Arquitetura modular comparada à arquitetura integral.....	28
3.1.2 Modularidade aplicada ao projeto do produto	30
3.1.3 Modularidade aplicada à produção	31
3.1.4 Integração manufatura e desenvolvimento de novos produtos.....	32
3.1.5 Plataforma aplicada à modularidade.....	33
3.1.6 Interface aplicada à modularidade	35
3.2 Externalização aplicada à produção.....	36
3.2.1 Externalização aplicada à produção modular	38
3.2.2 Externalização aplicada ao produto modular	38

3.3	Consórcio modular e condomínio industrial.....	39
3.4	Síntese das principais variáveis do trabalho.....	39
4.	RESULTADO DO ESTUDO DE CASOS	42
4.1	Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – Montadora A.....	42
4.1.1	Resultados – consórcio modular na produção	43
4.1.2	Resultados – desenvolvimento modular no produto	45
4.1.3	Resultados – relação entre a montadora e fornecedores	47
4.2	Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – Fornecedor A.....	49
4.2.1	Resultados – desenvolvimento do consórcio modular	51
4.2.2	Resultados – modularidade aplicada ao produto	53
4.2.3	Resultados – relação entre a montadora e fornecedores	53
4.2.4	Relação entre o projeto modular e a modularidade na produção	54
4.3	Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – fornecedor A	56
4.3.1	Resultados – desenvolvimento de novos produtos.....	55
4.3.2	Resultados – Interfaces do produto modular	59
4.4	Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – fornecedor B	60
4.4.1	Resultados – desenvolvimento do produto modular	60
4.4.2	Resultados – Interfaces padronizadas	62
4.4.3	Resultados – Produção do modular	63
4.4.4	Resultados – utilização da estratégia modular.....	64
4.4.5	Resultados – cooperação com os fornecedores	65
4.5	Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – montadora B	66
4.5.1	Resultados – desenvolvimento do produto modular	67
4.5.2	Resultados – a produção modular	67
4.5.3	Resultados – Produção do módulo cabine	69
4.5.4	Resultados – Linha de montagem de painel de instrumentos.....	70
4.5.5	Resultados – transferência de atividades para fornecedor	71
4.6	Análise de resultados e discussão	71
5	CONCLUSÕES.....	76
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	78
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	80

APÊNDICE A – ROTEIRO	89
APÊNDICE B – ROTEIRO	91
APÊNDICE C – ROTEIRO	93
APÊNDICE D – ROTEIRO	95
APÊNDICE E – ROTEIRO	97

1 INTRODUÇÃO

Em resposta a competição global, as indústrias aumentam a variedade de produtos finais, customizam produtos e reduzem o tempo de vida, sem aumentar os custos de desenvolvimento e produção (Kotler, 2003). Para lidar com esse ambiente dinâmico, uma das estratégias competitiva adotada pelas empresas foi a adoção da modularidade. A estratégia modular é uma forma de simplificar a gestão de um produto considerado complexo (BALDWIN; CLARK, 2000). Na verdade, é um conjunto de conceitos que leva a novas formas de desenvolver produtos, organizar a produção e transferir atividades que agregam valor na cadeia produtiva (GRAZIADIO, 2004).

Basicamente, a modularidade pode ser entendida como uma forma de construção de um produto em subconjuntos menores, chamados módulos, mas que funcionam em um conjunto integrado (BALDWIN; CLARK, 1997), ou seja, um produto passa a ser constituído de vários módulos independentes. Isso pressupõe, que o desenvolvimento do projeto do produto modular pode ser realizado em paralelo (SANCHEZ; MAHONEY, 1996). Para a produção, significa que os módulos podem ser montados e testados em linhas separadas e só então, enviados para a linha de montagem final do veículo (NOVAK; EPPINGER, 2001; SAKO; MURRAY, 2000; ULRICH, 1995) na sequência requerida, ao invés de diversas peças avulsas, como era no sistema convencional. Do ponto de vista dos fornecedores de primeiro nível, a estratégia modular significa assumir um papel diferente dentro da cadeia produtiva, com atividades de projetos, montagens e entregas de subconjuntos (LUNG et al., 1999; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997).

O tema tem grande interesse ao Brasil, um dos grandes produtores de veículos, com demandas crescentes e que recebeu novas unidades industriais nos últimos anos (DIAS; SALERNO, 2004). Com os novos investimentos e em face à necessidade de ter uma indústria mais competitiva, o país passou a liderar novos experimentos de arranjos organizacionais e melhores práticas na gestão de operações, o que exigiu dos fornecedores um papel diferente, ou seja, a entrega de subconjuntos, ao invés de componentes (LUNG et al., 1999; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997). Entre as novas formas de arranjos organizacionais estão o consórcio modular e o condomínio industrial (PIRES; CARDOZA, 2007). Esses

novos arranjos da cadeia produtiva apresentam como característica principal a racionalização da base de fornecedores e a proximidade à montadora (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997).

A indústria automotiva que vive um processo de mudança na definição do negócio, utiliza a estratégia como uma forma de reduzir os custos de fabricação, uma alternativa para lidar com a redução do ciclo de vida dos produtos (LAU ANTONIO; YAM; TANG, 2007) e aumentar o número de modelos e variações oferecidas no mercado, sem tornar o sistema demasiadamente complexo (PILLER; WARINGER, 1999). Os clientes podem fazer suas próprias escolhas de características do veículo, ou seja, os produtos estão se tornando cada vez mais customizados (ARNHEITER; HARREN, 2006). Aliado a isso, o tempo de desenvolvimento do produto tende a reduzir, através da reutilização dos módulos entre os diferentes modelos de produto final. Portanto, a resposta para lidar com essa dinâmica vem desde a concepção de estrutura do produto, da criação de plataforma do veículo, da organização da produção e da transferência de atividades na cadeia de suprimentos (GRAZIADIO, 2004).

Dessa forma, a estratégia modular que já era utilizada na linha de produção final havia muito tempo (BALDWIN; CLARK, 1997), como por exemplo, para os motores e as transmissões, passa então, a ser utilizada como uma abordagem estratégica para o desenvolvimento do produto e processo (LUNG, 2001; SALERNO, 2001). Ou seja, para explorar todos os benefícios da estratégia é preciso conceber o produto em uma arquitetura modular e reproduzir esta estrutura no processo produtivo (FREDRIKSSON, 2006).

Neste sentido, este trabalho de pesquisa está inserido no contexto do desenvolvimento de novos produtos e sistema de produção em empresas do segmento automotivo que utilizam a estratégia modular. Através desta pesquisa, busca-se identificar e analisar as consequências da implementação do desenvolvimento de novos produtos modulares em um sistema produtivo existente. Por outro lado, investiga-se também as influências do sistema produtivo existente sobre o desenvolvimento de novos produtos modulares. O trabalho de campo baseia-se em duas montadoras de veículos comerciais que utilizam o conceito de modularidade na linha de montagem final. Uma delas num estágio muito avançado, operando o consórcio modular e a outra, embora mais convencional, apresenta

grandes avanços no uso da estratégia modular. Além das montadoras, o trabalho de campo também baseia-se em dois fornecedores do consórcio modular que se uniram para prestação de serviços de montagem do conjunto *powertrain* no cliente. Nestes dois fornecedores, que projetam e produzem, ou seja, fornecem num sistema *black-box*, explora-se as relações entre o desenvolvimento de novos produtos e suas consequências no processo produtivo da montadora.

O trabalho tem o foco principal no desenvolvimento de novos produtos modulares e a linha de montagem final do veículo. No entanto, como também faz parte deste estudo dois fornecedores de primeiro nível, em algum momento é considerado o desenvolvimento do módulo motor e a sua montagem.

1.1 Objetivos e questões da pesquisa

O objetivo principal deste trabalho de pesquisa é verificar as relações existentes entre o projeto do produto e produção em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular. A partir do objetivo principal apresentado, pretende-se através deste trabalho contribuir com a pesquisa, respondendo as seguintes questões:

- Como as decisões no desenvolvimento do produto modular afetam a organização da produção?
- Em função do processo produtivo existente, este interfere ou provoca alterações no produto em desenvolvimento?

1.2 Justificativa da importância do trabalho

Alguns dos fatores principais que justificam o interesse pelo tema modularidade na indústria automobilística, são destacados abaixo:

- A crescente adoção da modularidade pela indústria automobilística (FOURCADE; MIDLER, 2004), como uma forma de lidar com um mercado competitivo, dinâmico e exigente, a um baixo custo de produção (SANCHEZ; COLLINS, 2001)
- O tema tem grande importância ao Brasil, pois as subsidiárias aqui presentes, foram integradas ao processo de desenvolvimento do produto global,

especialmente para o desenvolvimento de produtos para atender ao mercado local, tais como o modelo Palio da Fiat, o Fox da VW, o Celta da GM (DIAS; SALERNO, 2004) e a VW - Resende. Segundo Salerno et al. (2009), quem tem a autonomia das atividades de projeto tende a ter um relacionamento mais forte com os fornecedores locais, o que acaba fortalecendo o sistema e exigindo pessoas mais qualificadas para o trabalho.

- Devido a natureza complexa do produto, assim como o grande número de modelos e variações oferecidas ao cliente final, a indústria automotiva representa um desafio para a investigação das consequências do uso da modularidade. Vários são os benefícios destacados na literatura a respeito do uso da modularidade no produto e no processo. No entanto, ainda não é claro na literatura como o processo produtivo é afetado com o lançamento de novos produtos modulares (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006).
- Dados da ANFAVEA (2009) destacam a importância da indústria automobilística brasileira no cenário econômico nacional e mundial. O Brasil é um dos maiores fabricantes de automóveis do mundo, consolidando de forma significativa sua posição na indústria automotiva global. Com produção de 3.2 milhões de unidades em 2008, O Brasil é o sexto maior fabricante automotivo mundial. Com relação a chassi de ônibus, o Brasil é o terceiro maior fabricante.

1.3 Estrutura do trabalho de pesquisa

Este trabalho de pesquisa sobre as relações do desenvolvimento de novos produtos e produção modular é composto por 5 capítulos. Este introdutório, que apresenta a estratégia do conceito de modularidade, o contexto em que a pesquisa acontece, os objetivos do trabalho, o escopo com suas delimitações, os motivos da sua realização e o enfoque dado ao assunto.

O Capítulo 2, “Métodos e técnicas de pesquisa”, apresenta a abordagem metodológica para endereçamento às questões do trabalho, levando em consideração a natureza do fenômeno a ser investigado. Apresenta também os respectivos métodos e técnicas para planejamento e condução do trabalho, assim

como suas justificativas de escolhas e os critérios e justificativas de escolha das unidades de análise.

O Capítulo 3, “Revisão bibliográfica - base conceitual”, trata da fundamentação teórica no que tange aos aspectos de modularidade, sobretudo nos aspectos de desenvolvimento do produto modular e produção modular, revestidos da importância de fornecer dados atuais, relevantes e relacionados ao tema deste trabalho de pesquisa.

O Capítulo 4, “Resultados do estudo de casos”, apresenta os resultados empíricos das quatro unidades de análise, através de uma descrição geral do caso. A partir desta narrativa buscou-se comparar com a literatura para fazer uma análise crítica dos dados. Em seguida, é feita uma síntese dos principais resultados encontrados, com o objetivo de identificar itens em comum entre os casos.

O Capítulo 5, “Conclusões e sugestões para trabalhos futuros”, apresenta as principais conclusões e em seguida apresenta as sugestões para trabalhos futuros identificados durante o decorrer do trabalho.

2 MÉTODOS E TÉCNICAS DE PESQUISA

Este capítulo tem como objetivo apresentar a abordagem metodológica utilizada neste trabalho, justificar as escolhas dos métodos e técnicas para a condução da pesquisa, descrever o planejamento para a coleta e análise dos dados e apresentar uma síntese das unidades de análise. A escolha dos métodos e técnicas, como poderá ser visto no decorrer deste capítulo, ocorreu a partir da definição do problema e levando em consideração a natureza do fenômeno a ser investigado. As etapas para planejamento e condução da pesquisa, de uma forma lógica e sequencial, foram definidas considerando, principalmente, as recomendações dos trabalhos de Cauchick Miguel (2007, 2009), Gil (2009) e Yin (2005).

2.1 O processo para planejamento da coleta e análise dos dados

Como forma de planejamento para o delineamento¹ da pesquisa e o método ou técnicas de coleta e análise dos dados, o presente trabalho de pesquisa é dividido em três grandes fases: a literatura; o planejamento e a coleta de dados; e a análise dos dados, constituída pela análise individual e comparativa entre as empresas. A ilustração do processo para condução do trabalho de pesquisa pode ser visto na figura 2.1. Em seguida, neste capítulo, é apresentada cada uma das fases com mais detalhes sobre os itens contidos nesta figura.

¹Delineamento: refere-se ao planejamento da pesquisa em sua dimensão mais ampla, que envolve tanto a diagramação quanto a previsão de análise e interpretação de coleta de dados. Entre outros aspectos, o delineamento considera o ambiente em que são coletados os dados e as formas de controle das variáveis envolvidas (GIL, 2009).

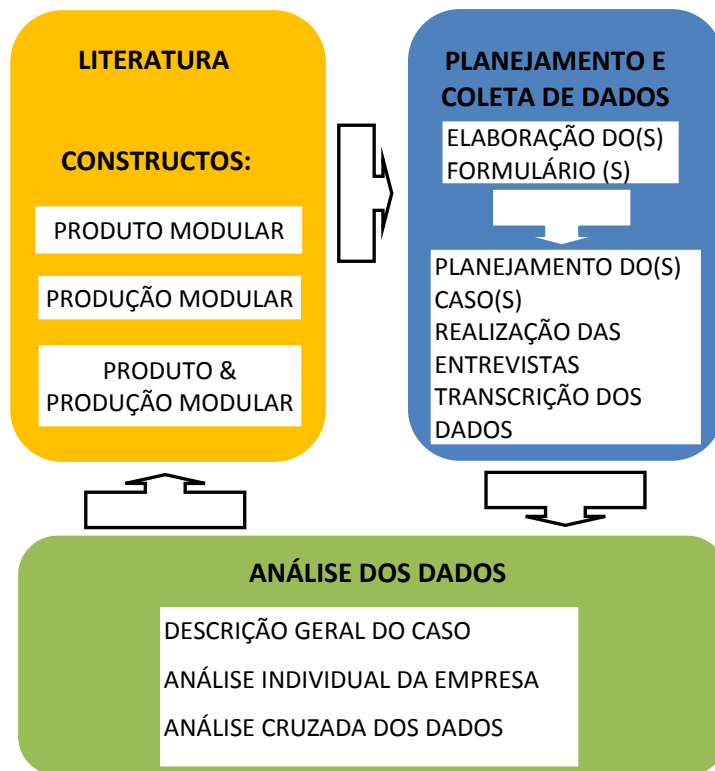


Figura 2.1 – Processo para planejamento de coleta e análise dos dados.

2.2 Estrutura conceitual teórica

O levantamento bibliográfico deste trabalho iniciou com um mapeamento da literatura sobre o tema modularidade. Este mapeamento preliminar permite localizar o tópico de pesquisa no contexto da literatura (CROOM, 2005), delimitar o estudo (GIL, 2009) e visualizar as lacunas de pesquisa, tópicos onde é possível aumentar o entendimento sobre o assunto, onde a pesquisa pode ser justificada (CAUCHICK MIGUEL, 2007). A partir desse mapeamento da literatura, levantou-se os pontos mais relevantes relacionados ao tema do trabalho para uma posterior investigação mais aprofundada. Os tópicos que se destacaram nesta fase estão descritos a seguir:

- Aspectos relacionados ao desenvolvimento do produto modular.
- Aspectos relacionados à modularidade aplicada a produção.
- Novos arranjos organizacionais em função da terceirização (projeto-produto).

Partiu-se então para uma revisão mais aprofundada da literatura sobre o tema, onde foi possível desenvolver as questões da pesquisa, selecionar os casos, planejar a coleta e análise dos dados e também dar respaldo à avaliação dos

resultados deste trabalho. Nesta etapa também foi possível extrair os constructos, que são definidos por Cauchick Miguel (2009) como ideias ou elementos extraídos da literatura e que representam um conceito a ser verificado. Segundo Sampieri (2006), a revisão da literatura consiste em identificar, obter e consultar materiais que sejam úteis aos objetivos de estudo, do qual se deve extrair e recompilar a informação relevante e necessária sobre o problema de pesquisa. Para Cauchick Miguel (2007), a construção de um referencial teórico deve estar diretamente relacionada ao conteúdo do estudo de caso, com o objetivo de identificar as lacunas da pesquisa.

A busca bibliográfica para a realização desta pesquisa foi realizada através de uma lista estruturada de palavras-chave por meio eletrônico, descritas a seguir: *modularity, modularisation, modular consortium, industrial condominium, product development, automotive industry e supply chain* nas seguintes bases de dados e portais:

- Portal de periódicos da CAPES <http://www.periodicos.capes.gov.br>, com acesso a diversas bases de dados internacionais com resumos e textos completos.
- SibiNet - Rede de serviços do Sibi/USP <http://www.usp.br/sibi>.
- Emerald Insight <http://www.emeraldinsight.com>, com acesso a base de dados internacionais.
- Science Direct <http://www.sciencedirect.com>, com acesso a base de dados internacionais.
- Acesso através de serviços da biblioteca <http://www.poli.usp.br/bibliotecas>.
- Biblioteca virtual piloto <http://www.scielo.com.br>, que abrange uma coleção selecionada de periódicos científicos brasileiros com base hospedada na FAPESP.
- Material do setor automobilístico em geral, disponível na internet ou divulgados pela Anfavea, Sindipeças, BNDES (Banco Nacional do Desenvolvimento) e *Automotive Business*.
- Livros, teses e dissertações relacionados ao tema deste trabalho e à abordagem metodológica adotada.

Após a revisão da literatura e formulação do problema de pesquisa, a próxima etapa é definir a abordagem metodológica e justificar as suas escolhas.

2.3 Caracterização da pesquisa

O objetivo deste tópico é o de justificar as escolhas metodológicas adotadas para este trabalho, na intenção de identificar e analisar as influências do desenvolvimento do produto na produção e, por outro lado, também verificar as influências da produção no desenvolvimento do produto, em empresas que adotam a estratégia modular. A escolha adequada da abordagem, métodos e técnicas de pesquisa deve estar diretamente relacionada às lacunas identificadas na literatura (CAUCHICK MIGUEL, 2009). Portanto, para este trabalho foi adotado como delineamento de pesquisa o estudo de caso por considerá-lo mais adequado face às questões da pesquisa e a natureza qualitativa dos dados a serem coletados e analisados. Para Gil (2009), a escolha pelo estudo de caso está relacionada aos objetivos da pesquisa e os meios que de que dispõe para realizá-la. Um estudo de caso é um trabalho de caráter empírico que investiga um dado fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real, especialmente quando os limites entre o fenômeno e o contexto não estão claramente definidos (YIN, 2005). Com base nos objetivos da pesquisa, a mesma foi classificada em pesquisa exploratória. Segundo Cauchick Miguel (2007), utilizam-se estudos exploratórios quando a teoria não se encontra bem formulada ou é emergente e as ideias são vagamente relacionadas com o problema de estudo, ou seja, deseja-se pesquisar sobre alguns temas e objetos com base em novas perspectivas e ampliar os estudos já existentes, o qual é o caso deste trabalho.

Foi adotado para esta pesquisa o uso de estudos de casos múltiplos. O estudo de casos múltiplos é recomendado por Herriott e Firestone (1983), pois as evidências resultantes são consideradas mais convincentes, e o estudo global é visto, por conseguinte, como algo mais robusto. Cada estudo de caso selecionado deve consistir, em particular, em um estudo completo, no qual se procura evidências convergentes com respeito aos fatos e às conclusões para o caso. Ao utilizar um projeto de casos múltiplos, outra questão que surge, é com relação ao número de casos necessários ou suficientes para o estudo. Segundo Eisenhardt (1989), uma quantidade de 4 a 10 parece ser suficiente. A abordagem do problema, no caso deste estudo é de enfoque qualitativo, pois utiliza coleta de dados dissertativos, sem

avaliação numérica, conforme destaca Sampieri (2006). A escolha metodológica para execução deste trabalho é sintetizada na tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Síntese da escolha metodológica

Características Metodológicas	Tipos utilizados
Delineamento da pesquisa	Estudo de caso
Objetivos gerais da pesquisa	Exploratória
Natureza das variáveis	Caráter descritivo
Natureza dos dados	Qualitativa

Fonte: Elaborado pelo autor com base em Cauchick Miguel (2007, 2009), Gil (2009) e Yin (2005).

Concluída a definição da abordagem metodológica, a próxima etapa é definir as unidades de análise.

2.4 Definição da amostra da pesquisa

As empresas selecionadas para esta pesquisa foram escolhidas por utilizarem o conceito de estratégia modular em suas operações e por exercerem atividades que atendem ao objetivo deste trabalho. Além disso, outros aspectos foram levados em consideração, como por exemplo, a autonomia no desenvolvimento de novos produtos, a forma inovadora de organização da cadeia produtiva e pelos contatos existentes nestas empresas, que de certa forma facilita a entrada na empresa para a realização da pesquisa. Além disso, tratam-se de empresas citadas nos principais artigos nacionais e internacionais sobre o assunto modularidade, como por exemplo, os descritos na tabela 2.2.

Tabela 2.2 – Citações das empresas selecionadas nos principais periódicos

Empresa	Citações
Montadora A - Consórcio Modular	Arnheiter e Harren (2005), Batchelor (2006), Bernstein e DeCroix (2004), Cauchick Miguel (2005), Cauchick Miguel e Pires (2006), Collins; Bechler e Pires (1997), Frigant e Lung (2002), Graziadio (2004), Graziadio e Zilbovicius (2003), Kotabe; Parente e Murray (2004), Kotabe; Parente e Murray (2007), Lorenzi e Di Lello (2001), Lung (2004), Marinin e Davis (2002), Marx; Zilbovicius e Salerno (1997), Mikkola (2007), Parente e Gu (2005), Pires (1998, 2002), Rachid et al. (2006), Resende et al. (2002), Salerno (2001), Salerno et al. (2002), Salerno; Camargo e Lemos (2008), Silva e Rozenfeld (2007), Zilbovicius; Marx e Salerno (2002), Takeishi e Fujimoto (2001),

Fonte: Elaborada pelo autor com base em publicações

Tabela 2.2 – Citações das empresas selecionadas nos principais periódicos - continuação

Empresa	Citações
Montadora B	Gimenez (2008)
Fornecedor A	Brigantini e Cauchick Miguel (2008), Cauchick Miguel e Pires (2006), Collins; Bechler e Pires (1997), Rachid et al. (2004), Pires (1998, 2002), Resende et al. (2006), Salerno et al. (2002), Salerno; Marx; Zilbovicius (2003)
Fornecedor B	Cauchick Miguel e Pires (2006), Collins; Bechler e Pires (1997), Mondragon; Mondragon e Miller (2006), Pires (1998, 2002), Rachid et al. (2004), Resende et al. (2002), Salerno et al. (2002), Wu e Park (2009)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em publicações

Os casos estudados envolveram duas montadoras de veículos comerciais, fabricantes de caminhões e chassis de ônibus e dois fornecedores de primeiro nível (fornecedores de motores). A montadora A utiliza o conceito de consórcio modular, enquanto a montadora B é um pouco mais tradicional, utilizando a modularidade na produção – linha de montagem final. Os fornecedores A e B, concorrentes no mercado para fornecimento de motores, se uniram, formando uma *joint venture* para montagem de módulos – conjunto motor, transmissão e sistema de resfriamento, e depois montagem do subconjunto formado no veículo final. A empresa formada entre os fornecedores A e B está instalada na planta da montadora A – consórcio modular, e prestam serviços na linha de montagem final. A figura 2.2 ilustra o posicionamento das empresas envolvidas na pesquisa.

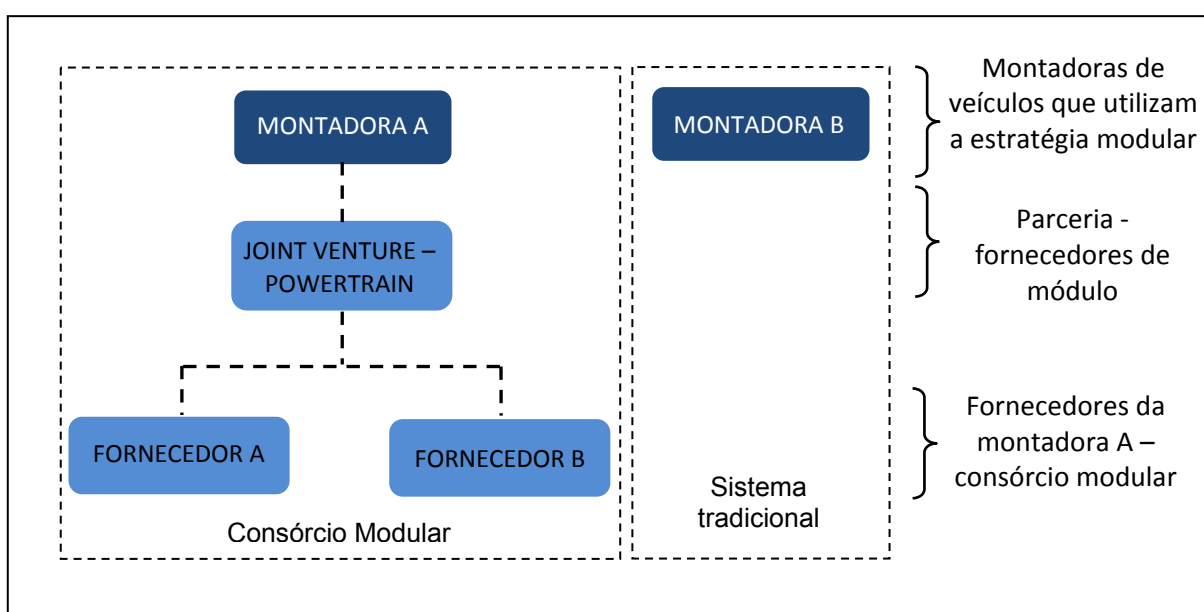


Figura 2.2 – Recorte do posicionamento das empresas envolvidas na pesquisa

A tabela 2.3 apresenta uma síntese das principais características das unidades de análise, sendo identificadas neste trabalho como empresas Montadora A, Montadora B, Fornecedor A e Fornecedor B, em função da confidencialidade requerida.

Tabela 2.3 – Características das unidades de análise

EMPRESA	PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS
Montadora A	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Montadora de veículos comerciais (caminhões e chassi de ônibus). ▪ Centro de desenvolvimento de caminhões e ônibus na planta do Brasil ▪ Aplica conceito inovador na gestão da produção (consórcio modular) ▪ Fornecedores são responsáveis pela montagem dos veículos
Montadora B	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Competência para desenvolvimento de veículos no Brasil ▪ Empresa tradicional que emprega o conceito de modularidade na linha final
Fornecedor A – fornecedor de primeiro nível	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fornecedor de primeiro nível no consórcio modular - montagem do conjunto motor/transmissão/sistema de resfriamento ▪ Centro de desenvolvimento e pesquisa no Brasil ▪ Fornece em sistema <i>black-box</i> ou <i>co-design</i>
Fornecedor B – fornecedor de primeiro nível	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Fornecedor de primeiro nível no consórcio modular - montagem do conjunto motor/transmissão/sistema de resfriamento ▪ Está entre as líderes mundiais na fabricação de motores diesel ▪ Fornece em sistema <i>black-box</i> ou <i>co-design</i>

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas e entrevistas

A partir da definição das unidades de análise, a próxima etapa consiste em definir os métodos e técnicas para a coleta e análise dos dados.

2.5 Definição da técnica da coleta de dados

Para a coleta de dados foram utilizadas múltiplas fontes de evidências, que segundo Yin (2005), apresenta como principal vantagem o desenvolvimento de linhas convergentes de investigação, denominado de processo de triangulação, além de aumentar a qualidade através do cruzamento de informações entre os casos. As fontes de evidências são destacadas a seguir:

- A entrevista, utilizada como fonte primária.
- A análise de documentos, como guias e anuários estatísticos.
- Observações diretas, através de visitas ao processo produtivo.
- Informações através dos sites das empresas.

Para atingir os objetivos desta pesquisa, foram planejadas entrevistas com executivos e engenheiros sêniores das áreas de engenharia do produto e/ou processo das empresas selecionadas, que participassem diretamente e que tivessem uma visão completa do desenvolvimento do produto. Busca-se com os informantes-chave a contribuição com o estudo das percepções e interpretações a respeito do tema pesquisado, como também a contribuição para a busca de evidências.

As entrevistas, segundo Yin (2005) é umas das mais importantes fontes de informações para um estudo de caso e devem ser realizadas seguindo um conjunto de perguntas estruturadas ou não estruturadas. Para Marconi e Lakatos (2008), a entrevista oferece várias vantagens, como por exemplo: fornece uma amostragem melhor da população; oferece uma maior flexibilidade, sendo possível repetir ou formular a questão de uma forma diferente; é uma oportunidade de avaliação de gestos e atitudes do entrevistado; obtenção de dados relevantes e significativos que não se encontram disponíveis em fontes documentais; informações mais precisas e com possibilidade de comprovação imediata. A tabela 2.4 apresenta as empresas e os respectivos responsáveis pelo desenvolvimento do produto que participaram da entrevista.

Tabela 2.4 – Empresas e responsáveis pelas áreas pesquisadas

	EMPRESAS			
	MONTADORA A	MONTADORA B	FORNECEDOR A	FORNECEDOR B
Entrevistados	Supervisor de Engenharia do Produto - Infotruck	Gerente de desenvolvimento do Produto & Engenheiro Sênior do Produto (Caminhões)	Gerente de Projetos Especiais de Manufatura e Supervisor de plataforma de produto	Gerente de Engenharia do Produto e Gerente Executivo de <i>Marketing</i>
Sistemas	Caminhões e chassis de ônibus	Caminhões e chassis de ônibus	Motores e serviços de montagem do conjunto <i>powertrain</i>	Motores e serviços de montagem do conjunto <i>powertrain</i>
Data da entrevista	27/Nov/08	07/Maio/09	19/Jun/08 e 28/Mai/09	13/out/2009
Tempo de duração da entrevista (h) e visita ao processo produtivo	6	2,5	2 e 2	1

Fonte: Elaborado pelo autor com base nas entrevistas

Para este trabalho de pesquisa planejou-se a gravação das entrevistas e logo então, transcrevê-las por completo, com a finalidade de gerar textos que possibilitem

a sua leitura e releitura várias vezes. Além de ter uma transcrição fidedigna da entrevista, como destaca Marconi e Lakatos (2008). Com relação às observações diretas ao processo produtivo, busca-se identificar de forma direta o fenômeno de estudo. A grande vantagem da observação é que os fatos são percebidos sem intermediação (GIL, 2009).

Após escolhidos os métodos e técnicas de pesquisa, com as sua devida justificção, a próxima fase é definir os meios de coleta dos dados.

2.6 Coleta de dados

Para a coleta de dados, utiliza-se neste trabalho um roteiro com perguntas semi-estruturadas. O objetivo do roteiro, na forma de um formulário, é o de ter uma ferramenta para obter informações mais organizadas do entrevistado, sendo gerado após a definição dos objetivos do estudo, das técnicas e coletas de dados e após uma revisão aprofundada da literatura. Este formulário foi construído baseando-se também no questionário sobre modularidade desenvolvido por Carnevalli (2009). O objetivo deste formulário foi o de ser utilizado como roteiro de perguntas durante a entrevista. Foi planejado para este estudo anotar as respostas dos entrevistados e ao mesmo tempo gravar as entrevistas. Nogueira (1968) define formulário como sendo uma lista formal de questões utilizada para a coleta de dados seja da observação ou da entrevista. A utilização do formulário, segundo Marconi e Lakatos (2008), apresenta as seguintes vantagens: pode esclarecer ou sanar dúvidas; flexível, permitindo a adaptação conforme a situação; obtenção de dados mais complexos e de maior utilidade; fácil obtenção de informantes representativos.

Após as entrevistas, quando foi permitido pelo entrevistado, foram realizadas visitas ao processo produtivo, o que permitiu observar a prática utilizada, principalmente quando observado sob o ponto de vista de modularidade. Segundo Yin (2005), as observações diretas servem como evidências em um estudo de caso.

2.7 Definição da análise dos dados

O primeiro passo a partir do conjunto de dados coletados, foi a organização dos mesmos, considerando as múltiplas fontes de evidências. Em seguida, as fitas

gravadas foram transcritas e gerado arquivos eletrônicos das anotações registradas. Com o objetivo de assegurar a precisão das narrativas, após a transcrição das fitas gravadas contendo o material de entrevista, os textos, quando possível foram enviados para os entrevistados fazerem sua revisão. Além de assegurar a precisão das narrativas, este procedimento também teve como objetivo evitar que alguma informação sigilosa fosse divulgada.

Após a organização do conjunto de dados coletados, foi realizada a análise dos resultados em duas fases:

1. A produção de uma narrativa geral do caso, através da redução dos dados coletados, incluindo somente o que é essencial e que tem estreita ligação com os objetivos e constructos da pesquisa, conforme destaca Cauchick Miguel (2009). A partir desta narrativa, buscou-se comparação na literatura para a análise crítica dos dados. Segundo Yin (2005), desenvolver uma estrutura descritiva ajuda a organizar o estudo de caso e também identificar as ligações causais apropriadas a serem analisadas. Além da narrativa, também foi criado um painel contendo os dados de cada caso. A tabela 4.2 que mostra o painel, com sua devida análise pode ser vista no sub-item 4.6.
2. Após a análise individual procura-se analisar os dados, através do cruzamento dos mesmos, com o objetivo de identificar as relações e diferenças entre as técnicas utilizadas pelas empresas.

Finalizado o capítulo de metodologia, no próximo capítulo é apresentada a base teórica para fundamentação do trabalho. Neste capítulo são apresentados conceitos importantes relacionados ao tema, como por exemplo, a definição de modularidade, aspectos do desenvolvimento do produto e produção modular.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA – BASE CONCEITUAL

A modularidade na indústria tem envolvido mudanças na arquitetura do produto, produção e na sua organização. Desta forma, este capítulo tem o objetivo de apresentar os principais conceitos da literatura no que tange aos aspectos de estratégia modular, compreender os conceitos utilizados na indústria automotiva, definir o conceito de arquitetura do produto, entender como a arquitetura modular pode ser utilizada e principalmente entender assuntos relacionados ao desenvolvimento de projeto do produto modular e a produção modular, servindo de base para a análise dos dados dos estudos de casos realizados.

3.1 Definição e principais conceitos de modularidade

A modularidade consiste basicamente no processo de divisão de um produto em subconjuntos menores, chamados módulos, montados a partir de vários componentes (PERSSON, 2004). Para Baldwin e Clark (2000), a modularidade pode ser entendida como uma forma de construção de um produto ou processo em subconjuntos menores que são projetados individualmente mas que funcionam como um conjunto integrado. Com uma visão mais abrangente sobre o tema, Salerno; Camargo e Lemos (2008) propõem a modularidade como uma relação de serviços, pois além das atividades já praticadas e conhecidas como projetos e entregas físicas de subconjuntos pelo fornecedor, o uso da estratégia modular significa o compartilhamento de riscos e investimentos com os fornecedores de primeiro nível. Estes fornecedores assumem a responsabilidade de alguns serviços, tais como assistência técnica, solução de problemas na linha de montagem, alterações de programação de produção e alterações no projeto do produto. Neste sentido, é possível observar uma evolução significativa na definição do conceito de modularidade baseado na prática exercida pelas indústrias do setor automotivo.

O objetivo da estratégia modular é alcançar um produto em que os diferentes módulos sejam independentes um do outro, possibilitando alterações individuais sem que sejam necessárias interferências nos demais módulos (MIKKOLA, 2003), o que é possível, segundo Ulrich (1995), no caso de um produto totalmente modularizado. Mas para que isso seja alcançado, alguns aspectos da modularidade

que influenciam decisões subsequentes ao processo devem ser respeitados. Dentre estes aspectos, estão os citados por Baldwin e Clark (1997), os quais consideram a arquitetura do produto, que especifica os módulos dos sistemas e suas funções; as interfaces, que são responsáveis pela interação entre os módulos, sua conexão e comunicação e a definição de padrões, cujo objetivo é verificar a conformidade do módulo, a configuração do produto ou processo, além de medir seu desempenho em relação aos demais módulos. Do ponto de vista de engenharia, a modularidade apresenta três principais objetivos (BALDWIN; CLARK, 2000), que são: a. uma forma de lidar com a complexidade do produto e processo; b. pressupõe o trabalho em paralelo e c. acomoda incertezas futuras.

Neste sentido, a utilização da modularidade pode trazer vários benefícios para a montadora e seus fornecedores. A tabela 3.1 apresenta alguns dos principais benefícios encontrados na literatura.

Tabela 3.1 – Benefícios da modularidade

Benefícios	Características	Referências
Variedade de produtos finais	Módulos podem ser montados em diferentes configurações	Arnheiter e Harren (2005), Baldwin e Clark (1997), Chen e Liu (2005), Doran e Hill (2008), Sanchez e Collins (2001), Sanchez e Mahoney (1996), Ulrich e Eppinger (2000)
Flexibilidade da produção	Módulos podem ser pré-montados em linhas separadas ao invés de serem montados em sequência na linha de montagem final	Baldwin e Clark (1997), Sako e Murray (2000), Worren et al. (2002),
Flexibilidade no desenvolvimento do produto	O projeto dos módulos podem ser realizados quase que de forma independente dos outros módulos	Baldwin e Clark (1997), Ulrich (1995)
Produtos customizados	Atender conforme desejo do cliente	Arnheiter e Harren (2006), Persson (2004)
Economias de escala	Padronização de componentes (Reuso de componentes)	Eggen (2003), Krishnan e Gupta (2001), Mikkola (2003), Wu; De Matta e Lowe (2009)
Compartilhamento de riscos	Os investimentos da montadora são compartilhados com os fornecedores	Camuffo (2000), Doran (2004), Mikkola (2003), Salerno; Camargo e Lemos (2008),
Prestação de serviços	Assistência técnica, solução de problemas de qualidade na linha	Salerno; Camargo e Lemos (2008)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas

Tabela 3.1 – Benefícios da modularidade - continuação

Benefícios	Características	Referências
Redução de custos	Reduzir custos de produção e aumentar a produtividade	Arnheiter e Harren (2004), Camuffo (2000), Chen e Liu (2005), Collins; Bechler e Pires (1997), Doran (2004),
Aumento de competência no desenvolvimento do produto	União entre competência da montadora e fornecedores	Sanchez (1995)
Possibilidade de terceirização	O uso da arquitetura modular favorece a terceirização	Takeishi e Fujimoto (2003)
Redução dos níveis de estoque	Os estoques são transferidos para os fornecedores	Doran e Hill (2008), Salerno et al. (2009)
Customização em massa	Ganhos de escala em função da padronização	Arnheiter e Harren (2005), Blee e Krause (2008), Worren et al. (2002)
Redução da base de fornecedores	Simplificação da rede de fornecimento através do agrupamento de componentes em módulos	Arnheiter e Harren (2006), Baldwin e Clark (1997), Collins; Bechler e Pires (1997)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas

Por outro lado, a modularidade também apresenta dificuldades na sua adoção. A tabela 3.2 mostra uma síntese dessas dificuldades.

Tabela 3.2 - Dificuldades na adoção da estratégia modular

Dificuldades	Referências
Completo reprojeito do produto	Pandremenos et al. (2009)
Gerenciamento de tolerâncias (interfaces)	Pandremenos et al. (2009)
Alto custo de manutenção / substituição	Pandremenos et al. (2009), Persson (2004)
Perda de conhecimento específico	Cheesbrough e Teece (1996), Pandremenos et al. (2009)
Aumento da dependência do fornecedor	Frigant e Lung (2002)

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas

Com relação às implicações estratégicas associadas à modularidade, Camuffo (2000) explorou três perspectivas distintas: a modularidade no projeto do produto, a modularidade na produção e a modularidade na organização. A modularidade no projeto do produto tem o objetivo de definir os seus limites, de forma que os módulos possam ser projetados independentemente. A modularidade na produção tem como objetivo reduzir a complexidade no processo principal através de submontagens, pré-testes dos módulos e transferência de algumas atividades para os fornecedores. Por fim, a modularidade na organização está

relacionada aos processos organizacionais, estruturas de governanças e procedimentos de contratação que são adotados ou utilizados para acomodar a produção modular tanto internamente quanto no contexto entre empresas. Mas Salerno; Camargo e Lemos (2008), afirmam que é possível utilizar a modularidade na produção sem a modularidade no projeto, ou vice-versa. Estes autores afirmam que a modularidade não é um item novo na indústria automotiva e citam o fornecimento de motores, um produto modular, utilizado em vários carros ou plataformas, como por exemplo na troca de motores entre VW e Ford durante a formação da Autolatina, ou mesmo a *powertrain* criada entre Fiat e GM. Além de motores, outro produto modular utilizado por várias empresas é a transmissão automática.

3.1.1 Arquitetura modular comparada à arquitetura integral

A arquitetura do produto têm sido muito utilizada pela indústria como uma forma de gerenciar produtos complexos (YASSINE; WISSMANN, 2007). O conceito da arquitetura do produto, que pode ajudar a reduzir a complexidade no desenvolvimento do produto, assim como a sua completa definição, como ela influencia nas alterações do produto, a variedade de produtos, a padronização de componentes, o desempenho do produto e o gerenciamento do desenvolvimento do produto, foram estudados por Ulrich (1995).

A arquitetura do produto pode ser entendida como uma estrutura em que os componentes funcionais do produto são dispostos em partes físicas e como ocorre as interações entre as partes por meio das interfaces (CHEN; LIU, 2005; MIKKOLA, 2003; ROZENFELD et al., 2006), ou seja, ela envolve a divisão e identificação dos sistemas, subsistemas e componentes individuais, sua localização e orientação (ROZENFELD et al., 2006). A função do produto representa o que ele “faz” e as características físicas, o que ele “é”. Segundo Ulrich (1995), a arquitetura do produto é uma estrutura onde a função do produto está relacionada ao componente físico. Dessa forma ele a dividiu em três principais elementos, representados na figura 3.1: a. o arranjo dos elementos funcionais; b. o mapeamento dos elementos funcionais com os componentes físicos; e c. as especificações das interfaces entre os componentes físicos.

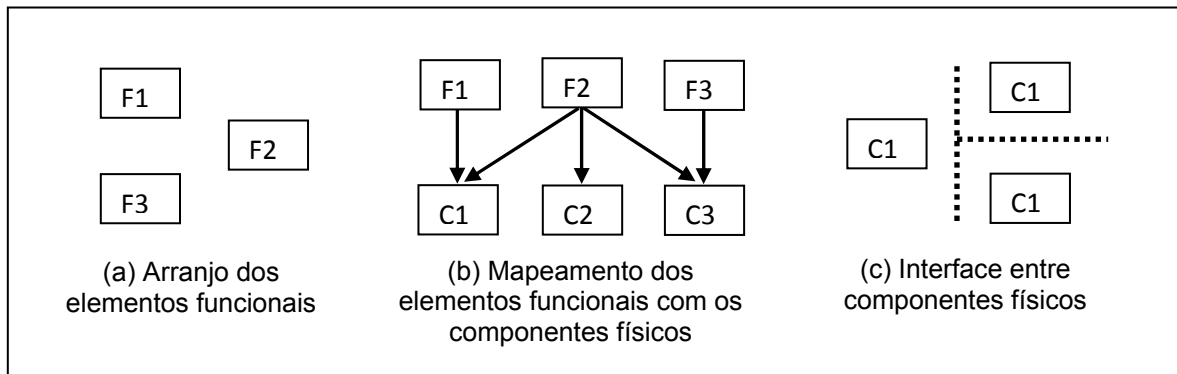


Figura 3.1 - Arquitetura do produto Ulrich (1995).

Segundo Erens e Verhulst (1997), a arquitetura do produto pode ser classificada em quatro tipos diferentes, dependendo da forma em que ocorre o mapeamento dos elementos funcionais para os componentes físicos (figura 3.2). O modelo 1 representa uma situação onde uma única função é relacionada a um único módulo. O modelo 2 se refere a função dos múltiplos módulos, e os modelos 3 e 4 representam situações onde as funções múltiplas são designadas para um ou mais módulos/componentes. Neste trabalho será abordado apenas a arquitetura do produto modular e integral.

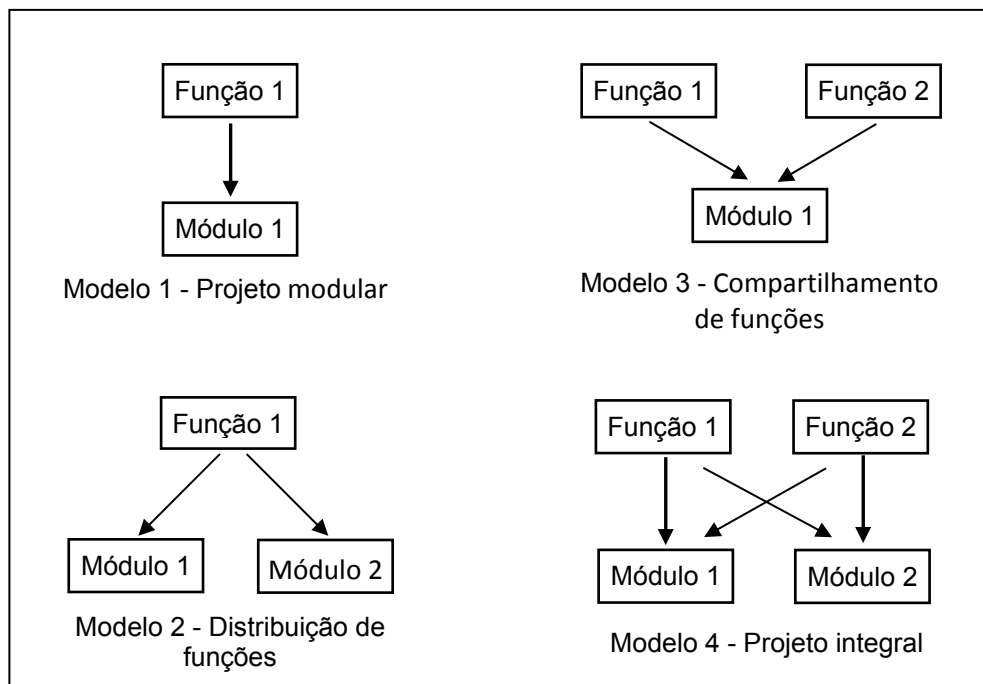


Figura 3.2 - Diferentes tipos de arquitetura do produto Erens e Verhulst (1997)

Através da figura 3.2, é possível concluir que o modelo mais simples de arquitetura do produto é o projeto modular, onde uma função está relacionada a um único módulo. Neste caso, não existe o compartilhamento de funções entre os módulos e as interações são poucas e bem definidas (ROZENFELD et al., 2006), sendo possível promover alterações em determinadas funções ou características físicas do produto, sem necessariamente afetar o projeto de outros módulos que compõem o produto (FINE, 1998; ROZENFELD et al., 2006). Isso pressupõe que os módulos podem ser projetados paralelamente (BALDWIN; CLARK, 2000). Por outro lado, a forma mais complexa é o projeto integral, em que várias funções do produto são relacionadas a diferentes conjuntos de componentes. Neste caso, há uma complexa ligação dos elementos funcionais (não individuais) para os componentes físicos e as interfaces são mal definidas (ULRICH, 1995). Além disso, as alterações em um componente normalmente exigem alterações nos demais componentes relacionados, significando até o reprojetado do produto como um todo (ROZENFELD et al., 2006). Dessa forma, quanto maior o número de relações entre os diferentes elementos em um produto, maior será o esforço da engenharia para o desenvolvimento do produto (PERSSON; AHLSTROM, 2006).

Portanto, a decisão de criar uma arquitetura de produto modular está relacionada a uma série de fatores, como por exemplo, maior variedade de produtos no mercado, ganho de escala através da padronização, desempenho e gestão de projetos (ROZENFELD et al., 2006). No entanto, a estratégia de criar produtos modulares exige mudanças substanciais no produto e no seu processo de desenvolvimento. As principais questões surgirão, provavelmente no processo de modularização de produtos complexos, os quais contém grande número de componentes diferentes, interconexões, funções e interfaces (PERSSON; AHLSTROM, 2006).

3.1.2 Modularidade aplicada ao projeto do produto

O Processo de Desenvolvimento do Produto (PDP) consiste em conjunto de atividades, onde busca-se, a partir das informações de mercado, restrições tecnológicas e da estratégia de produto de cada empresa, chegar a um produto e seu processo (CLARK; FUJIMOTO, 1991; ROZENFELD et al., 2006). Portanto, O

PDP é considerado um dos processos mais importantes para a competitividade das companhias (CLARK; FUJIMOTO, 1991).

A modularidade aplicada ao projeto do produto visa a redução do tempo de desenvolvimento, através da execução das atividades em paralelo (BALDWIN; CLARK, 2000; ULRICH, 1995), ou seja, uma vez que as interfaces são especificadas, os módulos podem ser desenvolvidos independentemente e em paralelo a outros módulos. Isto possibilita maior velocidade e custos menores durante o desenvolvimento de novos produtos, proporcionando maior flexibilidade para reagir a mudanças. O time de engenharia pode se concentrar e assim ganhar mais liberdade para projetar e desenvolver os módulos, pois não depende diretamente de outras etapas do projeto (ULRICH, 1995). Além disso, durante o processo de desenvolvimento, as interdependências entre os módulos podem ser testadas e as mudanças podem ser efetuadas sem afetar outros módulos (ARNHEITER; HARREN, 2006). Outro fator importante atribuído a independência entre os módulos é a intensidade de inovações no projeto, pois a engenharia pode criar e testar diferentes soluções dentro de seus próprios módulos, multiplicando as opções de produtos através das relações dos módulos, devendo respeitar somente os parâmetros de interfaces e protocolos, denominados como regras de projetos (BALDWIN; CLARK, 2000).

É importante ressaltar no entanto, que para o desenvolvimento de produtos modulares, mais tempo é gasto na fase de projeto no nível do sistema, onde o foco é cuidadosamente definir as interfaces do módulo, especificando padrões associados e protocolos (ULRICH, 1995).

3.1.3 Modularidade aplicada à produção

A produção eficiente de um portfólio diversificado de produtos é frequentemente atribuída à flexibilidade da manufatura (FREDRIKSSON, 2006; GERWIN; KOLODNY, 1992; ULRICH, 1995), o que é em primeiro lugar uma função da arquitetura do produto e em segundo da tecnologia utilizada na manufatura, dos centros de distribuição e da cadeia de suprimento (RAMDAS, 2002). Neste contexto, a ideia de produção modular discutida nos anos 60 por Starr (1965), com a percepção de que era necessário produzir em alta escala e a um baixo custo, vários

tipos de computadores para atender às diferentes necessidades dos consumidores, seria impossível da forma em que a produção era organizada naquela época.

Em plantas convencionais, os componentes individuais de um veículo, como por exemplo, instrumentos do painel, medidores, chicotes elétricos, entre outros, são montados um a um no corpo do veículo na linha de montagem final. Com a utilização da estratégia modular estes componentes individuais são montados em uma linha separada, formando assim subconjuntos ou módulos, que são enviados para a linha de montagem final do veículo para serem instalados de uma forma mais simples (SAKO; MURRAY, 1999, 2000; TAKEISHI; FUJIMOTO, 2001; ULRICH; TUNG, 1991). Como a montagem final se torna mais rápida em função do número reduzido de partes manuseadas, é possível atrasar a finalização do mesmo. Nessa perspectiva, há uma redução significativa da complexidade do processo de produção, assim como redução de custos de montagem (ULRICH; TUNG, 1991).

Outro aspecto importante atribuído à estratégia modular é a qualidade final do produto (TAKEISHI; FUJIMOTO, 2001), pois à medida em que as atividades mais complexas e difíceis de serem realizadas são transferidas para estágios anteriores é possível identificar e resolver problemas o mais cedo possível, corrigí-los se for o caso e até tomar outras decisões relativas à organização da produção, ao invés de testá-los na linha final como parte de um produto acabado.

Para a produção de um veículo, a indústria automotiva utiliza uma sequência de montagem de módulos pré-estabelecida, assegurando assim alguns requisitos fundamentais de qualidade, sendo considerado o estado da arte na indústria automotiva (PANDREMENOS et al., 2009). Este autor ainda cita que esta montagem de módulos seguindo uma sequência específica, deve ser viável e ao mesmo tempo, rápida, com qualidade e econômica. O grande desafio segundo Persson (2006), é padronizar os módulos de forma que qualquer tamanho de um módulo seja possível de ajustar com outros módulos, reduzindo investimentos necessários em ferramentas e garantindo a qualidade e reduzindo riscos de montagens erradas.

3.1.4 Integração manufatura e desenvolvimento de novos produtos

A estrutura do processo produtivo, normalmente é construída de forma muito parecida à estrutura do produto que as empresas desenvolvem (HENDERSON;

CLARK, 1990). Para um produto modular em particular, à medida que as interfaces estão claramente definidas, o ideal é que ele seja desenvolvido e produzido na mesma estrutura do produto modular (FREDRIKSSON, 2006). Para que isso aconteça, o PDP necessita das informações da produção para realizar suas atividades, evitando assim, problemas futuros na manufatura, investimentos desnecessários, problemas relativos à qualidade e atrasos nos lançamentos de novos produtos. A manufatura por sua vez, pode contribuir através das informações de restrições de capacidade, restrições de capacidade do processo produtivo e as tecnologias disponíveis pelos fornecedores (ROZENFELD et al., 2006).

Uma das abordagens que enfatiza os aspectos da manufatura ao longo do processo de desenvolvimento do produto é o Design for Manufacturability (DFM - Projeto para Manufatura), e sua principal função é a de integrar as áreas de engenharia durante o desenvolvimento do produto (ROZENFELD et al., 2006). O DFM está relacionado com o entendimento de como o projeto do produto interage com os vários componentes do sistema de manufatura. Assim, o projeto do produto e processo não podem de modo algum ser tratados como entidades separadas.

Com relação às formas de produção de um novo produto, segundo Rozenfeld et al. (2006), podem acontecer das seguintes maneiras: 1. em uma fábrica nova, onde a produção será com máquinas, equipamentos, dispositivos e ferramentas novas; 2. em instalações existentes, com parte ou todas as máquinas e equipamentos novos ou; 3. em instalações e equipamentos existentes. No primeiro caso, como se trata de uma instalação nova, os recursos fabris são adquiridos conforme o planejamento e necessidade. No segundo caso, é feita uma complementação dos recursos fabris existentes, comprando assim apenas algumas máquinas, equipamentos, dispositivos ou ferramentas. No último caso, é necessário uma avaliação com relação aos recursos necessários para a adequação do novo produto na produção. Nos dois últimos casos, onde as instalações são existentes, muitas vezes é necessário a adequação de *layout*.

3.1.5 Plataforma aplicada à modularidade

O conceito de plataforma do produto pode ser entendido como um conjunto relativamente grande de componentes e sistemas que são fisicamente conectados

entre si, formando uma estrutura estável e comum, a partir da qual serão desenvolvidos uma série de produtos finais diferenciados (BALDWIN; WOODARD, 2008; CHEN; LIU, 2005; MEYER; LEHNERD, 1997). Apesar de serem produtos diferentes externamente, são montados a partir de um mesmo processo de produção, compartilhando ferramentas, dispositivos, máquinas e conhecimento do produto (ROBERTSON; ULRICH, 1998). Para alguns autores (BALDWIN; WOODARD, 2008; MEYER; TERTZAKIAN; UTTERBACK, 1997; MUFFATO, 1999), plataforma e modularidade são assuntos relacionados. Para Baldwin e Woodard (2008), plataforma é um módulo de um sistema complexo, onde alguns componentes permanecem estáveis (plataforma) e outros são os que variam para dar a característica de produto diferente. Entre os elementos mais estáveis em uma arquitetura de plataforma estão as interfaces modulares que se localizam entre a plataforma e seus complementos.

A decisão de partir para um projeto modular e utilizar o conceito de plataforma do produto ocorre nos estágios iniciais de desenvolvimento, quando a engenharia tem a tarefa de definir as interfaces do produto e criar a flexibilidade para reutilização dos elementos do produto existente para novos produtos derivativos, economizando assim o tempo de desenvolvimento e reduzindo custos de manufatura (GONZALEZ-ZUGASTI; OTTO; BAKER, 2000, 2001; HERNANDEZ; ALLEN; MISTREE, 2002). O ganho no desenvolvimento de plataforma do produto vêm, principalmente, do conhecimento adquirido que pode ser utilizado repetidas vezes para a criação de novos produtos sem a necessidade de reprojeter ou retestar componentes e subconjuntos já aplicados em outros produtos finais (MUFFATO; ROVEDA, 2000). Por outro lado, é importante ressaltar que o desenvolvimento de plataforma exige muito tempo para o primeiro lançamento (KRISHNAN; GUPTA, 2001). Há portanto uma decisão importante a ser tomada, no que diz respeito aos benefícios econômicos a longo prazo pela utilização da estratégia de plataforma e os possíveis efeitos de introduzir o primeiro lançamento, possivelmente mais tarde ou mais caro no mercado. Vale lembrar que projetar uma plataforma para cada modelo considerando uma série de produtos é extremamente caro (MORRIS; DONNELLY, 2006).

O grupo Volkswagen, um dos líderes em estratégia de plataforma, criou a maior plataforma mundial de vendas e alcançou um alto grau de partes em comum

(65% no caso do Golf, A3, Seat e Skoda)(HOWARD, 2000). No caso da indústria automotiva brasileira, alguns exemplos recentes de derivados desenvolvidos, são: o Polo Sedan, derivado da plataforma europeia Polo (VW); e Corsa Sedan e picape Montana, derivados da plataforma também europeia do Corsa (GM). Outro conceito importante da utilização de plataforma está no trabalho de Camuffo (2000), onde a Fiat criou um projeto de carro mundial – o Fiat Palio. Para este projeto a Fiat definiu a família de novos modelos objetivando países emergentes, baseados na mesma plataforma. A ideia consistia em produzir 5 modelos diferentes em vários países, com 69% no mínimo de peças em comum.

3.1.6 Interface aplicada à modularidade

Uma das formas de administrar a variedade de produtos no processo produtivo com a utilização do conceito de modularidade é através da padronização e da simplificação das interfaces (PERSSON; AHLSTROM, 2006). As interfaces descrevem em detalhes como os módulos se conectam, se ajustam e se comunicam (BALDWIN; CLARK, 1997; CHEN; LIU, 2005). Para isso é necessário criar as regras de projetos padronizadas que acomodam a ideia de interdependência entre os módulos.

Na perspectiva de arquitetura do produto segundo Chen e Liu (2005), o produto é composto de dois elementos principais: os componentes físicos e as interfaces. Elas apresentam as características de integração e desintegração de um produto. Já o componente é definido como uma parte fisicamente distinta do produto que incorpora um conceito de projeto e desempenha uma função bem definida (ULRICH, 1995). Resumindo, uma estrutura funcional descreve a relação entre os componentes e as interfaces que permitem o produto operar efetivamente (CHEN; LIU, 2005).

Em um estudo mais completo sobre a especificação das interfaces, Sanchez (2000), classificou uma lista de requisitos necessários para o estabelecimento de interação entre os elementos do produto (componentes, submontagens, etc.). A lista é descrita a seguir:

- Interfaces de conexão: como os componentes se conectam entre si;

- Interfaces espaciais (volumétrica): o volume espacial ocupado por um componente;
- Interfaces de transferência: o que conecta e o que solta o componente;
- Interfaces de controle e comunicação: troca de informações que informam o estado do componente e/ou requerem mudanças;
- Interfaces com o usuário: como os componentes recebem as solicitações do usuário; e
- Interfaces ambientais: como o componente interage com o meio ambiente ou outros componentes de forma desejada ou não.

3.2 Externalização aplicada à modularidade

Embora a modularidade e a externalização sejam conceitualmente distintas, ou seja, a modularidade pode existir sem a externalização das atividades (caso das práticas exercidas pelas indústrias japonesas) (TAKEISHI; FUKIMOTO, 2001), tendem a se tornar na prática conceitos inseparáveis (CAMUFFO, 2000). Alguns autores, como por exemplo Ernst e Kamrad (2000), afirmam que a modularidade propicia a terceirização da manufatura ou componentes.

A estratégia utilizada pelo OEM (*original equipment manufacturer*) automotivo, como forma de alcançar vantagem competitiva em um ambiente caracterizado pelo excesso de capacidade está na reavaliação das suas competências, daquilo que agrega valor ao produto e na terceirização e transferência das atividades vistas como não centrais para o sucesso da organização (DORAN, 2005; KOTABE; MURRAY, 2004). Desta forma, o OEM foca nas atividades mais importantes para o seu negócio, como projeto, distribuição e serviços pós-vendas (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997). Assim, ocorre uma reorganização de toda a cadeia de fornecimento automotivo, onde os fornecedores são classificados em níveis (SALERNO et al., 2002). O fornecedor de primeiro nível passa a executar atividades que antes eram de domínio do OEM, transferindo atividades de menor valor agregado para os fornecedores abaixo na cadeia (DORAN, 2005; SALERNO et al., 2001). As atividades de maior competência são as atividades que a empresa pode realizar melhor que os competidores e de grande dificuldade para os competidores

aprenderem e executarem, como tecnologias especiais ou conhecimento relacionado com vantagem competitiva.

Como característica, os fornecedores de primeiro nível apresentam capacidade para fornecimento em base global, uma cultura diferenciada de qualidade, centro de competência para P&D (pesquisa e desenvolvimento), fornecimento de itens a custos menores que os praticados pelo OEM e capacidade de desenvolver soluções modulares (DORAN, 2003). Salerno; Marx e Zilbovicius (2003), ainda destacam a necessidade de saúde financeira da empresa fornecedora, com o objetivo de reduzir o risco de descontinuidade no fornecimento e para garantir investimentos no uso da tecnologia. Em termos de operações estratégicas, estes fornecedores empregam técnicas como TQM, JIT, engenharia simultânea e células de manufatura (DORAN, 2003).

Alguns dos motivos que levam as empresas a praticarem a terceirização são a redução de custos operacionais, o foco nas atividades de maior competência, redução de investimento de capital e custos fixos (MONCZKA et al., 2005; MIKKOLA, 2003). Segundo Takeishi e Fujimoto (2001), o custo do trabalhador em uma empresa fornecedora é menor que no OEM. Além disso, a redução da base de fornecedores permite um melhor gerenciamento da cadeia de suprimentos com compras mais eficientes.

Para a gestão de produção dos produtos desenvolvidos, basicamente o sistema produtivo tem três alternativas (MIKKOLA, 2003): - desenvolver internamente; - terceirizar; ou desenvolver em conjunto “co-projeto”. A decisão do que vai ser terceirizado é estratégia de cada empresa (BALDWIN; CLARK, 1997). Neste sentido, com o objetivo de estabelecer o limite de participação de cada fornecedor, Mikkola (2003) classificou o desenvolvimento de projetos em quatro níveis:

- Conjunto *black-box*, onde a montadora fornece as especificações de interfaces e os parâmetros requeridos e a partir daí o fornecedor desenvolve todo o projeto.
- Co-projeto, onde o fornecedor é responsável em desenvolver parte do projeto, apresentando soluções técnicas para aprovação. Muito aplicado quando é preciso juntar esforços em busca de novas tecnologias.

- Propriedade do fornecedor. Neste caso o fornecedor é proprietário de todo o desenvolvimento e as peças são vendidas através de catálogos.
- Partes controladas. São peças totalmente desenvolvidas pelas montadoras e os fornecedores participam no fornecimento conforme especificação.

A terceirização cria um certo grau de interdependência entre a montadora e o fornecedor e esse grau de interdependência depende do nível de envolvimento nas atividades de desenvolvimento do produto (MIKKOLA, 2003). Com base neste cenário de terceirização das atividades de desenvolvimento do produto e manufatura de módulos cada vez mais complexos, significa que uma grande responsabilidade foi transferida da montadora para o fornecedor (DE MELLO; MARX, 2007).

3.2.1 Externalização aplicada à produção modular

A externalização de módulos simplifica o processo através da redução da quantidade de peças manuseadas durante a montagem final, o que acelera a montagem. Além disso, minimiza o risco de investimento de capital, reduz o inventário físico e simplifica as transações (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997).

Os novos arranjos organizacionais, como o condomínio e o consórcio modular apresentam importância fundamental na programação de montagem de veículos (SALERNO; MARX; ZILBOVICIUS, 2003). Em função da proximidade dos fornecedores, a montadora pode prorrogar o pedido de entrega de produtos, o que lhe dá a flexibilidade de se fazer mudanças na programação de veículos, permite a variabilidade de produtos, garante maior agilidade na prestação de serviços técnicos e na resolução de problemas durante a montagem final. Segundo Salerno; Dias e Zilbovicius (1999), com os fornecedores mais próximos é possível manter baixos níveis de estoque.

3.2.2 Externalização aplicada ao produto modular

As atividades de desenvolvimento do produto modular estão cada vez mais sendo terceirizadas pelos fabricantes de produtos complexos, como por exemplo as montadoras de veículos (BALDWIN; CLARK, 1997). O que é reforçado por Takeishi e Fujimoto (2003), onde afirmam que a utilização da estratégia de arquitetura de

produto modular favorece as empresas a transferir grande parte das atividades de desenvolvimento do produto aos fornecedores. A tendência é que os fornecedores projetem, produzam e entreguem módulos completos (CAMUFFO, 2000). No entanto, é possível observar que a terceirização é muito mais comum para manufatura dos módulos ou componentes.

3.3 Consórcio modular e condomínio industrial

A reestruturação no setor automotivo resultou em uma nova forma de organização da cadeia produtiva, o consórcio modular e o condomínio industrial, apresentam como estratégia central a modularidade e a externalização (GRAZIADIO, 2004; SACOMANO NETO; PIRES, 2007). A montadora passou a ter um relacionamento preferencial com os fornecedores de primeiro nível (aqueles que fornecem subconjuntos, sistemas ou módulos) (SALERNO et al., 2001). No consórcio modular, os fornecedores de primeiro nível assumem a responsabilidade de montar os subconjuntos e depois integrá-los ao veículo na linha final (GRAZIADIO, 2004; PIRES; CARDOZA, 2007;). Neste caso o fornecedor está instalado no mesmo prédio da montadora e caracteriza-se pelo fornecimento exclusivo. No caso do condomínio industrial, um grupo de fornecedores estratégicos de primeiro nível estão alocados no mesmo terreno ao lado da montadora, com o objetivo de abastecer a linha de montagem final do veículo numa forma *just-in-sequence* (PIRES; CARDOZA, 2007). Diferentemente do consórcio modular, no condomínio industrial a montadora é responsável pela montagem do veículo.

3.4 Síntese das principais variáveis do trabalho

Na etapa de mapeamento aprofundado na literatura, identificou-se algumas variáveis importantes relacionadas ao desenvolvimento do produto e produção modular, citados por diversos autores e com grande convergência sobre as definições. Essas variáveis identificadas na literatura foram selecionadas pela importância relacionada às questões de pesquisa, são apresentadas na tabela 3.3.

Tabela 3.3 – Variáveis encontradas na literatura relacionadas ao desenvolvimento do produto modular, produção modular e produto e processo modular.

Principais variáveis	Definição	Referências
Arquitetura do produto modular (Projeto do produto modular)	A forma em que os componentes funcionais do produto são dispostos em partes físicas e como ocorre as relações funcionais entre as partes por meio das interfaces	Baldwin e Clark (2000), Camuffo (2000), Fredriksson (2006), Ulrich (1995)
Padronização de componentes	A padronização permite o reuso de componentes reduzindo custos de desenvolvimento do produto e processo	Lee e Tang (1997), Krishnan e Gupta (2001)
Interfaces padronizadas em produtos modulares	As interfaces padronizadas permitem a intercambiabilidade de módulos sem aumentar a complexidade no processo produtivo	Chen e Liu (2005), Baldwin e Clark (1997, 2000), Ericsson e Erixon (1999), Liang e Huang (2002), Ulrich (1995), Sanchez (2002)
Qualidade do produto modular	O módulo pode ser testado antes de ser enviado para a linha de montagem final, evitando retrabalhos	Eggen (2003), Takeishi e Fujimoto (2001), Schneider; Bunse e Gneiting (2003)
Influências da modularidade do produto na modularidade de produção	A estrutura que define os módulos do produto e suas interfaces é utilizada para definir a estrutura do processo produtivo	Fredriksson (2006); Henderson e Clark (1990), Rozenfeld et al. (2006), Takeishi e Fujimoto (2001)
Influências da modularidade da produção na modularidade do produto	O processo produtivo organizado em módulos influencia o projeto do produto modular	Fredriksson (2006); Henderson e Clark (1990), Rozenfeld et al. (2006), Takeishi e Fujimoto (2001)
Flexibilidade modular de produto e produção	Os módulos podem ser montados em diferentes configurações, aumentando assim a variedade de produtos finais	Arnheiter e Harren (2005), Baldwin e Clark (1997), Chen e Liu (2005), Doran e Hill (2008), Sanchez e Collins (2001), Sanchez e Mahoney (1996), Ulrich e Eppinger (2000)
Modularidade na produção	Os módulos podem ser montados em linhas separadas e enviados para alinha de montagem final, apenas quando requisitados	Baldwin e Clark (1997), Sako e Murray (2000), Takeishi e Fujimoto (2001), Worren et al. (2002),
Gestão de produto e produção modular	Redução da complexidade de gestão	Baldwin e Clark (2000), Ulrich (1995)

Fonte: Elaborado pelo autor

A seguir é descrito uma definição básica do conceito pesquisado na literatura, diretamente relacionadas às citações dos autores:

- Arquitetura modular do produto: Pode ser entendida como a forma em que os componentes funcionais do produto são dispostos em partes físicas e como

ocorre as relações funcionais entre as partes por meio das interfaces. Na arquitetura modular uma única função está relacionada a um módulo, ou seja, não há compartilhamento de funções entre dois ou mais módulos. A arquitetura do produto modular é caracterizada por interações bem definidas e interfaces padronizadas.

- Padronização de componentes: pode ser entendida como o uso de componentes ou peças em comum, manufaturadas para uso em diferentes modelos.
- Interfaces padronizadas – produtos modulares: As interfaces proporcionam a interação entre os componentes. Nos produtos modulares, as interfaces determinam como os módulos se conectam, se ajustam e se comunicam. Para isso é necessário criar as regras de projetos padronizadas que acomodam a ideia de interdependência entre os módulos.
- Qualidade do produto modular: O módulo pode ser testado antes de ser enviado para a linha de montagem final, evitando retrabalhos e aumentando a eficiência do processo produtivo
- Produto modular influencia produção modular: A arquitetura do produto reflete a estrutura da produção.
- Modularidade na produção: os módulos podem ser montados em linhas separadas e enviados para a linha de montagem final, apenas quando requisitado. Isto reduz o tempo total de produção do produto, além de garantir melhor produtividade, pois os módulos podem ser testados antes da montagem na linha final.
- Flexibilidade modular de produto e produção: Os módulos podem ser montados em diferentes configurações, aumentando assim, a variedade de produtos finais.
- Gestão de produto e produção modular: A modularidade torna o processo mais gerenciável, pois as atividades complexas são divididas em elementos menores de forma que podem ser administrados de forma independente.

Finalizado o Capítulo de Revisão Bibliográfica – base conceitual para este trabalho de pesquisa, apresenta-se no próximo capítulo o resultado e análise do estudo de casos, através de uma narrativa geral buscando identificar na literatura para realização de uma análise crítica.

4 RESULTADO DO ESTUDO DE CASOS

Este capítulo apresenta os resultados empíricos do estudo de casos através de uma narrativa geral, onde busca-se comparar com a literatura para a análise crítica dos dados. Desta forma, o capítulo é dividido da seguinte maneira. O primeiro sub-item analisa o caso de uma montadora, denominada de montadora A neste estudo. O segundo e o terceiro sub-item analisam um fornecedor de primeiro nível no consórcio modular, denominado fornecedor A, em duas visitas distintas, com propósitos diferentes. A primeira visita foi realizada com o objetivo de entender a vivência do fornecedor A na formação da parceria dentro do consórcio modular e como foram tomadas as decisões de adequação do produto em relação ao novo arranjo produtivo modular. A segunda entrevista teve como propósito entender como acontece o desenvolvimento de novos produtos para o cliente - montadora A. O quarto sub-item apresenta o resultado de um fornecedor de primeiro nível, denominado fornecedor B, dentro do contexto de desenvolvimento de novos produtos para a montadora A. No quinto sub-item é apresentado o resultado e a análise de uma montadora de veículos comerciais - montadora B, e por fim, no sexto sub-item é apresentada a análise dos resultados do estudo de casos.

4.1 Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – montadora A

A pesquisa de campo foi realizada em uma multinacional montadora de veículos comerciais que, segundo dados da ANFAVEA (Associação Nacional de Fabricantes de Veículos Automotores), ocupa uma posição de destaque na fabricação de caminhões e produção de chassis de ônibus. A montadora A é marcada pela forma em que efetua a gestão da produção conhecido como sistema de consórcio modular. Nesse sistema de arranjo organizacional, os fornecedores montam os módulos nos veículos na linha de produção sob a supervisão e acompanhamento da montadora. O time de fornecedores de primeiro nível selecionados para a operação compreende em sete: chassis; eixos e suspensão; rodas e pneus; motores, transmissões e sistema de resfriamento; cabines; pintura e acabamento interno da cabine. O que indica que a seleção e escolha dos fornecedores de primeiro nível foram tomadas de acordo com a divisão do veículo

em módulos e pela capacidade tecnológica de fabricação e montagem. Esses fornecedores são únicos, o que implica em maior interdependência com a montadora A. Os fornecedores de primeiro nível são responsáveis pela submontagem dos módulos e pela instalação dos mesmos na linha de montagem final, o que está de acordo com a descrição de consórcio modular apresentada na literatura consultada (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997; PIRES, 2002; RACHID et al., 2006; SALERNO et al., 2009). Além desses serviços, a empresa também terceiriza os serviços logísticos e de manutenção, o que é reforçado na literatura por Cauchick Miguel e Pires (2006). Vale destacar que a operação de montagem de caminhões e ônibus desta montadora existe apenas no Brasil, o que lhe dá a autonomia para o desenvolvimento de novos produtos. A montadora A controla a qualidade e a produção de forma bem próxima ao time de fornecedores e somente efetua o pagamento após o veículo passar no controle da qualidade (RACHID et al., 2006), o que cria um incentivo para aumentar a produtividade, sem prejudicar a qualidade, ou seja, o pagamento é realizado conforme a produção (SALERNO; CAMARGO; LEMOS, 2008). Desta forma, a montadora pode se concentrar no projeto do produto, em serviços ao cliente, *marketing* e vendas, introduzindo veículos mais apropriados para as necessidades do mercado, sendo este um benefício da aplicação da modularidade, como também destaca a literatura (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997).

4.1.1 Resultados – consórcio modular na produção

A linha de montagem final de veículos é comum para toda a gama de produtos da empresa, ou seja, para toda a família de caminhões e chassi de ônibus que, segundo dados da ANFAVEA (2009), totalizam 32 modelos de caminhões e 10 chassis de ônibus. Como esperado, os dados coletados em campo constatou o que já havia sido divulgado na literatura (GRAZIADIO, 2004; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997; PIRES, 1998; PIRES; CARDOZA, 2007).

Com a implantação da nova planta em novembro de 1996, a base de fornecedores diretos foi reduzida de 400 para 7, corroborado por Cauchick Miguel e Pires (2006). A redução da base de fornecedores significa uma mudança no relacionamento com os fornecedores de primeiro nível que passam a desempenhar

novos papéis, como por exemplo, projeto do produto e fornecimento de módulos. A logística interna da produção e a gestão da cadeia de fornecimento (fornecedores de segundo e terceiro níveis) é organizada pelos fornecedores mas a programação da produção é coordenada pela montadora. Entretanto, apesar dos fornecedores de primeiro nível serem responsáveis pela logística interna, a maioria das peças de interfaces são compradas e pagas diretamente pela montadora. Este fato também é citado por Salerno; Camargo e Iemos (2008), onde indicam que a montadora também é responsável pela escolha dos fornecedores de peças dos 2º e 3º níveis na cadeia de suprimentos. Este aspecto pode ser entendido como centralizador por parte da montadora, no entanto, os benefícios financeiros gerados pelo alto poder de negociação da montadora, podem ser os reais motivos. A responsabilidade da montadora abrange também o controle da qualidade, o sistema de gestão da qualidade, a logística externa (aquisição de componentes para os módulos), *marketing* e serviços pós-vendas. Tal fato demonstra que, embora a montadora A não tenha colaboradores diretos para montagem do veículo, mantém centralizada as atividades relacionadas à qualidade do produto.

Para a produção de cabines que equipam os caminhões, a montadora possui duas linhas de montagem (armação de cabines), automatizadas. Uma delas é utilizada para produção de duas famílias dos veículos de porte menor e uma segunda linha, construída mais recentemente, é dedicada para a produção de uma família de caminhões pesados. A segunda linha de cabine foi construída em função do projeto do produto ser diferente da existente. Este fato, demonstra que o projeto do produto pode influenciar o processo produtivo, exigindo muitas vezes, máquinas, equipamentos, dispositivos e ferramentas novas. Pelas dimensões dessa cabine, também foi necessário uma ampliação da linha de tratamento superficial. Depois de armadas as cabines, elas são enviadas para uma linha de pintura e finalmente para a linha de montagem e acabamento. O *layout* inicial da linha pode ser observado em algumas publicações (PIRES, 1998; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997).

Neste modelo de arranjo organizacional, a montadora fornece as instalações na sua planta, coordena a produção e realiza os testes finais, o que vai ao encontro com a literatura (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997; PIRES, 1998; PIRES; CARDOZA, 2007), enquanto os fornecedores assumem a montagem dos módulos e a agregação destes ao chassi do veículo, na linha de montagem final (GRAZIADIO,

2004; PIRES; CARDOZA, 2007). Uma das características da linha de montagem final, observada durante a visita ao processo produtivo foi a baixa presença de equipamentos automatizados ou robôs, sendo as atividades realizadas com ferramentas e dispositivos manuais, flexíveis ao ponto de serem compartilhados na montagem de diversos veículos. Estas características podem estar relacionadas com a redução da complexidade do produto pelo uso da modularidade, citado por Veloso e Fixson (2001).

4.1.2 Resultados – desenvolvimento do produto modular

A empresa possui um centro de P&D no Brasil para projeto e lançamento de caminhões e chassis de ônibus, com toda a infra-estrutura necessária para realização de testes do veículo e campo de provas para testes de estradas. A competência no desenvolvimento do produto, representa para Salerno et al. (2001), um aspecto econômico importante, pois gera a necessidade de funcionários mais qualificados. Outro aspecto importante é a possibilidade de realização de projetos e co-projetos com os fornecedores, o que de certa forma beneficia os fornecedores instalados no país, como destaca Salerno et al. (2009). O projeto do veículo é totalmente realizado pela montadora no que diz respeito aos requisitos veiculares e conta com uma parceria com os seus fornecedores para o desenvolvimento de alguns dos módulos, como por exemplo, cabines.

A engenharia da montadora em questão é dividida em especialidades: *powertrain*, elétrica, cabine e chassi. Este fato demonstra que a organização da empresa é estruturada para uma gestão modular. Para o gerenciamento de projetos, o mesmo é dividido em vários estágios e *gates*. Esta seqüência pressupõe que à medida que um estágio é finalizado, gera-se um conjunto de informações para a etapa seguinte. É um processo sistemático de avaliação do projeto em cada *gate* que deve ser aprovado para poder realizar as próximas atividades de projeto (ROZENFELD et al., 2006). Depois de definido estrategicamente, o processo consiste basicamente na validação do projeto através do CAE, construção de protótipos e montagem em um caminhão protótipo. Logo após são realizados testes funcionais e análises dinâmicas. Depois de validada a etapa anterior, são desenvolvidas especificações de manufatura e montagem, incluindo planos de

processos, planos de controle e serviços, o que é também destacado por Cauchick Miguel e Pires (2006).

Para a identificação das necessidades do cliente e customização dos produtos, a empresa utiliza o QFD (*Quality Function Deployment*) nos estágios iniciais de desenvolvimento do produto. O método é utilizado por um time multifuncional formado pelas áreas de engenharia, *marketing*, vendas, planejamento de processos, etc., onde por meio de entrevistas semi-estruturadas com clientes, gerentes, proprietários das frotas de transporte e órgãos regulamentadores de trânsitos estaduais, busca-se identificar as necessidades dos clientes, o que é também destacado na literatura (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006).

A estratégia de divisão do produto caminhão e chassi de ônibus em módulos é facilitada devido às características destes produtos serem mais apropriadas para a divisão. No caso de um caminhão, por exemplo, a separação da cabine e do chassi é de grande facilidade para os diferentes modelos. Esta observação em campo está de acordo com pesquisas similares em indústrias deste setor (CAUCHICK MIGUEL, 2006; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997). A situação é diferente de um veículo de passeio, considerado um produto mais complexo (PERSSON; AHLSTROM, 2006). Na coleta de dados, foi identificado que a divisão inicial do produto foi realizada de uma forma prática, onde a engenharia da montadora junto com a engenharia dos fornecedores definiram na linha de montagem as interfaces de cada módulo. A partir da dependência de cada módulo para seu funcionamento, foi então definida para qual fornecedor ficaria a responsabilidade de montar os acessórios, como por exemplo, mangueiras, conexões, interligações de chicotes, etc.. Ou seja, a montadora partiu de um produto existente para a criação do conceito de produto modular, sendo este um possível indicativo que o projeto modular e a produção modular podem não ser obrigatoriamente dependentes. Entretanto, embora não tenha sido identificado na entrevista, Marx; Zilbovicius e Salerno (1997) indicam que a engenharia de produto da montadora em questão fez uma série de adaptações nos produtos de forma a tornar o processo de montagem viável e fácil. O entrevistado mencionou que várias alterações no projeto do produto ocorreram, mas

QFD (Quality Function Deployment): é um método utilizado em etapas de desenvolvimento do produto e serviços com o objetivo de definir as especificações do produto através das necessidades dos clientes (CAUCHICK MIGUEL, 2008).

mas não as identificou precisamente no momento da entrevista, nem posteriormente.

Em função do último lançamento da empresa, um modelo de caminhão classificado como pesado, foi necessário o apoio da engenharia da matriz no desenvolvimento do produto cabine. De certa forma, isso contraria a autonomia no desenvolvimento do produto indicada no sub-item 4.1, informada pelo entrevistado. Para o lançamento desta família de caminhões foi necessário o desenvolvimento de uma nova cabine, motores e suspensão, o que pode também ser confirmado pela literatura (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006). O projeto nasceu com a participação e envolvimento de diversas áreas da montadora (logística, qualidade, engenharia de manufatura e engenharia do produto). Com o desenvolvimento do novo produto, também foi criada uma planta piloto, onde o objetivo é o de simular o processo produtivo na linha, ou seja, simular a utilização de um suporte de motor (conjunto *powertrain*), simular um suporte de cabine e outras interferências que podem surgir de um novo desenvolvimento. Acredita-se que essa medida pode estar relacionada ao sistema produtivo modular, pois as interferências na montagem de grandes subconjuntos tende ser maior que em uma montagem de componentes. Por questões de sigilo não foi possível visitar a linha de produção piloto.

4.1.3 Resultados – relação entre a montadora e fornecedor

A coleta de dados identificou alguns elementos importantes da configuração da organização da produção na montadora investigada. Estes elementos são apresentados a seguir e comparados com a literatura quando pertinente:

- A montadora é responsável pela seleção, desenvolvimento de fornecedores de segundo e terceiro nível, assim como pelo pagamento dos mesmos. Mas, atribui aos fornecedores de primeiro nível lá instalados a responsabilidade pelo acompanhamento da qualidade e dos prazos de entrega dos componentes fabricados pelos fornecedores, como destaca Rachid et al. (2006). A matéria prima é adquirida direto pela montadora, fato este já citado na literatura (ver PIRES, 2002; RACHID et al. 2006). A programação e emissão de pedidos é realizada pelos fornecedores. Desta maneira, o monitoramento da montadora com relação a esses pedidos é executada de

forma acentuada, pois a montadora é responsável pelo inventário físico desses produtos. A redução de impostos e o alto poder de negociação das montadoras, pode ser uma justificativa para explicar a compra destes componentes.

- O fornecedor de primeiro nível possui toda a infra-estrutura necessária para montagem dos módulos dentro da planta do consórcio modular. Estas instalações são caracterizadas por dedicação exclusiva à montadora (PIRES, 2002), sendo uma das desvantagens do consórcio modular, pois aumenta a interdependência entre as empresas em relação a demanda de produção da montadora.
- Os créditos referente aos serviços prestados acontecem em duas etapas, que são determinadas por pontos de inspeções dentro da produção. O fornecedor recebe uma parte do pagamento quando é completada a montagem do veículo e o restante quando o veículo é aprovado, após os testes finais de qualidade. Estes valores são de 90% dos custos após a montagem final e 10% restante após os testes de qualidade (PIRES, 2002). Tal prática é criticada por Rachid et al. (2006), pois segundo os autores, isto cria uma pressão para aumentar a produtividade. Para os novos investimentos, é realizada uma negociação entre o fornecedor e a montadora e então definida a forma de contribuição de cada um. Ainda segundo os dados coletados, o mais comum é o fornecedor investir e a montadora amortizar depois na quantidade de veículos produzidos, conforme destaca Salerno; Camargo e Lemos (2008), ou seja, uma parte fixa devido a amortização do capital investido e a outra variável de acordo com a quantidade de veículos produzidos e aprovados na linha final em um dado período. Tal prática para a montadora A é um excelente benefício, pois o pagamento do investimento é realizado com a própria produção.
- Os fornecedores são responsáveis pela qualidade dos serviços prestados, assim como pelos produtos fornecidos. Como já destacado na revisão bibliográfica, o relacionamento entre montadora e fornecedor vai além de projeto e montagem, pois o fornecedor assume também a responsabilidade de alguns serviços, como por exemplo, a solução de problemas na linha de

montagem final, alterações em projetos do produto e assistência técnica (vide SALERNO; CAMARGO; LEMOS, 2008).

- No dia-a-dia da produção são realizadas reuniões diárias, uma em cada turno, entre representantes da montadora e fornecedores. O objetivo é rever o plano mestre de programação da produção e solucionar problemas. Assim, se há algum problema de qualidade ou abastecimento, principalmente se relacionados aos fornecedores de segundo ou terceiro nível, é tomada a decisão junto com a montadora para alteração do planejamento. Neste caso, segundo a entrevista, a ideia é buscar alternativas para substituir os componentes faltantes. Verifica-se assim, como já apresentado anteriormente, que a autonomia dos fornecedores na programação é limitada.
- A programação da produção é do tipo “*taylor made*”, no qual o veículo vendido na concessionária, envia o pedido direto para a linha de produção. Na literatura (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997) é citado como “*make to order*”. Embora este elemento não tenha sido investigado em profundidade, acredita-se que tanto o produto quanto a produção organizados modularmente favorecem esta prática da empresa.
- No caso do desenvolvimento de novos produtos, a montadora é responsável pelo desenvolvimento do projeto do veículo, ou seja, dos requisitos veiculares. Apesar, do entrevistado não ter indicado o envolvimento dos fornecedores de primeiro nível no desenvolvimento do produto, a literatura indica que esta parceria existe (CAUCHICK MIGUEL; PIRES 2006; SILVA; ROZENFELD, 2007), mas de forma restrita e centralizada na montadora (CAUCHICK MIGUEL; PIRES 2006).

4.2 Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – fornecedor A

A pesquisa de campo foi realizada em uma multinacional fabricante de motores, com o objetivo de obter o ponto de vista do fornecedor A no contexto da formação do consórcio modular. Busca-se entender também, como aconteceram as adaptações do módulo motor para o novo arranjo produtivo. No consórcio modular, o fornecedor A opera através de uma *joint venture*, chamada *Powertrain*, formada com

um de seus concorrentes no mercado de motores para montagem do módulo na linha de montagem final, denominado neste trabalho como fornecedor B.

O fornecedor A, assim como o fornecedor B, tem a responsabilidade de projetar o motor e alguns de seus periféricos, fabricar os componentes e/ou adquirir outros no mercado. Em seguida, monta em sua fábrica esses componentes, formando o módulo motor. Este motor, junto com um conjunto de peças ou subconjuntos necessários para a aplicação do veículo são enviados para a *joint venture*, na planta do consórcio modular. A *Powertrain* tem como responsabilidade fazer a gestão dos fornecedores de segundo e terceiro níveis, como destaca a literatura (COLLINS, BECHLER; PIRES, 1997), agregar a transmissão, o sistema de resfriamento e seus periféricos ao módulo motor para em seguida montar esse módulo no veículo, conforme estudos similares realizado no Brasil (MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997). A figura 4.1 mostra o recorte das atividades exercidas pelo fornecedor A e B na cadeia de fornecimento automotivo, descrita acima.

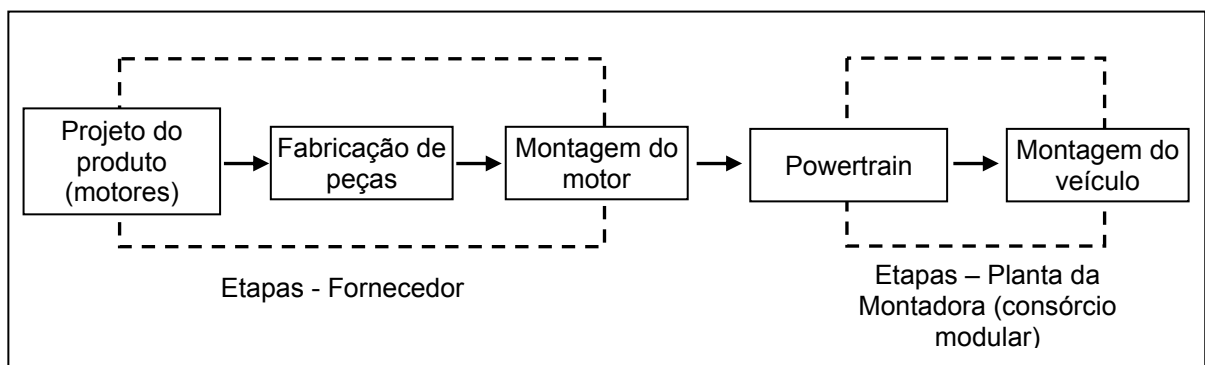


Figura 4.1 – Diagramação da cadeia de fornecimento automotiva

De acordo com os dados coletados, a montadora A estabeleceu em 1987 uma *joint venture* com uma outra grande empresa, também fabricante de veículos comerciais e veículos de passeio, com o objetivo de reduzir os custos no desenvolvimento de novos produtos. Dados estes coerentes com estudos realizados no Brasil (SALERNO; CAMARGO; LEMOS, 2008). Conforme os autores anteriormente citados, esta iniciativa foi tomada em função da decisão da matriz em não enviar dinheiro para novos investimentos. Em 1990, a fábrica de caminhões foi transferida para o complexo industrial do Ipiranga, mas em 1993 com a cisão da *joint venture* entre as duas grandes empresas, a montadora A ficou sem ter onde produzir

caminhões e ônibus. A partir deste fato, a montadora criou um projeto revolucionário para a época, com a implantação de uma fábrica de caminhões, em novembro de 1996, formando assim o chamado consórcio modular. Naquela época significava um sistema único e inovador, como descrito a seguir, permitindo a empresa ter uma alteração na gestão de seus negócios (PIRES, 1998, 2002).

O conceito do consórcio modular consiste em uma forma de organização da produção e da cadeia de fornecimento, onde é repassado a um pequeno grupo de fornecedores de primeiro nível a montagem de partes do caminhão e do ônibus, como também aponta a literatura (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997; PIRES, 2002; ZILBOVICIUS; MARX; SALERNO, 2002). Isto indica uma grande transferência de atividades de valor dentro da cadeia produtiva, como por exemplo, atividades de projetos de produto, entregas físicas e produção.

Um aspecto importante durante o processo de criação do consórcio modular, foi o aluguel de uma planta para montagem de veículos. Na época da cisão da *joint venture*, a montadora A vinha em um processo de vendas crescentes, o que é reforçado por Salerno; Camargo e Lemos (2008) e precisava, portanto, de um local provisório de produção. Neste período, o fornecedor enviava o motor com os acessórios montados para a planta alugada, tais como, torres, alavancas, coletoras, tubo primário, ou seja, um *kit* montado completo. O fornecimento de motores com os acessórios montados, não era uma prática rotineira realizada pelo fornecedor A para atender a montadora A. Tal fato pode demonstrar uma significativa mudança no escopo de fornecimento promovido pelo uso da modularidade.

4.2.1 Resultados – desenvolvimento do consórcio modular

Para a definição do *lay-out*, logística e negociação com os fornecedores, foi contratada uma consultoria internacional. Durante este período foram selecionados alguns fornecedores-chave para participarem do consórcio e ajudarem nas definições operacionais. Uma das iniciativas da montadora que contribuiu para o sucesso no início das operações na nova planta foi a experimentação do conceito de consórcio modular. Este experimento, realizado na fábrica alugada para montagem de um veículo leve, teve a participação efetiva dos fornecedores. O objetivo principal

era testar todos os aspectos do novo conceito e simular as condições de processo da nova planta. A montagem do veículo durou aproximadamente seis meses, servindo de base para formação do conceito, testes dos dispositivos e ferramentas, treinamento de operadores, alteração de produto, entre outros aspectos. Este fato demonstra a preocupação da montadora A com o novo sistema de produção organizado a partir de módulos.

A montadora A estabeleceu uma parceria muito forte com os seus fornecedores para criar o *layout* da linha de montagem final dos veículos. Neste trabalho, está identificada a formação de uma *joint venture* entre as empresas fornecedoras de motores, como destaca a literatura (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006; COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997; PIRES, 1998, 2002) e identificadas como fornecedores A e B. Inicialmente, a proposta da montadora era que cada fornecedor de motor montasse seu espaço ao lado da linha principal. Segundo o entrevistado, esta proposta não era viável, pois de acordo com a programação da linha, ou seja, de acordo com a marca do motor utilizado no veículo, forçaria o outro fornecedor a ficar um tempo esperando, até chegar a sua vez de montar o veículo. À medida que as negociações avançaram, surgiu a ideia de constituição de uma empresa responsável pela montagem do módulo motor e depois agregá-lo ao chassi, na linha de montagem final. Vale destacar que, fora do consórcio modular as empresas fabricantes de motores continuam sendo competidoras no segmento de motores de média potência (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997). O grande desafio para essas empresas foi como aprender a colaborar na montagem do módulo.

Em função da arquitetura do produto e a concepção de modularidade utilizada na nova planta, algumas alterações na sequência de montagem do veículo foram necessárias, segundo Hoek e Weken (1998) no caso do projeto do carro SMART foi necessário reprojeter o produto e o processo de fabricação. Essas alterações visavam melhorar a forma de trabalho de cada fornecedor e para lidar com uma montagem diferente da tradicional, pois neste novo sistema envolvia um módulo constituído pelo motor, a transmissão, o sistema de resfriamento, filtros e seus acessórios, destacado em trabalhos similares por Marx; Zilbovicius e Salerno (1997). Desse modo, verifica-se que o projeto do produto é afetado pelo processo produtivo.

O espaço físico ocupado pelos fornecedores de módulos, onde são efetuadas as montagens dos acessórios, fica localizado a poucos metros da linha de

montagem final do veículo e dispostos em uma sequência lógica de montagem do veículo. Os estoques de módulos também ficam localizados nesta área. O arranjo físico dos fornecedores na linha de montagem final, indica que a organização da produção está diretamente relacionada à estrutura do produto.

4.2.2 Resultados – modularidade aplicada ao produto

O sucesso atribuído ao consórcio modular para a composição do produto, na opinião do entrevistado, veio da parceria forte com fornecedores de produto de alta qualidade. Aliado a isto, estava a competência da montadora em buscar alternativas com os fornecedores de primeiro nível para oferecer produtos que faltavam no mercado e de uma forma rápida. Esta rapidez em oferecer produtos diversificados e de forma rápida pode ser atribuída à estratégia modular utilizada pela empresa. Segundo o entrevistado, a montadora A com um mesmo tipo de cabine, oferecia no mercado diferentes modelos de produto, apenas com posicionamento de farol, etc..

Além do desenvolvimento do projeto do motor, o fornecedor A também realiza o estudo do sistema de arrefecimento, através de um caderno de requisitos da montadora. Neste caso, o fornecedor era responsável pelo desenvolvimento do projeto com aprovação final da montadora. Aspecto este, semelhante à estratégia utilizada pela VW, no envolvimento de fornecedores para o desenvolvimento de projetos de automóveis, chamado de co-projeto por de Mello e Marx (2007).

A base de definição da responsabilidade de cada fornecedor na implementação do consórcio modular foi decidida de acordo com a funcionalidade de cada produto. Por exemplo, se para o funcionamento do motor é necessário o radiador, então todas as conexões entre esses subconjuntos ficam a cargo do módulo de motores. Outro exemplo mais abrangente foi a definição dos serviços prestados pelo fornecedor da cabine, onde tudo que está dentro dela, inclusive a interligação com o chassi ficou sob a responsabilidade deste fornecedor. Este fato, demonstra uma redefinição das responsabilidades e transferência de atividades para os fornecedores dentro da cadeia de suprimento.

4.2.3 Resultados – relação entre a montadora e fornecedor

A coleta de dados mostra alguns aspectos relevantes na configuração da

relação entre o fornecedor A e montadora A. Estes aspectos são apresentados a seguir e comparados com a literatura quando pertinente:

- O levantamento das necessidades de materiais e a programação de fornecedores de segundo e terceiro nível é realizada pelos fornecedores, assim como o recebimento de componentes e a logística interna, como é destacado na literatura (COLLINS; BECHLER; PIRES, 1997). No entanto, a montadora efetua controle rigoroso nos níveis de estoque.
- O gerenciamento dos fornecedores de segundo e terceiro nível no que tange aos aspectos de desenvolvimento do produto, engenharia de qualidade de fornecedores, gestão de preços, pagamentos e reajustes, permanecem aos cuidados da montadora, como também destaca Rachid et al. (2006).
- A programação da produção é realizada pela montadora, o que exige uma sincronização perfeita entre os fornecedores de módulos, pois os espaços para estoques são reduzidos e a variedade de produtos oferecidos é alta. Outro aspecto que reforça a necessidade de sincronização é que existe apenas uma linha de montagem onde são produzidos todos os modelos de veículos (caminhões e chassis de ônibus), qualquer que seja a ordem de produção.
- Cada fornecedor de primeiro nível tem pelo menos um colaborador na área de reparos prestando assistência técnica aos produtos que apresentam problemas. O que vai ao encontro com a definição de modularidade, segundo Salerno; Camargo e Lemos (2008). Este aspecto permite agilidade e rapidez na resolução de problemas, pois a identificação é realizada pelo próprio fornecedor do módulo.

4.2.4 Relação entre o produto modular e a modularidade na produção

Cada fornecedor primeiro nível ficou responsável pela definição do seu processo de montagem, tais como, o fluxo, a movimentação necessária, equipamentos, dispositivos e ferramentas, assim como a definição da quantidade de estoque necessário. O fornecedor de primeiro nível também ficou com a responsabilidade de geração e manutenção dos documentos de engenharia, tais

como, elaboração do plano da qualidade, processos de montagem, sistema de gestão da qualidade, contando sempre com a aprovação da montadora.

Verificou-se na entrevista que, pelo pioneirismo na utilização do conceito de montagem do veículo realizada por terceiros, algumas dificuldades surgiram durante a implementação, como por exemplo: as negociações de estoques, tempos para realização das atividades, definição do inventário físico, peças e serviços, ou seja, não havia *benchmarking*, sendo que o processo entre montadora e fornecedores foi amadurecendo durante o projeto de desenvolvimento da planta.

4.3 Contexto e resultados da coleta e análise dos dados - fornecedor A (segunda visita)

O objetivo desta entrevista foi coletar informações de como aconteceu o desenvolvimento de motores para a montadora A que utiliza o conceito de módulos na produção. Trata-se de um lançamento de veículo comercial, composto basicamente de duas linhas de motores. A primeira linha se refere a um motor de 4.8 e 7.2 litros, desenvolvido no Brasil para a montadora A. A segunda linha, trata-se de um desenvolvimento oriundo da matriz nos EUA, mas também customizado para o cliente montadora A.

Com relação à linha de produtos da empresa, uma parte é de total responsabilidade da matriz norte-americana e a outra da filial no Brasil. De uma maneira ampla, a atuação é dividida da seguinte forma: motores de carga média e alta velocidade são fabricados na unidade do Brasil e motores de capacidade maiores são fabricados nos EUA, fato este também destacado no trabalho de Brigantini (2008). Atualmente, a engenharia brasileira é responsável por todo o projeto e desenvolvimento de motores de 4 cilindros de alta rotação, dos motores de 4 e 6 cilindros eletrônicos de média rotação, além dos motores agrícolas, industriais, que são exportados para outros países. Este fato demonstra a autonomia do fornecedor A no desenvolvimento de motores para uma determinada faixa de carga.

4.3.1 Resultados - desenvolvimento de novos produtos

Com relação ao processo de desenvolvimento de novos produtos do fornecedor A, segundo os dados coletados, ele pode acontecer, basicamente, de três formas:

- Para incorporar novas tecnologias. Segundo Rozenfeld et al. (2006), os novos produtos visam incorporar tecnologias diversas.
- Por uma necessidade de atendimento ao cliente e mercado. Para Rozenfeld et al. (2006), o PDP atua na interface entre a empresa e o mercado, de forma a identificar e antecipar o que o mercado necessita e propor soluções tecnológicas que atendam a essas necessidades.
- Pelo surgimento de novas legislações. A literatura (ROZENFELD et al. 2006) aponta que os novos produtos objetivam adequar aos novos padrões e legislações legais.

Quanto aos projetos de desenvolvimento do produto, estes são classificados em novos projetos de desenvolvimento ou a aplicação deste produto no veículo, fato este também destacado no trabalho de Brigantini e Cauchick Miguel (2008). Em seguida é descrito a definição de cada um deles.

- Projeto de motor básico. São projetos de desenvolvimento do produto que consistem na criação de um novo motor. Neste caso, são desenvolvidos componentes básicos do produto, tais como: sistema estrutural, distribuição, sistema de combustível, bloco, cabeçote, válvulas. Estes projetos podem ser realizados sem a existência de um cliente específico e visam um mercado ou potenciais clientes. Esta definição é corroborada no trabalho de Brigantini (2008).
- Projeto de aplicação do motor no veículo. São projetos do produto relacionados aos conjuntos e componentes de interface com o motor, que são desenvolvidos para aplicação do produto básico em um veículo do cliente. Como exemplo de conjuntos e componentes de interface podem ser citados o sistema de acionamento auxiliar (alternador, compressor de ar condicionado, bomba hidráulica), suportes, volante do motor, cárter e coletores. Como também é destacado no trabalho de Brigantini (2008).

Os projetos de aplicação ocorrem à medida em que existe um motor básico desenvolvido ou ao menos que o projeto de desenvolvimento do motor básico esteja num estágio avançado de desenvolvimento. Neste segundo caso, o motor deve ter sido ao menos aprovado em alguns testes, tais como, confiabilidade e durabilidade. Por este motivo, a empresa criou algumas regras para tornar clara a necessidade da existência de um motor básico e evitar que a defasagem entre os projetos (motor

básico e aplicação), seja muito pequena ou grande demais, de modo que prejudique o projeto da aplicação ou aumente os riscos de atrasos de atendimento ao cliente.

A preocupação também existe no caso contrário, onde o projeto de motor básico não deve passar de um determinado *gate* se não existir um projeto de aplicação para aquele produto. Por este motivo, existe um comitê de avaliação com visão do *portfólio* de projetos, que avalia a situação do projeto perante os demais, ou seja, avaliam se o projeto continua prioritário ou não. Segundo Rozenfeld et al. (2006), este estudo é avaliado econômico-financeira e assim, o time toma a decisão, que pode ser de quatro tipos: cancelar o projeto, congelar o projeto, redirecionar o projeto e aprovar a fase. Desta forma, a empresa busca garantir que não haverá investimentos em ferramental, dispositivos e ferramentas de produção para os componentes do produto sem que exista um cliente definido. No entanto, este não é um impeditivo, apenas indica um alto risco devido a baixa maturidade do produto básico, podendo comprometer atendimento aos prazos de início de produção do cliente.

Segundo os dados coletados, os tempos de desenvolvimento para motores básicos quanto a aplicação no veículo, encontram-se na tabela 4.2.

Tabela 4.1 - Objetivo de tempo de desenvolvimento

Tipo de projeto	Objetivo
Motor básico	36 meses (máximo)
Aplicação	24 meses (máximo)

Fonte: Brigantini e Cauchick Miguel (2008)

Os tempos praticados foram coletados em função do histórico dos últimos desenvolvimentos (BRIGANTINI; CAUCHICK MIGUEL, 2008). O tempo máximo para o desenvolvimento de um novo produto, foi definido em conjunto com uma consultoria, através de análise do histórico. Segundo os dados coletados, o fornecedor A não trabalha com projetos de desenvolvimento avançado de motores, pois este tipo de desenvolvimento é confiado a institutos de pesquisas da qual ela adquire as tecnologias necessárias.

No início do programa de desenvolvimento é feita uma matriz de responsabilidade entre a montadora A e o fornecedor A, de modo a definir as responsabilidades de cada um no decorrer do projeto. Inicialmente, todos os requisitos do cliente ou de mercado são considerados e a partir daí são discutidos o

cronograma do projeto, quais serão os testes, quem será o responsável e quem ficará como suporte. Geralmente, no projeto do motor básico, a montadora não tem responsabilidade e nem interfere no desenvolvimento do projeto. Quanto ao motor básico o projeto é do tipo *black-box* e quando envolve a aplicação pode ser considerado *co-design*. Neste caso, fornecedor e cliente juntam esforços para definição dos requisitos de projeto (MIKKOLA, 2003). Como responsabilidade da montadora fica a informação dos requisitos veiculares, o cronograma de desenvolvimento do produto, a disponibilização de um caminhão para testes que será utilizado durante o desenvolvimento. No final de cada fase do processo de desenvolvimento, deve acontecer uma revisão e aprovação formal dos produtos. Se todos os requisitos necessários forem cumpridos, pode-se iniciar a fase seguinte. A introdução da sistemática formalizada de *gates* é uma prática que traz grandes benefícios para o desempenho da empresa (ROZENFELD et al., 2006). No caso da apresentação dos resultados, a montadora fornece apenas a informação da aprovação ou não, prejudicando de certa forma a atuação em melhoria por parte do fornecedor. Diferentemente do projeto de motor básico, no projeto de aplicação, a interação entre montadora e fornecedor é muito grande, pois nesta etapa define-se toda a interface do motor com o veículo, como por exemplo, *layout* de mangueiras, chicotes e todos os outros periféricos necessários para a aplicação.

Com relação ao cronograma fornecido pela montadora, para o desenvolvimento do motor básico, algumas datas são chave, como por exemplo:

- motor disponível para teste de durabilidade;
- avaliação de *performance* do motor;
- motor confiável;
- os motores representativos com ferramental.

A determinação de uma fase é feita através da entrega de um conjunto de resultados (*deliverables*), determinando assim um novo patamar de evolução do projeto de desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006). A avaliação dos resultados da fase serve também como um marco importante de reflexão sobre o andamento do projeto, antecipando problemas e gerando aprendizado para a empresa.

O conhecimento e desenvolvimento do motor básico é do fornecedor, pois a montadora não tem *know-how* neste produto, o que às vezes até dificulta a discussão de alguns assuntos, como por exemplo, detecção de problemas. Várias

vezes o fornecedor foi solicitado a resolver problemas que não pertenciam ao motor. Quando de fato acontece algum problema, toda a detecção, análise e solução fica por conta do fornecedor.

Para o último lançamento de veículo comercial da montadora A, o fornecedor A desenvolveu duas linhas de motores, como segue:

- Motores de 4 e 6 cilindros, 4.8 e 7.2 litros, respectivamente. Este desenvolvimento foi focado no cliente, montadora A, buscando atender todas as solicitações específicas. Em algumas etapas do desenvolvimento do produto, a empresa contou com parcerias externas, como por exemplo para o dimensionamento da câmara do pistão, tubulações, entre outros;
- Motor de 9.3 litros. Por ser considerado um motor para aplicação mais severa, o projeto do motor básico foi desenvolvido nos EUA. Por outro lado, todo o projeto de aplicação, ou seja, o desenvolvimento dos periféricos do motor aconteceu no Brasil. De acordo com os dados coletados, quando o projeto do motor básico é da matriz, o projeto de aplicação acontece com uma interação maior da matriz.

O desenvolvimento do motor ocorreu em função de dois principais aspectos: alteração da legislação e solicitações do cliente. Geralmente, as alterações na legislação implicam em significativas mudanças nos limites de emissões, exigindo análises detalhadas, tanto no motor básico como em seus periféricos. Para este projeto, o desenvolvimento do projeto da aplicação começou logo após a aprovação do motor básico.

Quando a importância do negócio é alta para o fornecedor, o mesmo toma a iniciativa de comprar um caminhão para execução dos testes. Embora o custo seja alto, segundo o entrevistado, isto já ocorreu no desenvolvimento de um motor *high speed*, onde a concorrência era forte. No projeto de aplicação do produto, há um envolvimento de um maior número de áreas da empresa, pois existe um cliente definido com requisitos específicos que precisam ser cumpridos.

4.3.2 Resultados - Interfaces do produto modular

Uma das dificuldades encontradas pela fornecedora de motores, foi a comunicação dos acessórios envolvidos entre motores de sua propriedade e do

concorrente que forma a parceria da *joint venture* para montagem do módulo na linha de montagem final, pois várias características dos motores são diferentes, os motores são diferentes e o *design* é diferente. Dessa forma, alguns componentes como parafusos de fixação do motor e seus acessórios, permanecem individuais para cada fornecedor. Este é um aspecto que relata a dificuldade de operação da *joint venture (Powertrain)* para montagem dos módulos no veículo. Ou seja, aumenta o nível de estoque e muitas vezes pode exigir ferramentas diferentes.

Para o desenvolvimento da aplicação, o fornecedor saiu de um motor mecânico com interação eletrônica baixa e entrou com a parte eletrônica que tem interação muito grande. Os motores tinham inclinações diferentes, quando comparado o modelo de cabine antiga. Desta forma, foram necessárias várias alterações, pois vários periféricos também alteraram. Segundo os dados coletados, com o uso de novas tecnologias, uma das formas de não crescer em demasia o preço do produto é utilizar motores de porte menor.

4.4 Contexto e resultados da coleta e análise dos dados - fornecedor B

A empresa em análise é uma das líderes mundiais na fabricação de motores diesel, produzindo uma gama variada de motores para diversos segmentos do mercado, tais como, caminhões de todos os portes, ônibus, aplicações estacionárias, equipamentos agrícolas, máquinas para mineração e aplicações marítimas. A faixa de potência dos motores disponível para o mercado varia de 30 HP até 3500 HP. Os produtos, basicamente são desenvolvidos na matriz em Columbus – EUA e uma outra parte na Inglaterra. Segundo Rozenfeld et al. (2006), geralmente os desenvolvimentos de novos produtos são realizados nas suas matrizes e trazidos para os países em desenvolvimento.

Para o cliente montadora A que utiliza o conceito do consórcio modular, o fornecedor B prevalece no fornecimento de motores 6 cilindros para caminhões, enquanto o fornecedor A, tem uma atuação maior em motores de 4 cilindros.

4.4.1 Resultados – desenvolvimento do produto modular

O planejamento estratégico de *marketing* do fornecedor acontece em nível mundial, onde através das solicitações dos clientes e levantamento das tendências

tecnológicas e mercadológicas, desenvolve um *portfólio* de produtos e projetos. A partir desse conjunto de informações, a engenharia de desenvolvimento do produto e *marketing* tem a incumbência de analisar preliminarmente a viabilidade de desenvolvimento do motor. Dado o sinal verde para o desenvolvimento, todas as necessidades mundiais são consideradas, como por exemplo, as restrições de recursos, a qualidade do combustível de cada país, as diferenças de altitudes, a cultura de práticas de manutenção exercidas, entre outras. Segundo Lung (2004), o veículo deve ser adaptado para as diferentes condições de direção, para as diferentes condições climáticas, variações de qualidade das rodovias, diferentes altitudes, etc.. A engenharia da empresa tem uma atuação global, ou seja, o desenvolvimento do projeto do produto pode ocorrer em diferentes países, de forma que as atividades sejam complementares.

A área de engenharia é estruturada em excelências funcionais. Então, existe por exemplo, a engenharia de *software*, a engenharia de calibração, de combustão, de desenvolvimento produto, de controle e aplicações. De acordo com os dados da entrevista, percebe-se que a estrutura de engenharia do fornecedor B é organizada para projetar produtos em módulos.

Segundo os dados coletados, os desenvolvimentos de novos produtos acontecem, basicamente, por três motivos:

- Atender às novas legislações;
- Atender às necessidades dos clientes;
- Exceder às expectativas dos clientes e lançar produtos mais avançados tecnologicamente no mercado.

Os motivos, acima apresentados, vão ao encontro com o que existe na literatura (ROZENFELD et al., 2006), onde os novos produtos são desenvolvidos para o atendimento à demanda de mercados específicos, incorporação de novas tecnologias e adequação a novos padrões e legislações.

Como exemplo de novas tecnologias pode ser citado o lançamento do motor eletrônico, que proporciona melhor desempenho que o motor mecânico, mais durável, mais econômico e menos poluente. Além dessa tecnologia, alguns veículos comerciais já estão sendo fabricados com *retarder*, para aumentar a segurança dos freios, um fator que ganhou importância com o aumento da carga transportada por viagem. Outra novidade no segmento automotivo para atendimento de legislação,

será o uso obrigatório de freio ABS a partir de 2013, para caminhões utilizados para o transporte de líquidos inflamáveis. Embora a arquitetura básica e o *layout* do veículo permaneçam sem alterações, os sistemas dos veículos, como por exemplo, freios, direções e suspensões, são cada vez mais acionados por meio eletrônicos (BATCHELOR, 2006).

O motor é desenvolvido num sistema *black-box*, ou seja, totalmente desenvolvido pelo fornecedor de primeiro nível a partir de um conjunto de requisitos, que contém as especificações de desempenho requeridas pela montadora. Nos desenvolvimentos *black-box*, as especificações de função são determinadas pelo OEM e o completo detalhe fica por conta do fornecedor (MIKKOLA, 2003). Com relação ao desenvolvimento de novos produtos, a empresa classifica seus projetos em dois grupos distintos, que estão basicamente relacionados ao estágio de atendimento ao cliente. Esta classificação é idêntica à classificação utilizada pelo fornecedor A, apresentada no item 4.3.1:

- O desenvolvimento do projeto de motor básico consiste no projeto de desenvolvimento estrutural de um novo motor, com a definição do bloco, cabeçote, pistões, virabrequim, comando de válvulas, sistema de combustível, etc.. Este tipo de desenvolvimento se refere a um novo motor e nem sempre está atrelado a um cliente específico.
- O desenvolvimento do projeto de aplicação do motor consiste em projetos de aplicação do produto básico no veículo do cliente. Nesta etapa do projeto são desenvolvidos componentes e subconjuntos de interface do motor com o veículo, como por exemplo, sistemas de arrefecimento do motor e mangueiras.

O grande diferencial da empresa está na aplicação do veículo. Por isso, foi criado um manual, contendo regras e procedimentos de qualidade para uma boa aplicação.

4.4.2 Resultados - Interfaces padronizadas

O fornecedor exerce grande esforço em seus projetos de motores e acessórios para manter as interfaces padronizadas, ainda que os projetos de motores básicos sejam diferentes e às vezes até com cilindrada diferente. O uso de

módulos padronizados gera economia de escala (MONDRAGON; MONDRAGON; MILLER, 2006) e reduz custos de desenvolvimento de produtos (BATCHELOR, 2006). Este aspecto reduz significativamente os investimentos em ferramentas, reduz as variações de montagens e processos de manufatura, aumenta a qualidade do produto à medida que reduz os riscos de erros de montagens, como também destaca a literatura (ROZENFELD et al., 2006). Arnheiter e Harren (2006) também destacam que os serviços para substituição de filtros de óleo e filtros de ar, etc., também tornam-se mais rápidos à medida que as interfaces são padronizadas.

Segundo os dados coletados, a recente substituição dos motores mecânicos por eletrônicos sofridas nos veículos comerciais, provocou pouca ou quase nenhuma alteração nas interfaces mecânicas do produto. As alterações sofridas na manufatura foram, basicamente, em função do uso da nova tecnologia, ou seja, a parte eletrônica mudou, pois a interface eletrônica que antes não existia, passou a ser feita com os chicotes elétricos, além da integração de um módulo de controle eletrônico e vários sensores.

4.4.3 Resultados – produção modular

A engenharia de manufatura da empresa participa desde o início de desenvolvimento dos novos produtos, através de um time multifuncional. Esse time atua na concepção do motor, considerando todo o processo de manufatura. Num segundo estágio, a engenharia de manufatura participa do desenvolvimento do processo na *Powertrain*, com atenção ao processo de montagem do veículo. Tanto para o desenvolvimento do motor quanto para aplicação, o fornecedor promove a construção de protótipos. Embora nas fases iniciais do desenvolvimento do produto o grau de incerteza seja alto, é neste momento que são realizadas as escolhas de soluções dos processos de fabricação (ROZENFELD et al., 2006). Segundo os dados coletados, as operações efetuadas na linha de montagem final do veículo - consórcio modular, são muito simples, normalmente executadas com o auxílio de pontes rolantes, balancins, dispositivos de içamentos, apertadeiras eletrônicas, que são manuseadas pelos operadores, criando uma flexibilidade para montagem de diferentes motores em diferentes veículos, também destacado na literatura como um

dos benefícios do uso da modularidade (FREDRIKSSON, 2006b; HOEK; WEKEN, 1998).

Segundo os dados coletados, o processo produtivo de fabricação existente influencia o desenvolvimento de novos produtos, em várias situações. Isto ocorre em função da arquitetura do produto e principalmente da necessidade de atendimento às novas legislações. A cada nova legislação que deve ser atendida, sempre surge a necessidade de acrescentar alguma nova peça ou sistema para adequação do produto. Nesses casos, os processos de desenvolvimentos de produtos são realizados com alto grau de incerteza inicial, e à medida que informações mais precisas são definidas, ocorrem modificações nas fases seguintes do desenvolvimento do produto, coerente com a literatura (ROZENFELD et al., 2006).

4.4.4 Resultados – utilização da estratégia modular

Sobre as alterações sofridas na organização do fornecedor em função do uso da estratégia modular, podem ser consideradas, principalmente:

- a formação da *joint venture* com um concorrente para prestação de serviços na linha de montagem final da montadora, corroborado por Cauchick Miguel e Pires (2006), Collins; Bechler e Pires (1997, 2002) e Rachid et al. (2004). O que indica a necessidade de investimento para estar capacitado para fornecer os módulos (ARNHEITER; HARREN, 2005) e de reorganização das atividades de criação de valor dos fornecedores (DORAN, 2005).
- A padronização no desenvolvimento de novos produtos. Como por exemplo, o desenvolvimento do *hardware* (módulo eletrônico do motor), para utilização mundial, e a padronização dos pistões dos motores. Dessa forma, há uma redução na variedade de peças, redução de desenvolvimentos de produto, processo e inventário físico e logística, como destacado na literatura (EGGEN, 2003; MIKKOLA, 2003; SANCHEZ, 2002).

Sobre quais são os benefícios no uso da estratégia modular, foram indicados: aumento da eficiência dos processos de desenvolvimento do produto e processo produtivo; ganho na distribuição e logística e pós vendas, através da redução do número de componentes.

Em relação às dificuldades para aplicação do conceito de modularidade, os dados coletados indicam, principalmente a padronização do produto. Essa dificuldade ocorre em função da diferenciação ou peculiaridade exigida pelo OEM em cada produto. Quando um único produto poderia atender a diferentes clientes é necessário a adequação do produto em função dos requisitos de cada OEM. A utilização de peças comuns, reduz a sua variação e reduz custos de inventário, (SANCHEZ, 2002).

4.4.5 Resultados – cooperação com os fornecedores

O processo de desenvolvimento de produtos do fornecedor B é cada vez mais realizado em conjunto com seus fornecedores, que atuam desde o início do projeto até o momento de testes funcionais no cliente final OEM. Os fornecedores são considerados neste caso membros do time de desenvolvimento (ROZENFELD et al., 2006). Essas são algumas alterações na empresa com o objetivo de comprar peças já montadas, transferindo atividades para o fornecedor. O que vai ao encontro com o estudo de Doran (2004) na Inglaterra, onde os fornecedores de primeiro nível tendem a se concentrar em atividades “core” e transferir as de menor valor agregado para os fornecedores de segundo nível. Os fornecedores são responsáveis por atividades diretas de desenvolvimento do produto e têm acesso às decisões sobre o projeto, corroborado por Sako (2000), que afirma que os fornecedores assumem cada vez mais responsabilidades. Algumas das transferências de atividades para os fornecedores de segundo nível, são descritas a seguir:

- fabricação e montagem de pistões;
- compra de bomba de combustível.

Sobre os benefícios da transferência de atividades internas para os fornecedores, foram citadas:

- redução do tempo de montagem;
- co-responsabilidade do fornecedor no processo de desenvolvimento do veículo, pois este atua diretamente no projeto e responde pelo desempenho do seu produto. Neste caso, fornecedor e cliente juntam esforços para criar novos projetos (MIKKOLA, 2003);
- redução do *lead time* de desenvolvimento.

Com a estratégia de uso da modularidade o fornecedor busca um aumento do número de lançamentos de novos produtos, a redução do tempo de desenvolvimento do produto e também a redução dos custos de desenvolvimentos. Os projetos com os fornecedores de segundo nível normalmente são co-projetos.

Com relação à transferência de conhecimento e *know how* da montadora A para o fornecedor B, no que diz respeito à tecnologia de motores, isso praticamente não acontece, pois a tecnologia *core* é do fornecedor B. A contínua transferência de atividades para seus fornecedores têm feito as montadoras automotivas perder suas competências, especialmente em subconjuntos tais como, tecnologia de motores, sistemas *powertrain* e eletrônica automotiva avançada (MONDRAGON, MONDRAGON; MILLER, 2006). Por outro lado, o fornecedor B informou que tem aprendido muito sobre o veículo, mais especificamente o caminhão.

4.5 Contexto e resultados da coleta e análise dos dados – montadora B

A unidade da montadora B, é responsável pela produção de caminhões, chassis e plataformas de ônibus, e de agregados como motores, eixos e câmbios. São mais de 30 modelos para os segmentos – leves, médios, semi-pesados, pesados e extrapesados. A maioria dos subconjuntos são produzidos internamente e montados dentro da própria empresa. Este fato, deve-se principalmente a uma preocupação da empresa em não perder o *know-how* adquirido ao longo de vários anos. A competência do desenvolvimento de veículos, de forma a atender as necessidades do mercado ainda são de domínio da montadora, conforme estudos em empresas similares realizados por de Mello; Vasconcelos e Marx (2005).

O objetivo principal da empresa em dividir o produto em módulos na linha de montagem final, deve-se principalmente ao fato de melhorar aspectos ergonômicos na linha e redução do tempo de montagem, além da comunização de componentes e módulos. No processo produtivo, o objetivo principal é utilizar módulos em uma sequência de montagem lógica e fácil, com interfaces padronizadas, com a acessibilidade necessária, utilizando dos recursos disponíveis na fábrica, já testados em termos de capacidade de processo. O objetivo é ter um processo padronizado, de forma que independentemente do veículo a ser montado, as subestações são preparadas para utilizarem dispositivos multifuncionais, que se adaptam as diferentes configurações.

4.5.1 Resultados – o desenvolvimento do produto modular

Segundo o entrevistado, a empresa possui uma grande autonomia no desenvolvimento do produto, que foi conseguido através dos desenvolvimentos realizados pela unidade. Como exemplo, foi citado a tropicalização dos componentes e desenvolvimentos da linha tradicional e outros modelos. A linha tradicional se refere a uma família de caminhões fabricados, atualmente, apenas no Brasil, o que demanda projetos novos para atualização e melhoria. Embora a engenharia tenha conquistado autonomia no desenvolvimento do produto, a montadora B ainda não realizou um projeto de veículo completo. Segundo os dados coletados, o desenvolvimento de um novo produto é feito através do aproveitamento de partes já desenvolvidas. Por exemplo, ao invés de desenvolver um componente, subconjunto ou módulo, totalmente novo, é feita uma avaliação dos projetos de outros veículos. Rozenfeld et al. (2006), afirmam que nos países em desenvolvimento normalmente os produtos são trazidos das matrizes onde o projeto foi desenvolvido. Assim, geralmente, a montadora fica restrita em adaptar o produto ao mercado local e aos fornecedores e processos de manufatura existentes no país.

Os produtos são projetados obedecendo uma linha física do produto, mas não ficou claro na entrevista como é a organização da estrutura de engenharia do produto. Pelas próprias características do projeto e processo do caminhão e ônibus, estes são mais apropriados para o uso da estratégia modular (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006; MARX; ZILBOVICIUS; SALERNO, 1997).

4.5.2 Resultados – a produção modular

A Montadora B caracteriza-se por ser uma empresa muito vertical, sendo fabricante de grande parte dos seus componentes e subconjuntos. Todos os seus produtos (veículos comerciais), são equipados com motores, eixos dianteiros e traseiros, desenvolvidos e fabricados internamente. Além destes subconjuntos citados, a grande maioria de transmissões e direções também são produzidas internamente, com pouca aquisição externa. Esta é uma atuação diferente daquela indicada pela literatura (BALDWIN; CLARK, 1997; SACOMANO NETO; PIRES, 2007), onde citam que as montadoras procuram a concentração em atividades

relacionadas ao seu negócio principal e transferem as atividades de menor valor agregado aos fornecedores, posicionados abaixo na cadeia. Além disso, é muito difícil em termos tecnológicos uma montadora desenvolver todos seus módulos internamente (DE MELLO; MARX, 2007).

Embora a montadora B ainda atue numa condição mais tradicional em níveis de terceirização, percebe-se a trajetória de movimentação para a posição de uso do projeto e produção modular. Como exemplo, são os módulos de rodas e pneus, montados por um fornecedor e entregues com pneus calibrados e em *kits*, de acordo com a configuração do veículo a ser montado. Além disso, grande parte dos outros módulos, tais como, o conjunto *powertrain* (motor, transmissão e sistema de resfriamento), eixos dianteiros, eixos traseiros, direções e cabines, são montados em linhas separadas e então enviados para a linha de montagem final do veículo. Para a montagem do quadro do veículo (chassi), são recebidas as travessas e a montagem é executada no início da linha de montagem final. A movimentação para níveis mais avançados de adoção da modularidade pela montadora B, segue exatamente o caminho descrito por Sako e Murray (1999) que são: (1) a utilização de projeto modular e produção internamente antes de iniciar o processo de terceirização; (2) terceirização de componentes antes de alterar a arquitetura do projeto para modular e (3) consolidar o projeto modular e a terceirização. A montagem de alguns subconjuntos, tais como, eixos, suspensões são montados com o quadro do veículo invertido. Ou seja, estes módulos descem de uma ponte rolante e são posicionados por cima do quadro. Após esta montagem o quadro é invertido novamente para receber os outros módulos. Assim, a forma de montagem do veículo utilizada na montadora B, é diferente daquela utilizada pela montadora A. Na montadora A, a suspensão e eixos são colocados por baixo do quadro, sendo dispensável a inversão do quadro na linha.

A linha de montagem final de caminhões é caracterizada pelo baixo índice de equipamentos automatizados, sendo utilizados basicamente dispositivos de içamento e apertadeiras eletrônicas manuais. Além disso, as estações de trabalho são preparadas para utilizarem dispositivos multifuncionais e ferramentas padronizadas (GIMENEZ, 2008). Em função de uma limitação de altura na linha de montagem final, o caminhão extra-pesado (lançamento recente), teve que ser transferido para a linha de montagem de chassis de ônibus. Este produto novo

reforça a influencia do desenvolvimento de um novo produto na produção, pois diversas adaptações foram realizadas na organização da produção para tornar possível a montagem. O fluxo de produção desse veículo ficou prejudicado, pois a cabine é montada em um prédio e enviada para a linha de chassi de ônibus em outro prédio. Além disso, o armazenamento de acessórios que interligam os módulos tiveram que ser alocados na linha de chassi de ônibus.

Para evitar problemas no processo produtivo, todo novo desenvolvimento de veículo é feito um acompanhamento da engenharia de manufatura, como recomendado na literatura (ROZENFELD et al., 2006). O objetivo principal é o de prover os equipamentos e dispositivos para montagem na linha, no tempo solicitado pelo projeto e também evitar o desenvolvimento de um produto que não seja exequível, sem condições de fabricação dentro dos custos estipulados.

4.5.3 Resultados - produção do módulo cabine

Sobre a produção do módulo cabine, segue os principais dados coletados:

A cabine é composta, basicamente, dos seguintes módulos: bancos, portas e acabamento interno, painel de instrumentos (*cockpit*), direção e a parte estrutural da cabine. A parte estrutural, composta por assoalho, laterais, fundo, teto e portas, são estampadas pela própria montadora ou por sua parceira Benteler, que opera na planta de Campinas. O processo de estampagem é considerado segredo industrial, e por este motivo a empresa prefere manter a produção interna e com alto grau de sigilo no processo produtivo. Ao final de um lote de produção, ainda na estamparia, observa-se se as últimas peças apresentam alguma divergência dimensional e se esta variação pode afetar a próxima produção. Dependendo da avaliação, a ferramenta é então levada para fazer os devidos ajustes na ferramentaria. O controle de desgastes da ferramenta também acontece de forma preventiva, onde são controladas o número de peças batidas e a partir daí, trocam-se roletes, refazem-se as guias e raios das matrizes. Tomadas essas medidas, as ferramentas são lavadas e lacradas, com identificação de quando isso ocorreu.

Para formar a parte estrutural da cabine, as partes compostas por: assoalho, laterais, parte frontal e parte traseira, são soldadas em linhas robotizadas de acordo com uma sequência ótima de montagem estabelecida pelas engenharias de produto

e processo. A produção mantém um controle de qualidade rígido no processo produtivo, pois as variações dimensionais nesta etapa podem aumentar tempos de montagem ou exigir retrabalhos. As portas são montadas posteriormente na linha de montagem da cabine. A montadora possui várias linhas de montagem de cabines (9 no total). Uma delas é totalmente automatizada, com robôs executando as soldagens, onde é possível construir qualquer modelo. As demais não são flexíveis, sendo possível fabricar apenas um ou dois tipos de cabine em cada uma delas.

A linha de montagem da cabine é uma linha tradicional, alternando entre montagem de subconjuntos e componentes. Nesta linha, o painel de instrumentos (*cockpit*), a direção, os bancos e os retrovisores (*kit* - contendo retrovisores laterais e internos) são recebidos em módulos. Por outro lado, as portas estampadas são montadas na cabine, sem nenhum mecanismo de abertura dos vidros, borrachas ou outros componentes. O entrevistado ressaltou que no passado tentaram enviar o módulo de portas acabadas para a linha de montagem de cabines, no entanto, por problemas encontrados no processo, essa operação foi abortada. Durante a entrevista não foi possível identificar quais problemas foram esses. Segundo Pandremenos (2009), várias partes do veículo, inclusive portas, são módulos comumente terceirizados, onde o fornecedor se encarrega de projeto e manufatura.

4.5.4 Linha de montagem de painel de instrumentos - *cockpit*

Segundo os dados coletados, os componentes do painel de instrumentos são comprados pela Montadora B e montados em uma linha separada, para depois então, serem enviados para a linha de montagem de cabines. Isso é destacado na literatura como um dos aspectos que aumenta a flexibilidade na produção (BALDWIN; CLARK, 1997; WORREN et al., 2002). Os componentes são comprados pela Montadora B, pois os fornecedores de instrumentos e componentes do painel exercem uma política diferenciada de preços, sendo que para o OEM sai muito mais em conta que para os fornecedores de primeiro nível. Esse fato também é confirmado na literatura (SACOMANO NETO; PIRES, 2007), onde cita o alto poder de negociação das montadoras. Segundo o entrevistado, isto acontece pois os fornecedores de segundo nível não querem perder o contato direto com a montadora. Este é um dos motivos que faz a montadora permanecer com a

montagem interna. Todos os componentes do painel, alguns já pré-montados, tais como, o chicote elétrico e medidores de velocidade, são recebidos com indicação de que foi testado e está funcionando.

4.5.5 Resultados – transferência de atividades para os fornecedores

Segundo os dados coletados, há uma preocupação muito grande da empresa em transferir e perder *know-how* no desenvolvimento do produto. Por este motivo, a montadora permanece produzindo os principais componentes ou módulos do veículo. Entre esses módulos estão, os motores, eixos dianteiros e traseiros, grande parte das caixas de câmbio e direções. A Terceirização destes conjuntos, poderia representar uma perda da capacidade de inovar e *know-how* do produto, criando assim uma dependência dos fornecedores (FINE; WHITNEY, 1996).

Da parte interna da cabine, o acabamento (bancos, retrovisores, pára-brisa, etc.) são preparados fora da linha e fornecido num sistema *just-in-time*. No caso de espelhos retrovisores a empresa recebe um *kit*, contendo o retrovisor esquerdo, direito e o interno, em uma mesma embalagem. Este *kit* fica na área de pré-montados e quando solicitado, segue direto para a linha final.

4.6 Análise de resultados e discussão

Na revisão bibliográfica foram identificadas algumas variáveis (constructos), relacionadas aos aspectos do desenvolvimento do produto modular e produção. Essas variáveis foram geradas com o objetivo de comparar com os resultados do estudo de casos e realizar uma análise mais apurada e crítica. Em seguida, na tabela 4.2 será apresentada as 9 principais variáveis. O objetivo principal dessa tabela é comparar as duas montadoras A e B, mas em algum momento também são considerados os fornecedores A e B.

Tabela 4.2 – Classificação das variáveis

Principais variáveis	Definição	Montadora A	Montadora B	Fornecedor A	Fornecedor B
Projeto do produto modular (Arquitetura modular do produto)	A forma em que os componentes funcionais do produto são dispostos em partes físicas e como ocorre as relações funcionais entre as partes por meio das interfaces	x	x	“x”	x
Padronização de componentes	A padronização permite o reuso de componentes reduzindo custos de desenvolvimento do produto e processo	x			x
Interfaces padronizadas em produtos modulares	As interfaces padronizadas permitem a variação de módulos no sistema produtivo sem aumentar a complexidade no processo	x		“x”	x
Qualidade do produto modular	O módulo pode ser testado antes de ser enviado para a linha de montagem final, evitando retrabalhos	x	x	x	x
A modularidade de produto influencia na modularidade de produção	A estrutura que define os módulos do produto e suas interfaces é utilizada para definir a estrutura do processo produtivo	x	x		
A modularidade na produção influencia a modularidade do produto	O processo produtivo organizado em módulos influencia o projeto do produto modular	x			
Flexibilidade modular de produto e produção	Os módulos podem ser montados em diferentes configurações, aumentando assim a variedade de produtos finais	x	x		
Modularidade na produção	Os módulos podem ser montados em linhas separadas e enviados para alinha de montagem final, apenas quando requisitados	x	x		
Gestão de produto e produção modular	Redução da complexidade de gestão	x			x

Fonte: Elaborado pelo autor com base em pesquisas

Legenda:

x: apresenta evidências

“x”: apresenta evidências leves

em branco: não identificado

Com relação aos resultados empíricos, observa-se que as práticas organizacionais exercidas pelas empresas estudadas, estão alinhadas com a literatura existente, pois, na definição dos módulos, as duas montadoras consideram

aspectos de função do produto e requisitos de montagem. Embora, na literatura não existe uma definição clara sobre a divisão dos módulos para o veículo de passeio, para o veículo comercial, caminhão e chassi de ônibus, a configuração da arquitetura do produto é quase que naturalmente constituída em módulos. Aspecto este que favorece o uso da estratégia modular pelas empresas estudadas.

Visto que a estrutura das duas montadoras analisadas neste trabalho operam com níveis diferentes da exploração dos benefícios do conceito da estratégia modular, na linha de montagem final, ambas operam com módulos. A montadora A projeta o veículo, no que diz respeito aos requisitos veiculares e transfere a responsabilidade do desenvolvimento do projeto dos módulos e os serviços de montagem na linha final para os fornecedores. Por outro lado, a montadora B, mais verticalizada, projeta o veículo e vários módulos, com baixíssimo nível de terceirização da produção de módulos. Com relação aos fornecedores A e B, ambos trabalham com o conceito de fornecimento modular, no entanto, os dados coletados indicam que o fornecedor B possui um nível mais avançado no uso da estratégia. A estrutura organizacional do fornecedor B é organizada para a gestão modular. O fornecedor A está iniciando este trabalho de comunização e padronização de interfaces e componentes.

Comparando as linhas de montagem final das montadoras A e B, observa-se que, embora as linhas sejam muito parecidas, pois montam o veículo a partir de módulos, há uma diferença na forma em que os módulos são montados. Na montadora A, os módulos suspensão e eixo são montados por baixo do quadro do chassi, que é a forma e posição do veículo final. Na montadora B, esta etapa do processo acontece com um giro no quadro do veículo, sendo a montagem efetuada por cima. Na sequência do processo, este quadro é invertido novamente para a posição final do veículo, para assim, receber os outros módulos. Embora este aspecto tenha sido investigado, não foi possível concluir o motivo específico da diferença. Acredita-se que isto seja uma prática diferenciada de cada engenharia de processo, mas que certamente não significa prejuízo à qualidade do produto final.

Com relação ao fluxo de montagem do veículo nas montadoras A e B, são muito parecidos, pois as cabines são montadas em linhas específicas e seguem e para encontrar o chassi na linha de montagem final. A parte estrutural das cabines são realizadas com alto nível de automatização nas duas montadoras.

No tópico “flexibilidade modular de produto e produção”, o processo produtivo da linha de montagem final das montadoras A e B apresentaram várias características semelhantes e diretamente relacionadas ao modo em que o veículo é dividido em módulos. Basicamente são linhas manuais, com baixo índice de utilização de equipamentos automáticos. As linhas são espaçosas, com capacidade e flexibilidade para montagem de diversos tamanhos de veículos, em qualquer que seja a sequência de programação da produção. No caso da montadora A, que trabalha com o sistema de consórcio modular, todos os modelos de caminhões e chassis de ônibus são montados na mesma linha. A montadora B, possui duas linhas de montagem final. Uma para caminhões, até caminhões considerados pesados e outra para a produção de chassi de ônibus.

No tópico “gestão modular e qualidade do produto modular”, de forma a facilitar a administração do produto e produção modular. Em ambas as montadoras os módulos são enviados para a linha de montagem final com aprovação da qualidade, pois foram submetidos a testes individuais. No caso do módulo motor, embora este tenha passado por testes na planta do fornecedor, quando agregado a outros módulos, como por exemplo transmissão e sistema de resfriamento, ainda não se sabe se pode apresentar problemas. Dessa forma, na montadora A, o próprio fornecedor é responsável em ligar e fazer funcionar o veículo. O que garante eficiência produtiva na linha final.

No tópico “influências da modularidade da produção na modularidade do produto”, também é possível analisar as influências da produção no desenvolvimento do produto. A modularidade nas montadoras A e B, nasceu na produção. Na montadora A a sequência de montagem foi alterada e com relação ao produto, mangueiras, chicotes e acessórios do motor foram revistos o posicionamento para permitir a montagem do módulo.

Sobre o tópico “modularidade na produção”, as duas montadoras realizam as montagens de módulos em linhas separadas da linha de montagem final. No caso da montadora A, como já discutido, esses módulos são fornecidos e montados no veículo por terceiros. Para a montadora B, esses módulos na sua grande maioria, são produzidos internamente e enviados para a linha de montagem final, quando requisitado.

Sobre a “padronização de componentes, módulos e interfaces”, estes aspectos foram mais fortemente identificados na montadora A e no fornecedor B. Como exemplo, na montadora A, a cabine utilizada para duas famílias de veículos de porte menor dentro da linha de produtos da empresa, é construída a partir de uma mesma cabine. Ou seja, a empresa utiliza interfaces padronizadas, padronização de componentes para sua composição e diferencia um veículo do outro através de uma mudança de posição no farol, etc.. Quanto ao fornecedor B, este, padroniza componentes internos do motor e procura padronizar as interfaces, mesmo para motores com cilindrada diferentes ou motores mecânicos e eletrônicos.

A montadoras e os fornecedores A e B, através da integração dos times de engenharia de produto, manufatura, qualidade e prestadores de serviços, usam de medidas preventivas a fim de minimizar retrabalhos ou problemas de eficiência no processo produtivo. A montadora A foi além, pois construiu uma planta piloto, cujo objetivo é eliminar problemas de montagem antes do *start-up* de produção. Este aspecto pode estar relacionado com o uso da estratégia modular, uma vez que a interferências de grandes módulos pode ser mais acentuada que para uma montagem de componentes.

No tópico “influências do desenvolvimento de novos produtos na produção”, a montadora B, com lançamento de um veículo de porte maior, obrigou diversas alterações no sistema produtivo, em função de suas características. Como suas dimensões eram maiores teve que ser transferido para a linha de montagem de chassi de ônibus. Dessa forma, o fluxo e armazenamento de materiais acabou sendo prejudicado, prejudicando certamente a eficiência do sistema. A montadora A, com o lançamento de um novo produto, teve providenciar as seguintes medidas no processo produtivo: a. providenciar nova de montagem de cabine; b. ampliar as instalações de tratamento superficial

Por fim, são apresentadas as conclusões finais desta pesquisa, seguida pela referência bibliográfica citada e consultada.

5 CONCLUSÕES

Este capítulo tem como finalidade principal apresentar os principais resultados obtidos em relação ao objetivo e às questões da pesquisa. Além disso, será apresentado uma síntese das principais dificuldades encontradas na aplicação do método e técnicas de pesquisa utilizado, assim como, a contribuição da pesquisa. Por fim, será apresentado a conclusão do trabalho e as sugestões para trabalhos futuros.

Com relação à metodologia de pesquisa, várias dificuldades foram encontradas durante o trabalho. A primeira delas foi entender com profundidade se o tipo de delineamento atenderia às questões de pesquisa e que essas seriam passíveis de verificação através dos contatos estabelecidos. Outro aspecto crítico foi a obtenção de dados mediante procedimentos diversos, principalmente a entrevista e a observação direta ao processo produtivo. Por fim, a dificuldade em encontrar uma forma de sistematização para análise e interpretação dos dados.

Apesar das dificuldades apresentadas, por meio da abordagem do estudo de caso, após a análise individual dos casos e em seguida com o cruzamento dos dados, conseguiu-se atingir o objetivo de se verificar as relações existentes entre o projeto do produto e produção em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular. Além disso, através da abordagem de estudo de caso, foi possível identificar práticas organizacionais relacionadas à literatura, envolvendo principalmente as áreas de desenvolvimento do produto, manufatura e gestão dessas atividades.

Com relação ao tópico “flexibilidade modular de produto e produção”, concluiu-se que o uso da estratégia modular ajuda a flexibilizar o processo produtivo da linha de montagem final das montadoras. O uso de módulos reduz a complexidade do produto, através da padronização das interfaces, tornando as operações mais simples. Como característica estas linhas apresentam baixo índice de equipamentos automáticos, sendo a maioria das atividades muito simples e realizadas pelos operadores. Como já apresentado no Capítulo 4, a linha diversificada de produtos da montadora A é produzida no mesmo sistema produtivo.

Ainda sobre os dados empíricos obtidos, procurando relacionar as atividades de desenvolvimento do produto e produção modular, algumas conclusões são discutidas a seguir:

Conclui-se que a organização da produção existente influencia o desenvolvimento de novos produtos em vários aspectos, destacados a seguir:

a. através dos recursos disponíveis no processo produtivo. Estes recursos podem estar relacionados à capacidade de processo em atender dentro dos requisitos de qualidade e relacionados à capacidade de atender a demanda ou por uma busca de maior eficiência no processo produtivo. No caso da montadora A, dois aspectos reforçam este comentário. O primeiro deles foi a alteração da sequência de montagem do veículo, pois o produto era existente. O segundo são as alterações do *lay-out* do produto, sofridas para serem possíveis de execução. Como exemplo reconhecido neste trabalho, foram as modificações nos acessórios do motor, *lay-out* de chicotes elétricos e mangueiras.

b. pela forma mais simples de executar uma operação de montagem. Desta forma, muitas vezes é necessário alterações no *lay-out* do produto, alterando posição de mangueiras, chicotes elétricos entre outros, de modo a facilitar essa operação.

c. pela exequibilidade da operação, pois às vezes as interferências causada por um grande módulo pode impedir ou dificultar o acesso do mesmo. Neste trabalho pode ser destacado o conjunto motor, transmissão e sistema de resfriamento, onde houve uma série de interferências dos seus acessórios, tais como, filtros e mangueiras com o chassi do veículo.

Por outro lado, observa-se que o desenvolvimento do produto modular também influencia o processo produtivo. Isso pode acontecer quando o processo produtivo não tem capacidade tecnológica de produção, ou por demanda. No caso da montadora A, dois aspectos relevantes aconteceram. O primeiro deles, foi a construção de uma linha de montagem de cabine para atender os requisitos do produto. O segundo foi a ampliação da linha de tratamento superficial. No caso da montadora B, o último lançamento de um veículo extra-pesado promoveu várias alterações no processo produtivo. Em função das dimensões este veículo passou a ser montado em uma linha de chassi de ônibus. Com isso o fluxo de montagem do veículo ficou prejudicado, aumentando a ineficiência.

No caso da Montadora A, que partiu de um produto existente para a criação do produto modular, ficou evidente que durante a definição dos postos de trabalho e sequência de montagem dos módulos, várias alterações no produto foram necessárias para tornar a montagem viável e fácil. Entre elas, a montagem do motor, que passou a ser montado na forma de um conjunto composto de motor, caixa de mudança, filtros, sistema de resfriamento, entre outros.

Portanto, conclui-se que para explorar todos os benefícios da modularidade, o conceito de módulos deve ser empregado desde o início do desenvolvimento do produto e não apenas pensar em utilizar o conceito na produção. Apesar do produto analisado ser quase que naturalmente constituído de módulos, como já foi mencionado anteriormente, acredita-se ser possível para muitos componentes estabelecer uma função com o componente físico, ou melhorar bastante essa relação. Além disso, acredita-se ser possível também uma maior padronização dos componentes. Fato este identificado com detalhes no Fornecedor B, que utiliza pistões iguais para vários motores, além de utilizar o *hardware* do módulo de controle eletrônico. Isso promoveria uma maior padronização do processo produtivo.

Ainda sobre o desenvolvimento do produto modular, conclui-se que, se a estrutura do produto for espelhada no processo produtivo, isso pode ajudar a reduzir ainda mais a complexidade da relação produto/produção. Neste trabalho, como já citado anteriormente a estrutura do produto caminhão favorece a divisão do produto em módulos, o que certamente ajudou estas empresas do estudo de caso a usar a estratégia modular. Embora não seja possível afirmar, acredita-se que a montadora A esteja na busca desta medida, uma vez que implementou uma área de protótipo.

Finalizado as conclusões do trabalho, no próximo sub-item será apresentado as sugestões para trabalhos futuros.

5.1 Sugestões para trabalhos futuros

O desenvolvimento de produto totalmente modular ainda é um desafio para a indústria automobilística, dado a complexidade do produto. No entanto, grandes avanços podem ser observados na adoção do conceito. Neste trabalho, foi abordado dois aspectos da estratégia modular, o desenvolvimento do produto e a produção modular. Neste sentido, a montadora ainda centralizadora do processo de

desenvolvimento do produto, muitas vezes precisa da ajuda para o desenvolvimento do produto e do processo. Mas, à medida que essas atividades são terceiradas, principalmente aquelas relativas ao desenvolvimento do produto, a tendência é que a dependência da montadora aumente em relação ao fornecedor. Ou seja, a montadora tende a perder o conhecimento de algumas atividades. No entanto, para atender ao mercado, as parcerias parecem óbvias, até por necessidade de suporte tecnológico. Assim, fica a sugestão para estudos futuros de se estudar a gestão modular, sobre os aspectos de desenvolvimento do produto e processo, à medida que essas atividades são distribuídas na cadeia. Ou seja, sob o ponto de vista da montadora, como coordenar as atividades dispersas de desenvolvimento do produto e processo produtivo, sem perder as características do produto da empresa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDERSON, J.; OLIVER, N. Collaborative new product development in a multi-customer context: the challenges for Western auto component suppliers. **International journal of Automotive Technology and Management**, v.1, n. 2-3, p.169-182, 2001.
- ARNHEITER, E.D.; HARREN, H. A typology to unleash the potencial of modularity. **Journal of Manufacturing Technology Management**, v.16, n.7, p.699-711, 2005.
- ARNHEITER, E. D.; HARREN, H. Quality management in a modular world. **The TQM Magazine**, v.18, n.1, p.87-96, 2006.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE VEÍCULOS AUTOMOTORES. Brazil automotive guide, 2009.
- BALDWIN, C.Y.; CLARK, K.B. Managing in an age of modularity. **Harvard Business Review**, v.75, n.5, p.84-93, 1997.
- BALDWIN, C.Y.; CLARK, K.B. **Design Rules - The Power of Modularity**. MIT Press: Cambridge, MA, 2000.
- BALDWIN, C.Y.; WOODARD, C.J. The architecture of platforms: a unified view. **Harvard Business Scholl**, Boston, MA, 2008.
- BATCHELOR, J. Modularisation and the changing nature of automotive design capabilities. **International journal of Automotive Technology and Management**, v.6, n.3, 276-297, 2006.
- BECKER, M.C.; ZIRPOLI, F. Knowledge integration in new product development: the FIAT Auto case. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.3, n. 1/2, p. 30-46, 2003.
- BLEES, C.; KRAUSE, D. On the development of modular product structure: a differentiated approach. **International Design Conference**. Dubronik – Croatia, 2008.
- BRIGANTINI, J.A.D.; CAUCHICK MIGUEL, P.A. Proposta para melhoria do processo de desenvolvimento de produto de uma empresa fabricante de motores. V Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Salvador, Brasil, 2008.
- BRIGANTINI, J.A.D. **Proposta para melhoria do processo de desenvolvimento de produto de uma empresa fabricante de motores diesel**. Trabalho de conclusão de curso – mestrado profissional em engenharia automotiva. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2008.
- BULLINGER, H.J.; FREMEREY, F.; FUHRBERG-BAUMANN, J. Innovative production structures – Precondition for a customer-orientated production

management. **International Journal of Production Economics**, v. 41, p.15-22, 1995.

CALABRESE, G. Small-medium suppliers and the new car industry. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.1, n.4, p.471-489, 2001

CAMUFFO, A. Rolling out a world car: globalization, outsourcing and modularity in the auto industry. **IMVP Working Paper**, available at: <http://imvp.mit.edu/papers>, 2000.

CARNEIRO DIAS, A. V.; SALERNO, M. S. International division of labour in product development activities: towards a selective decentralization?. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.4, n.2/3, p.223-239, 2004.

CARNEVALLI, J.A.; MIGUEL, P.A.C. **Relatório científico do pós-doutorado para a USP: proposta de um levantamento de campo sobre a adoção da modularidade em empresas do setor automotivo visando investigar aspectos sobre a sua aplicação**. Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. Modularity in product development: a literature review towards a research agenda. **Product: Management & Development**, v.3, n.2, p.165-174, 2005.

CAUCHICK MIGUEL, P.A. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v.17, n.1, p.216-229, 2007.

CAUCHICK MIGUEL, P. A. (organizador). **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

CAUCHICK MIGUEL, P.A.; PIRES, S.R.I. A case study on modularity in product development and production within the auto industry. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.6, n.3, p.315-330, 2006.

CHEN, K.M.; LIU, R.J. Interface strategies in modular product innovation. **Technovation**, v.25, p.771-782, 2005.

CLARK, K.B.; FUJIMOTO, T. Product development performance: Strategy, organization and management in the world auto industry. Boston: **Harvard Business School Press**, 1991.

COLLINS, R.; BECHLER, K.; PIRES, S. Outsourcing in the automotive industry: from jit to modular consortia. **European Management Journal**, v.15, n.5, p.498-508, 1997.

DE MELLO, A.M.; VASCONCELLOS, L.H.R.; MARX, R. Estariam as montadoras abrindo mão de suas competências essenciais no desenvolvimento de motores? – um estudo de caso do primeiro veículo nacional bicomustível, XXIX Encontro da ANPAD, Brasília, DF, 2005.

DE MELLO, A. M.; MARX, R. Manutenção da capacidade inovadora na externalização do desenvolvimento de produtos: o caso da indústria automobilística. XXVI ENEGEP, Fortaleza, 2006.

DE MELLO, A. M.; MARX, R. Innovative capacity maintenance by automakers in a product development outsourcing scenario: the case of VW in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.7, n.2/3, p.200-215, 2007

DIAS, A.V.C; SALERNO, M.S. International division of labour in product development activities: towards a selective decentralisation? **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.4, n.2/3, p.223-239, 2004.

DORAN, D. Supply chain implications of modularization. **International Journal of Operations & Production Management**, v.23, n.3, p.316-326, 2003.

DORAN, D. Supply Chain management. Rethinking the supply chain: an automotive perspective. **Bradford**, v.9, n.1, p.102, 2004.

DORAN, D. Supplying on a modular basis: an examination of strategic issues. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v.35, n.9, p.654-663, 2005.

DORAN, D.; HILL, A. A review of modular strategies and architecture within manufacturing operations. **Journal of Automobile Engineering**, v.223, p.65-75, 2008.

DORAN, D. e ROOME, R. An evaluation of value transfer within a modular supply chain. International Strategy and Research Operations Group, Kingston Business School, v.217 Part D: J. Automobile Engineering, 2003

EISENHARDT, K. M. Product development: past research: Present findings and future directions. **Academy of Management Journal**, v.32, n.3, p.543-579, 1989.

EISENHARDT, K. M. Building theories from case study research. **Academy of Management Review**, v.14, n.4, p.532-550, 1989.

ERENS, F.; VERHULST, K. Architectures for product families. **Computers in Industry**, v.33, p.165-178, 1997.

ERNST, R.; KAMRAD, B. Evaluation of supply chain structures through modularization and postponement. **European Journal of Operational Research**, v.124, p.495-510, 2000.

FEITZINGER, Ed, LEE, H.L. Mass Customization at Hewlett-Packard: The Power of Postponement. **Harvard Business Review**, v. 75, n.1, p. 116-121, 1997.

FIXSON, S. K.; RO, Y.; LIKER, J. K. Modularisation and outsourcing: who drives whom? a study of generational sequences in the US automotive cockpit industry. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.5, n.2, p.166-183, 2005.

FLORENT, C. Strategic perspectives on modularity, DRUID 10th Anniversary Summer Conference, Copenhagen, Denmark, June 27-29, 2005.

FOURCADE, F.; MIDLER, C. The role of 1st tier suppliers in automobile product modularization: the search for a coherent strategy. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.5, n.2, p.146-165, 2005.

FREDRIKSSON, P. Cooperation and conflict in modular production and supplier parks: the case of Volvo cars modular assembly system. **International Journal of Automotive and Management**, v.6, n.3, p.298-314, 2006a.

FREDRIKSSON, P. Mechanisms and rationales for coordination of a modular assembly system: the case of Volvo cars. **International Journal of Operations & Production Management**, v.26, n.4, p.350-370, 2006b.

FRIGANT, V.; LUNG, Y. Geographical proximity and supplying relationships in modular production. **International Journal of Urban and Regional Research**, v.26, n.4, p.742-755, 2002.

GIL, A.C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2009. 4.ed., 175p.

_____. **Estudo de caso**. São Paulo: Editora Atlas, 2009, 148p.

GIMENEZ, M.C. **Proposta de reestruturação de uma família de chassis de ônibus através da análise modular**. 151p. Dissertação de mestrado acadêmico – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GRAZIADIO, T. **Estudo comparativo entre os fornecedores de componentes automotivos de plantas convencionais e modulares**. 185p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

GRAZIADIO, T.; ZILBOVICIUS, M. Knowledge transfer through the supply system: does modularity make it easier? **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.3, n.1/2, p.47-60, 2003.

HERRIOTT, R.E.; FIRESTONE, W.A. Multisite qualitative policy research: Optimizing description and generalizability. **Educational researcher**, v.12, p.14-19, 1983.

HOETKER, G. Do modular products lead to modular organizations? **Strategic Management Journal**, v.27, p.501-518, 2006.

HOEK, R.I.V.; WEKEN, H.A.M. The impact of modular production on the dynamics of supply chains. **The International Journal of Logistics Management**, v.9, n.2, p.35-50, 1998.

HOWARD, M.; SQUIRE, B. Modularization and the impact on supply relationship. **International Journal of Operations & Production Management**, v.27, n.11, p.1192-1212, 2007.

HUANG, C.C. Overview of modular product development. Laboratory of intelligent systems and information management. Department of International Management. National Chi-Nan University. Proc. National Science Council. ROC (A), v.24, n. 3, p. 149-165, 2000.

JACOBS, M.; VICKERY, S. K.; DROGE, C. The effects of product modularity on competitive performance. **International Journal of Operations & Production Management**, v.27, n.10, p.1046-1068, 2007.

KOTABE, M.; MURRAY, J.Y. Global sourcing strategy and sustainable competitive advantage. **Industrial Marketing Management**, v.33, p.7-14, 2004.

KOTABE, M.; PARENTE, R.; MURRAY, J.Y. Antecedents and outcomes of modular production in the brazilian automobile industry: a grounded theory approach. **Journal of International Business Studies**, v.38, p.84-106, 2007.

KOTLER, P. **A framework for marketing management**. Pearson Education International, segunda edição, New Jersey, 2003.

KRISHNAN, V.; GUPTA, S. Appropriateness and impact of platform-based product development. **Management Science**, v.47, n.1, p52-68, 2001.

KRISHNAN, V.; ULRICH, K. T. Product development decisions: a review of the literature. **Management Science**, v.47, n.1, p.1-21, 2001.

LAU ANTONIO, K.W.; YAM, R.C.M; TANG,E. The impacts of product modularity on competitive capabilities and performance: an empirical study. **International Journal Production Economics**, v.105, p.1-20, 2007.

LORENZI, S.; DI LELLO, A. Product modularity theory and practice: the benefits and difficulties in implementation within a company. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.1, n.4, p. 425-448, 2001.

LUNG, Y. The changing geography of the European automobile system. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.4, n. 2/3, p.137-165, 2004.

LUNG, Y.; CHANARON, J.; FUJIMOTO, T.; RAFF, D. Productive systems for product variety in the auto industry. Aldershot, Ashgate, Coping with variety: Flexible (Eds.), 1999.

MARCONI, M.A.; LAKATOS, E.M. **Técnicas de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2008.

MARININ, K.J.; DAVIS, T.R.V. Modular assembly strategy in international automotive manufacturing. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.2, n. 3/4, p.353-362, 2002.

MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; SALERNO, M.S. The modular consortium in a new VW truck plant in Brazil: new forms of assembler and supplier relationship. **Integrated Manufacturing Systems**, v. 8, n.5, p.292-298, 1997.

MIKKOLA, J.H. **Modularisation in New Product Development: Implications for Product Architectures, Supply Chain Management, and industry Structures**, PhD Thesis, Copenhagen Business School, Denmark, 2003.

MIKKOLA, J.H. Modularity, component outsourcing, and inter-firm learning. **R&D Management**, v.33, n.4, p.449-454, 2003.

MONDRAGON, C.E.C.; MONDRAGON, A.E.C.; MILLER, R. Modularity, open architecture and innovation: an automotive perspective. **International Journal of Automotive Technology Management**, v.6, n.3, p.346-363, 2006.

MORRIS, D.; DONNELLY, T. Are there market limits to modularization? **International Journal of Automotive and Technology Management**, v.6, n.3, p.262-275, 2006.

MUFFATTO, M. Introducing a platform strategy in product development. **International Journal of Production Economics**, v.60, n.61, p.145-153, 1999.

NOGUEIRA, O. **Pesquisa social: introdução às suas técnicas**. São Paulo: Nacional, 1968.

PANDREMENOS, J. et al. Modularity concepts for the automotive industry: a critical review. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v.1, n.3, p.148-152, 2009.

PARENTE, R.; GU, J. Strategic modularization and performance implications in the Brazilian automotive industry. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.5, n.4, p.430-460, 2005.

PERSSON, M. The impact of organizational functions on modular structure: experiences from the Volvo Car Corporation, **International Journal of Automotive Technology and Management**, v. 4, n.1, 2004.

PERSSON, M. The impact of organizational functions on modular structure: experiences from the Volvo car corporation. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.4, n.1, p.22-39, 2004.

PERSSON, M.; AHLSTRÖM, P. Managerial issues in modularizing complex products. **Technovation**, v.26, p.1201-1209, 2006.

PERSSON, M. Effects of changing a module's interface: a case study in an automotive company. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.6, n.3, p.331-345, 2006.

PIRES, S.R.I.; CARDOZA, G. A study of new supply chain management practices in the brazilian and spanish auto industries. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.7, n.1, p.72-87, 2007.

PIRES, S.R.I. New productive systems in the automotive industry: the current situation of three innovative plants in Brazil. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.2, n.1, p.46-62, 2002.

PIRES, S.R.I. Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant. **International Journal of Operations & Production Management**, v.18, n.3, 1998.

RACHID, A.; NETO, M.S.; BENTO, P.E. G.; DONADONE, J.C.; FILHO, A.G.A. Organização do trabalho na cadeia de suprimentos: os casos de uma planta modular e de uma tradicional na indústria automobilística. **Produção**, v.16, n.2, p.189-202, 2006.

RACHID, A. et al. Organização do trabalho na cadeia de suprimentos: dois estudos de caso na indústria automobilística. XXIV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2004.

RAMDAS, K. Managing product variety: an integrative review and research directions. **Product and Operations Management**, v.12, n.1, p.79-102, 2002.

ROBERTSON, D.; ULRICH, K. Planning for product platforms. **Sloan Management Review**, p.19-31, 1998.

ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H., SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo**. São Paulo: Saraiva, 2006.

SACOMANO NETO, M.; PIRES, S.R.I. Organização da produção, desempenho e inovações na cadeia de suprimentos da indústria automobilística brasileira. **Revista de Ciências da Administração**, v.9, n.19, p.34-53, 2007.

SAKO, M.; MURRAY, F. Modules in design, production and use: implications for the Global Automotive Industry. GERPISA International Colloquium. Proceedings. Paris, 2000.

SAKO, M., MURRAY, F. Modular strategies in cars and computers, **Financial Times**, 6th December, 1999.

SALERNO, M.S. The characteristics and the role of modularity in the automotive business. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.1, n.1, p.92-107, 2001.

SALERNO, M.S.; CAMARGO, O.S.; LEMOS, M.B. Modularity ten years after: an evaluation of the brazilian experience. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.8, n.4, p.373-381, 2008.

- SALERNO, M. S.; MARX, R.; ZILBOVICIUS, M. Strategies of product design, production and suppliers selection in the auto industry: final findings of a broad research in the major brazilian assemblers subsidiaries, headquarters and suppliers. *Onzieme Rencontre International du GERPISA*, 2003.
- SALERNO, M.S.; MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; DIAS, A.V.C. The importance of locally commanded design for the consolidation of local supply chain: the concept of design headquarters. **International Journal of Manufacturing Technology and Management**, v.16, n.4, p.361-376, 2009.
- SALERNO, M.S.; MARX, R.; ZILBOVICIUS, M.; GRAZIADIO, T.; MUNIZ, S.T.G.; DIAS, A.V.; IVESON, S.; HOTTA, M.A.; SOARES, R. **Mapeamento da nova configuração da cadeia automotiva**. Pesquisa de desenvolvimento junto ao BNDES, 2001.
- SAMPIERI, R.H.; COLLADO, C.F.; LUCIO, P,B. **Metodología de Pesquisa**. 3ª edição, McGrawHill, 2006.
- SANCHEZ, R. Strategic flexibility in product competition. **Strategic Management Journal**, v16, p.135-59, 1995.
- SANCHEZ, R. Modular architectures, knowledge assets, and organizational learning: new management processes for product creation. **International Journal Technology Management**, v.19, n.6, p.610-629, 2000.
- SANCHEZ, R. Using modularity to manage the interactions of technical and industrial design. **Design Management Journal**, 2002.
- SANCHEZ, R.; MAHONEY, J.T. Modularity, flexibility and knowledge management in product and organizational design. **Strategic Management Journal**, v.17, p.63-76, 1996.
- SCHNEIDER, C.; BUNSE, K.; GNEITING, P. Evaluating modularity in production: a case from the car industry. **Centre for Enterprise Sciences**, Zurich, p.1-10, 2009.
- SILVA, S.L.; ROZENFELD, H. Model for mapping knowledge management in product development: a case study at a truck and bus manufacturer. **International Journal of Automotive and Management**, v.7, n.2/3, p.216-234, 2007.
- STARR, M.K. Modular Production – a New Concept. **Harvard Business Review**, v.43,i.6, pp.131-142, 1965.
- TAKEISHI, A.; FUJIMOTO, T. Modularisation in the auto industry: interlinked multiple hierarchies of product, production and supplier systems. **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.1, n.4, p.379-396, 2001.
- ULRICH,K.T.; TUNG, K. Fundamentals of product modularity. Proceedings of the 1991 ASME Winter Annual Meeting Symposium on Issues in Design/Manufacturing Integration, Atlanta, GA, 1991.

ULRICH, K.T. The role of product architecture in the manufacturing firm. **Research policy**, v.24, p.419-440, 1995.

ULRICH, K.T.; EPPINGER, S.D. **Product design and development**. McGraw-Hill, New York, 2000.

VELOSO, F.; FIXSON, S. Make-buy decisions in the auto industry: New Perspectives on the Role of the Supplier as an innovator. **Technological Forecasting and Social Change**, v.67, n.2-3, p.239-257, 2001.

WU, L; DE MATTA, R.; LOWE, T.J. Updating a modular product: how to set time to market and component quality. **IEEE Transactions on Engineering Management**, v.56, n.2, p.298-311, 2009.

WU, L.; PARK, D. Dynamic outsourcing through process modularization. **Business Process Management Journal**, v.15, n.2, p.225-244, 2009.

YASSINE, A. A.; WISSMANN, L. A. The implications of product architecture on the firm. **Systems Engineering**, v.10, n.2, p.118-137, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de Caso: planejamento e métodos**. 3ªed., Porto Alegre, Bookman, 2005.

ZILBOVICIUS, M.; MARX, R.; SALERNO, M.S. A comprehensive study of the transformation of the Brazilian automotive industry, **International Journal of Automotive Technology and Management**, v.2, n.1, p.10-23, 2002.

APÊNDICE A – ROTEIRO

Levantamento de campo sobre o desenvolvimento de novos produtos e produção (linha de montagem final) em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular.

Instrumento de coleta (Formulário)

1. Informações sobre a empresa

- 1.1 Nome da empresa: _____
- 1.2 Entrevistado: _____
- 1.3 Cargo: _____
- 1.4 Depto.: _____
- 1.5 Tel.: _____ e-mail: _____ @ _____

2. Aplicação da modularidade e sua aplicação.

- 2.1 Qual a definição de modularidade utilizada pela a empresa?
(Baldwin e Clark (2000) definem a modularidade como uma forma de construção de um produto em subconjuntos menores, chamados módulos, mas que funcionam em um conjunto integrado)
- 2.2 Qual o tipo de modularidade que a empresa aplica?
- () Projeto (Visa a redução do tempo de desenvolvimento do produto, através da execução de atividades em paralelo, uma vez que as interfaces estão padronizadas (BALDWIN; CLARK, 2000; ULRICH, 1995))
- () Produção (A montagem dos subconjuntos podem ser executadas em linhas separadas e enviadas para a montagem final somente quando necessário (SAKO; MURRAY, 1999; TAKEISHI; FUJIMOTO, 2001; ULRICH; TUNG, 1991))
- () Uso (consiste na adaptação do produto final dos requisitos dos clientes, por alterações de módulos, que podem ser opcionais ou de performance (BALDWIN; CLARK, 2000; SAKO; MURRAY, 1999)).
- () Processos organizacionais
a modularidade na organização está relacionada aos processos organizacionais, estruturas de governanças e procedimentos de contratação de fornecedores para acomodar a produção modular tanto internamente quanto no contexto entre empresas (CAMUFFO, 2000).
- 2.3 Os fornecedores de módulos, participaram do desenvolvimento do projeto do veículo? Segundo Cauchick Miguel e Pires (2006), sim.
- 2.4 Caso a resposta da pergunta 2.3 tenha sido sim, como foi a participação dos fornecedores no desenvolvimento de cada módulo do veículo?

Motor/transmissão/sistema de resfriamento: _____

Chassi: _____

Eixos: _____

Suspensão: _____

Rodas e pneus: _____

Formação da cabine (parte estrutural): _____

Cabine (bancos, portas e acabamento interno, painel de instrumentos): _____

(cockpit) e direção: _____

- 2.5 Qual a estratégia utilizada pela empresa para modularização do produto?
- 2.6 Como os módulos do veículo são definidos no projeto? Com base na estrutura do produto (FREDRIKSSON, 2006)
- 2.7 Houve alguma alteração entre as interfaces entre os módulos no projeto do veículo?
- 2.8 A interface entre os módulos afeta a definição dos componentes que formam cada módulo? Se sim, como? (CHEN; LIU, 2005)
- 2.9 O projeto do novo veículo alterou o processo de fabricação e montagem na planta? Se sim, como? A modularidade de projeto de um novo produto afetou a modularidade de produção (CAUCHICK MIGUEL; PIRES, 2006)
- 4.6 O projeto do novo veículo alterou as relações existentes entre a montadora e seus fornecedores de módulos?
- 4.7 Como é feito o planejamento da montagem dos módulos pelos fornecedores para atender a demanda da produção da empresa?
Cauchick Miguel e Pires (2006)
- 4.8 Existe o fornecimento de know how da montadora para a autopeça desenvolver e ou produzir os módulos?
- 4.9 A montadora apóia financeiramente a autopeça para o desenvolvimento do módulo?
- 4.10 Quais são os benefícios do uso da modularidade no caso do projeto do novo veículo para a empresa? Vários benefícios são citados na literatura, tais como os citados por Baldwin e Clark, 1997, Persson (2004) e Salerno; Camargo e Lemos (2008).
- 4.11 Quais as dificuldades do uso da modularidade no caso do projeto do novo veículo para a empresa?

APÊNDICE B – ROTEIRO

Levantamento de campo sobre o desenvolvimento de novos produtos e produção (linha de montagem final) em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular.

Instrumento de coleta (Formulário)

3. Informações sobre a empresa

- 3.1 Nome da empresa: _____
- 3.2 Entrevistado: _____
- 3.3 Cargo: _____
- 3.4 Depto.: _____
- 3.5 Tel.: _____ e-mail: _____ @ _____

- 1 Como a empresa define a modularidade?
- 2 Qual o tipo ou tipos de modularidade que a empresa aplica?
- 3 Por quê a empresa adotou a abordagem modular?
- 4 A definição dos requisitos dos usuários finais (qualidade exigida) para o projeto do veículo é realizado em conjunto com os fornecedores?
- 5 Como são definidas as especificações do produto (características da qualidade) para satisfazer o usuário final? Os fornecedores participam dessa definição?
- 6 Quais estratégias são utilizadas para realizar a modularização do produto? (Por exemplo: da cadeia de suprimentos, ciclo de vida e ou de mercado).
- 7 Como os módulos do veículo são definidos no projeto? (no caso da empresa utilizar modularidade de projeto)
- 8 Como são definidas as interfaces (encaixes) entre os módulos e o produto final?

- 9 A interface entre os módulos afeta a definição dos componentes que formam cada módulo? Se sim, como?
- 10 Se o veículo é formado por módulos fabricados por fornecedores, isto afeta o processo de fabricação da montadora? Se sim como?
- 11 Como é feito o planejamento dos módulos fabricados por fornecedores para atender a demanda da produção da empresa?
- 12 A divisão do veículo em módulos fabricados por fornecedor gera algum benefício para a empresa?
- 13 A divisão do veículo em módulos fabricados por fornecedor, gera alguma dificuldade para a empresa?
- 14 O projeto de produto modular foi desenvolvido com a participação dos fornecedores da empresa? Se sim, como foi esta participação?
- 15 Existe o fornecimento de *Know How* da montadora para a autopeças desenvolver e ou produzir os módulos?
- 16 Existe o fornecimento de apoio financeiro da montadora para a autopeça desenvolver e ou produzir os módulos?
- 17 Com o uso da modularidade ocorreu transferência de atividades e ou responsabilidades da empresa para seus fornecedores? (Por exemplo: montagens de módulos; administrar sub-fornecedores).
- 18 No caso de ter ocorrido transferência de atividades e ou responsabilidades da empresa para seus fornecedores, a empresa pode focar mais em outras atividades (por exemplo: projetos, serviços pós venda, "varejo e distribuição")? Se sim quais e como?
- 19 Com o uso da modularidade a empresa fez alguma recomendação para que os fornecedores se localizassem geograficamente próximos à montadora?
- 20 Há algum desenvolvimento de novo produto que trouxe implicações para a produção?

APÊNDICE C – ROTEIRO

Levantamento de campo sobre o desenvolvimento de novos produtos e produção (linha de montagem final) em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular.

Instrumento de coleta (Formulário)

4. Informações sobre a empresa

- 4.1 Nome da empresa: _____
- 4.2 Entrevistado: _____
- 4.3 Cargo: _____
- 4.4 Depto.: _____
- 4.5 Tel.: _____ e-mail: _____ @ _____

1. Quando foi introduzido o projeto do motor Constellation na montadora A? Visão de como foi esse desenvolvimento.
2. Qual ou quais foram os motores?
3. Era um motor de catálogo (existente) ou foi um novo desenvolvimento? Se foi adaptação, qual foi o nível de adaptação?
4. No processo do consórcio modular houve alguma transferência de *know how* / conhecimento do OEM para o fornecedor D?

Com relação à autonomia do desenvolvimento do produto.

5. O fornecedor D, unidade Brasil, realiza projeto de motores básicos? Ou executa mais projetos de aplicações?
6. A aprovação de um novo conceito de motor tem aprovação das diretorias no Brasil ou fora do Brasil?

Pesquisa & Desenvolvimento

7. O fornecedor D desenvolve toda a tecnologia do produto ou existe alguma parceria com outras plantas, institutos de pesquisas?

8. Quando o fornecedor D recebe uma consulta de um produto, esta nova solicitação trata-se do módulo (transmissão, motor e radiador) ou o foco é motor?
9. O fornecedor D aplica o conceito de modularidade do produto? Se sim, como o fornecedor D define um módulo?

APÊNDICE D – ROTEIRO

Levantamento de campo sobre o desenvolvimento de novos produtos e produção (linha de montagem final) em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular.

Instrumento de coleta (Formulário)

5. Informações sobre a empresa

- 5.1 Nome da empresa: _____
- 5.2 Entrevistado: _____
- 5.3 Cargo: _____
- 5.4 Depto.: _____
- 5.5 Tel.: _____ e-mail: _____ @ _____

1. A empresa adota a modularidade?
2. Quais são os produtos modulares que a empresa produz?
3. Qual o tipo de modularidade que empresa adota?
 - projeto
 - produto
 - uso
 - processos organizacionais
4. Quais as dificuldades encontradas para aplicação da modularidade na empresa?
5. Com o uso da abordagem modular a montadora fez alguma recomendação para que a empresa se localizasse geograficamente próximo à montadora?
Aplicação da modularidade
6. Quais estratégias são utilizadas para realizar a modularização do produto? (Por exemplo: da cadeia de suprimentos, ciclo de vida e ou de mercado).
7. Quais processos de modularidade são utilizados (pode ser projeto baseado no cliente, nas funções, na estrutura. ou lista de materiais)?
8. Como são definidas as interfaces entre os módulos e o produto final?

9. Como é feito o planejamento da produção dos módulos para atender a demanda da montadora? É sincronizada com a produção da montadora?
Alterações na cadeia de suprimento causado pela abordagem modular
10. O uso da abordagem modular alterou as relações entre a empresa e a montadora? Se sim, como? (por exemplo: gerou parceria entre as empresas, criou contratos de longo prazo, etc.).
11. Ocorreu transferência de atividades e ou responsabilidades da montadora para a empresa? (Por exemplo: montagens do produto; garantia da qualidade).
12. O uso da abordagem modular alterou as relações entre a empresa com seus fornecedores? Se sim, como?
13. Os produtos modulares da empresa são também formados por sub-módulos fabricados por alguns dos seus fornecedores? Caso sim, responda as questões abaixo:
14. Ocorreu transferência de atividades e ou responsabilidades da empresa para seus fornecedores? Se sim, quais?
15. A empresa fornece algum apoio para seus fornecedores nas etapas de projeto de projeto e ou fabricação dos sub-módulos (cooperação)?
16. Quais foram os benefícios que a aplicação da modularidade realmente trouxe para a empresa?
17. Existe algum ponto negativo no uso da abordagem modular?
18. Qual o número de projetos concluídos com o uso da abordagem modular?
19. Quais são os pré-requisitos para uma empresa implantar a abordagem modular?

Adaptado de Carnevalli e Miguel (2009)

APÊNDICE E – ROTEIRO

Levantamento de campo sobre o desenvolvimento de novos produtos e produção (linha de montagem final) em empresas do segmento automotivo que adotam a estratégia modular.

Instrumento de coleta
(Formulário)

6. Informações sobre a empresa

- 6.1 Nome da empresa: _____
- 6.2 Entrevistado: _____
- 6.3 Cargo: _____
- 6.4 Depto.: _____
- 6.5 Tel.: _____ e-mail: _____ @ _____

Formulário – Fornecedor B

1. Estudamos a modularidade em diferentes aspectos, então, gostaríamos de entender como aconteceu o desenvolvimento do produto motor para a montadora A.
2. Como é a questão da autonomia da sua empresa (fornecedor B) Brasil, no que diz respeito ao desenvolvimento de produto?
3. Como foi a participação no projeto de desenvolvimento do motor para o caminhão pesado do cliente montadora A.
4. Existe alguma abordagem que enfatiza os aspectos da manufatura ao longo do processo de desenvolvimento do produto?
5. Antes da aplicação do motor eletrônico, o fornecedor A montava motores tradicionais (sem controle eletrônico). Houve muitas alterações das interfaces? Quais foram essas alterações? O que isso muda no processo de montagem?
6. O que acontece introduzindo novos produtos? Quais os desafios que este contexto apresenta para o desenvolvimento de novos produtos?

7. A interface dos produtos existentes, afeta o desenvolvimento de novos produtos?
8. Para algumas linhas de caminhões são aplicados motores de vocês e do fornecedor A, existe algum problema de interfaces? Existe *set-up* nestes casos?
9. Como são definidas as especificações do produto? As interfaces (volumétricas, conexões, etc.) são definidas pela montadora?
10. Existe *set-up* na linha de montagem final do veículo? Ou seja, para cada motor usa-se um dispositivo de içamento diferente?
11. Quando acontece um novo desenvolvimento, a engenharia de manufatura participa de alguma forma (no caso da Cummins, a participação da Powertrain acontece)?
12. Qual é a participação da montadora no desenvolvimento de um novo motor? Existe transferência de *know-how* da montadora para o fornecedor de autopeças (motores)?
13. Existe algum modelo de caminhão onde é aplicado tanto o motor eletrônico quanto o mecânico? Nesse caso, como é a padronização de interfaces?
14. Qual a relação do fornecedor B (Engenharia de desenvolvimento do produto) com a Powertrain?
15. Com relação à linha de produtos, se a gente considerar a aplicação veicular, a Cummins tem produtos para aplicações leves, médias, pesadas e extra-pesados?