

UMA INVESTIGAÇÃO SOBRE A APLICAÇÃO DA MODULARIDADE EM UMA MONTADORA DE VEÍCULOS - ANÁLISE DOS MÓDULOS, BENEFÍCIOS E DIFICULDADES DA MODULARIDADE E RELAÇÕES COM FORNECEDORES



José Antonio Carnevalli (USP)
jcarnevalli@hotmail.com

Angelo Varandas Júnior (USP)
angelo.varandas@usiminas.com

Edilson Alves Rodrigues (USP)
edilson_rodrigues@hotmail.com

Paulo Augusto Cauchick Miguel (USP)
paulo.miguel@poli.usp.br

Este artigo apresenta os resultados de um estudo de caso realizado numa montadora de automóveis sobre a aplicação da modularidade. Verificou-se que o uso da modularidade tem gerado alguns benefícios organizacionais. Entre eles pode se citar a fabricação e montagem de alguns módulos pelo fornecedor e a gestão de estoque dos módulos, além da verificação de redução dos custos fixos, os quais foram transferidos para os fornecedores da empresa. Entretanto, também tem se verificando que a adoção da modularidade causou um aumento da dependência existente entre a montadora e os seus principais fornecedores de módulos. Esta dependência pode estar relacionada ao aumento da parceria entre as empresas sendo que, em alguns módulos, os projetos são realizados em conjunto com o fornecedor ou sob a sua responsabilidade. A partir deste estudo, verifica-se que algumas implicações teóricas e empíricas ainda não estão bem definidas, devendo ser mais aprofundadas em trabalhos futuros.

Palavras-chaves: Modularidade; Indústria Automobilística; Estudo de Caso

1. Introdução

A crescente competição no setor automotivo tem levado as montadoras desse setor ao desenvolvimento de novos produtos e melhoria de seus processos organizacionais. Nesse contexto, algumas montadoras e seus fornecedores têm adotado o conceito de modularidade. Há mais de uma década as montadoras utilizam a modularidade como estratégia para a maximização dos lucros, por meio da padronização de componentes, flexibilidade na linha de produção, e emprego de plataformas globais (PINE, 1992; SANCHEZ & MAHONEY, 1996). Baldwin & Clark (1997) acrescentam que a modularidade é igualmente utilizada no projeto de produtos e processos complexos a partir de subsistemas, que são desenvolvidos individualmente, porém funcionam de forma integrada. Assim, permite-se a produção de produtos diversificados por meio da combinação de subsistemas (YIGIT et al., 2002; LEE et al., 2001), além de possibilitar ganhos com a alteração da configuração dos processos produtivos, como no caso da planta da VW de Resende (COLLINS et al., 1997).

Entretanto, a decisão de se adotar um projeto modular encontra-se ainda em desenvolvimento na literatura e existem poucas evidências empíricas de suas vantagens, como por exemplo, quanto ao processo de transferência das atividades de projeto no desenvolvimento de novos produtos aos fornecedores de módulos. Esta prática envolve muitas responsabilidades, interfaces e transferência de competências entre montadoras e fornecedores. Nesse contexto, o propósito deste trabalho compreende em analisar o a abordagem de desenvolvimento de módulos em uma montadora do setor automotivo, por meio de um estudo de caso com a coleta de dados realizada por meio de entrevista semi-estruturada. A partir desses dados, buscou-se indicar sugestões para trabalhos futuros de pesquisa, de acordo com o que foi considerado como insuficiente na literatura e na abordagem empírica do presente trabalho.

2. Fundamentação teórica

O desenvolvimento do produto é definido por Krishnan & Ulrich (2001), como a transformação de uma oportunidade de mercado e de um conjunto de tecnologia do produto em um produto para ser vendido. O objetivo final é proporcionar uma solução que atenda os clientes (CHEN & LIU, 2005). Neste contexto, a arquitetura do produto modular apresenta as características de baixo custo e alta variedade de produto (CHEN & LIU, 2005). Isto porque o produto modular é uma alternativa para criar flexibilidade na arquitetura do produto por meio de interfaces padronizadas (SANCHEZ & MAHONEY, 1996). Um dos objetivos do uso da modularidade é obter um produto, formado por diferentes módulos independentes os quais podem ser desconectados, permitindo que se altere o projeto de um módulo sem necessidade de alterar os projetos dos demais (MIKKOLA, 2003). Deste modo, um produto podem ser rapidamente atualizado ou até mesmo projetado um novo produto apenas modificando o projeto de alguns módulos de modo a atender rapidamente a demanda do mercado.

A modularidade é geralmente definida como a construção de um produto por meio de subconjuntos menores que podem ser projetados independentemente, mas trabalham juntos, ou seja de forma integrada (BALDWIN & CLARK, 1997). Segundo alguns autores (BALDWIN & CLARK, 2000; SAKO & MURRAY, 1999), a modularidade pode ser de três tipos: modularidade no projeto; modularidade na produção e modularidade em uso. Sako & Murray (1999) assim definem os tipos de modularidade:

– Modularidade no projeto: arquitetura do produto escolhida de forma que características do

- projeto e tarefas são interdependentes, mas independente entre módulos;
- Modularidade na produção: projeto da produção definidos para possibilitar ótima variedade de produção, fluxo de produção, requisitos de custo e qualidade;
 - Modularidade em uso: definida para otimizar a escolha do cliente, de fácil uso e manutenção e minimizar o custo de propriedade.

No presente trabalho são analisados, principalmente, os aspectos relacionados a modularidade de projeto e na produção.

O uso da modularidade na indústria automobilística brasileira iniciou na segunda metade da década de 90 (SALERNO et al., 2009), sendo que tem orientado o desenvolvimento de diversos veículos, além dos seus processos de montagem (SCAVARDA et al., 2005). Os autores complementam que a modularidade tem forte relação com a estratégia de plataforma, também utilizada pelas empresas automotivas para atender seu mercado consumidor. De uma forma ampla, uma plataforma pode ser definida como um conjunto de componentes, sub-sistemas de um produto que estão fisicamente conectados formando uma estrutura principal e são comuns para diferentes modelos finais (ROZENFELD et al., 2006; MEYER & LEHNERD, 1997). Usando a abordagem de plataforma, uma empresa pode desenvolver um conjunto diferenciado de produtos (WHEELWRIGHT & CLARK, 1992) em uma família (ROZENFELD et al., 2006). As principais vantagens do desenvolvimento de plataformas são redução de custo e do tempo de desenvolvimento do produto final (MUFFATTO, 1999).

A modularidade pode trazer benefícios para a montadora e seus fornecedores, mas também apresenta dificuldades na sua adoção. As Tabelas 1 e 2 mostram, respectivamente, uma síntese dos benefícios e dificuldades na adoção da modularidade.

| Benefícios | Referências |
|--|---|
| Aumento da flexibilidade da produção | Fredriksson (2006b); Sanchez & Collins (2001) |
| Reduzir o tempo de desenvolvimento | Persson (2006); Arnheiter & Harren (2005) |
| Reduzir a mão de obra direta | Arnheiter & Harren, (2005); Doran, (2002) |
| Reduzir os custos pelo fornecedor desenvolver os módulos | Fredriksson (2006c) |
| Aumentar a parceria com a montadora | De Mello & Mark (2007); Arnheiter & Harren (2005) |

Tabela 1 – Benefícios da modularidade.

| Dificuldades | Referências |
|--|--|
| Aumento da interdependência entre as empresas | Frigant & Lung (2002); Collins et al. (1997) |
| Dificuldade de encontrar fornecedores capacitados para fabricarem módulos | Arnheiter & Harren (2005) |
| Dificuldade de integrar as capacidades dos fornecedores de módulos | Pandremenos et al. (2009) |
| Risco de perda de controle de alguns projetos pela transferência de atividades da montadora para os fornecedores | Arnheiter & Harren (2005) |
| Aumento da complexidade com o aumento do número de pacote de opcionais | Scavarda et al. (2005) |
| Pode gerar dispersão das atividades e de recursos | Fredriksson (2006a) |

Tabela 2 – Dificuldades na adoção da modularidade.

Nas empresas automotivas localizadas no Brasil, as relações estratégicas entre montadoras e seus fornecedores no contexto da modularidade podem ser vistas nas plantas modulares, que começaram a ser instaladas no país durante a década de 90 (RACHID et al., 2006). Basicamente, estas plantas consistem em dois tipos: condomínio modular e o consórcio

modular. Neste trabalho será estudado o condomínio modular no qual os fornecedores entregam seus módulos na linha de produção da montadora, como no caso da planta da Volkswagen-Audi inaugurada em 1999 (PIRES, 2002).

Nos próximos tópicos são apresentados os métodos de pesquisa, adotados assim como seus resultados e principais conclusões.

3. Procedimentos metodológicos

O presente artigo origina-se de um projeto de pesquisa que investiga, em linhas gerais, a adoção da modularidade no setor automotivo. O presente trabalho foca na análise geral de como as iniciativas associadas à modularidade são adotadas por empresas do setor automotivo. Mais especificamente, busca responder a seguinte questão geral de pesquisa: como a modularidade é adotada e quais são as suas práticas organizacionais associadas a esta adoção? A partir da questão geral de pesquisa, foram verificadas e analisadas no presente estudo as seguintes variáveis: projeto modular, cooperação com os fornecedores no desenvolvimento de novos produtos, transferência de atividades para os fornecedores, benefícios e dificuldades na adoção da modularidade, e organização dos fornecedores em um condomínio modular. Os resultados são estruturados e apresentados segundo estas variáveis ligadas a questão geral de pesquisa. O trabalho de campo foi realizado em uma empresa montadora de veículos e busca associar os dados coletados com estudos similares da literatura, destacando-se o trabalho de De Mello & Marx (2007), Doran et al. (2007) e Fredriksson, (2006a, b, c).

No que tange aos aspectos teórico-metodológico, inicialmente foi realizado um levantamento da literatura, no qual se delineou os pontos importantes sobre modularidade e posteriormente relacionou aos temas de interesse para o presente estudo. A seguir, escolheu-se o método de estudo de caso como abordagem de pesquisa por considerá-lo como mais adequado face a questão de pesquisa e natureza (qualitativa) dos dados a serem coletados e analisados. O estudo de caso se caracteriza como uma estratégia de pesquisa adequada quando as questões de interesse referem-se ao “como” e ao “por que” e/ou quando o pesquisador tem pouco controle sobre os acontecimentos e o foco se dirige a um fenômeno contemporâneo em um contexto natural (Yin, 2001). O trabalho é de natureza exploratória, pois a literatura é relativamente limitada no foco escolhido, seja pelo tema “modularidade no processo de desenvolvimento de produtos” estar em fase inicial, principalmente quanto a abordagem empírica (CAMUFFO, 2000; DORAN, 2003).

Para coleta de dados, foi realizada uma entrevista semi-estruturada com o responsável pelo desenvolvimento de novos produtos de uma das plantas da montadora estudada, com uma duração de aproximadamente três horas. O conteúdo foi gravado, transcrito, e posteriormente enviado ao entrevistado para possíveis ajustes nas informações, quanto a precisão e sigilo dos dados. Ainda na entrevista, foi mostrada uma apresentação, que auxiliou no entendimento dos aspectos relativos ao processo de desenvolvimento de módulos e algumas decorrências organizacionais, associadas aos fornecedores.

O motivo da escolha da montadora estudada está baseado ao fato da mesma ter, atualmente, uma certa autonomia local para desenvolvimento de novos produtos (automóveis), e ter um relacionamento próximo com os fornecedores no desenvolvimento de componentes, além de ter sido obtido acesso para a coleta de dados. Além disso, existem muitas interfaces de montagem na planta estudada e algumas indicações na literatura sobre a adoção do conceito de modularidade, nessa montadora de veículos.

4. Contexto e resultados

A apresentação dos resultados é dividida em duas partes: primeiramente uma descrição do contexto e, posteriormente, um detalhamento dos dados empíricos.

4.1 Contexto da pesquisa

O trabalho de campo foi realizado em uma multinacional montadora de veículos que, segundo os dados da ANFAVEA (Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores) está entre as quatro empresas que tiveram a maior quantidade de automóveis licenciados nos meses de janeiro e fevereiro de 2009. Tal empresa tem várias plantas industriais no país.

Neste estudo de caso foi entrevistado um engenheiro sênior envolvido com o desenvolvimento de uma plataforma no final da década de 90 para ser fabricado numa planta do condomínio modular. Uma plataforma é um conjunto de componentes, sistemas ou subsistemas que são iguais numa família de produtos (ROZENFELD et al., 2006). Os dois veículos desenvolvidos com esta plataforma são modulares. Segundo o entrevistado, o desenvolvimento desta plataforma foi principalmente realizado na matriz da empresa fora do país.

Tal projeto foi também utilizado para o desenvolvimento do *know how* e para a capacitação da equipe de engenharia brasileira, a qual teve grande parte dos seus membros acompanhando todo o desenvolvimento na matriz. Como já apontado pela literatura (e.g. SALERNO, 2001), até o final da década de 90 as equipes de projeto do produto do Brasil, estavam restritas em fazer a tropicalização de produtos desenvolvidos fora do país (na matriz ou em outras subsidiárias), adaptaram a produção inicialmente para montar os veículos com os componentes importados e posteriormente desenvolveram o ferramental e os fornecedores locais para fabricar todos os componentes no Brasil. Essas equipes também realizavam pesquisa de mercado, para verificar a viabilidade do desenvolvimento de novos veículos, identificando seus requisitos, mas limitados a esta atividade. Embora essa informação não seja nova, isto é corroborado por Rozenfeld et al. (2006), que afirmam que nos países em desenvolvimento normalmente os produtos são trazidos externamente das matrizes onde o projeto foi desenvolvido e o PDP (Processo de Desenvolvimento de Produto). Assim, geralmente, a montadora fica restrita em adaptar o produto ao mercado local e aos fornecedores e processos de manufaturas existentes no país, como o que ainda vem ocorrendo nas montadoras de origem francesa instaladas no Brasil.

Após o desenvolvimento desse projeto plataforma houve uma certa descentralização da matriz no desenvolvimento de novos produtos em relação a planta brasileira ao desenvolver uma equipe nacional capacitada, a qual desenvolve atualmente projetos de modo parcial ou, com certas restrições, totalmente nacionais. Como por exemplo, pode-se citar a criação de um veículo *sedan* a partir de um veículo *hatch* ou o re-projeto de uma nova versão de um veículo existente, aproveitando o ferramental, adaptando chassis e projetando uma nova carroceria para o veículo.

4.2 Resultados – o projeto modular

De acordo com os dados coletados, os dois veículos resultantes da plataforma desenvolvida apresentam os seguintes módulos: “motor e transmissão”; “carroceria estrutural”; “painel de instrumentos”; “porta”; “bancos”; “chassi”; “sistema de escapamento”; “suspensão dianteira” e módulo “suspensão traseira”. Uma divisão similar do veículo em módulos é encontrada nos modelos Golf, Polo da VW que também apresentam os módulos similares (“painel de instrumentos”; “porta”; “bancos”; “suspensão dianteira” e módulo “suspensão traseira”, como

aponta a literatura (DE MELLO & MARX, 2007). Entretanto, existem algumas diferenças ou módulos que não foram citados, por exemplo no caso da VW não é citada a existência do módulo “carroceria estrutural” e o módulo “motor e transmissão”, mas sim o módulo “*frot-end*” (envolvendo toda a parte da frente do veículo) e o módulo “tanque de combustível” por exemplo. Por outro lado, Pandremenos et al. (2009) recomendam uma divisão um pouco diferente do veículo em cinco grandes subconjuntos: “*frot-end*” (envolvendo toda a parte da frente do veículo), assoalho (envolvendo também os bancos); teto; “*upperbody*” (desde as portas e parte interna do veículo); “*rear-end*” (desde o porta malas até o para choque). Assim, verifica-se que os módulos variam conforme a lógica de divisão e agrupamento utilizado pela montadora, de certo modo seguindo a lógica de divisão funcional apontada na literatura (FIXON, 2005; BI & ZHANG, 2001).

Sobre como os módulos foram definidos, os dados coletados não permitiram fazer esta avaliação com precisão. No entanto, o entrevistado defendeu que foi levado em conta o processo de montagem a partir de três grandes sistemas do veículo: “sistema de propulsão” (módulo do motor e transmissão); “chassi” (módulo chassi; sistema de escapamento; suspensão dianteira; suspensão traseira, incluindo rodas e pneus) e “carroceria” (carroceria estrutural, painel de instrumentos, porta e bancos). A literatura define a modularidade com base no cliente (CAUCHICK MIGUEL & PIRES, 2006); nas funções do produto (SHIBATA et al., 2008; CONNOLLY, 2007; DAHMUS et al., 2001; GADDE & JELLBO, 2002); ou na estrutura do produto (ASAN et al., 2004). No caso publicado da VW foram considerados a produtividade e aspectos ergonômicos da linha de montagem de veículos (DE MELLO & MARX, 2007) o que é similar à recomendação de Pandremenos et al. (2009) de definir os números de módulos considerando os requisitos de montagem. Assim, os resultados obtidos parecem estar alinhados à literatura, pois os módulos definidos na montadora estudada apresenta aspectos de função do produto, além de considerar requisitos de montagem.

Sobre quem define os requisitos dos usuários a serem atendidos e as especificações de projeto do produto verificou-se que é realizado pela montadora que utiliza para isso uma matriz do desdobramento da função qualidade (QFD), além de um banco de dados que contém o *know how* da empresa sobre o produto. O uso do método do QFD no setor automobilístico para identificar os requisitos dos clientes e desdobrá-los em especificações de produto também pode ser visto na *Ford Motor Company* na Europa (AL-MASHARI et al., 2005); na VW ônibus (FRAGOSO, 1999); na Volvo (EKDAHL & GUSTAFSSON, 1997) dentre outras montadoras automotivas.

4.3 Resultados – a cooperação com os fornecedores no desenvolvimento

Em relação aos projetos de desenvolvimento dos módulos, os dados coletados indicam que eles podem ser de três tipos:

- a) Projeto realizado somente pela montadora: normalmente envolvendo o desenho do veículo, os módulos: motor e transmissão, carroceria estrutural e parte do módulo da porta (parte estampada);
- b) Projeto em conjunto com os fornecedores: em alguns casos o projeto do módulo ou de seus componentes são realizados por equipes mistas com engenheiros da montadora e dos fornecedores. Como por exemplo alguns dos módulos que formam o chassi são desenhados junto com os engenheiros da montadora e dos fornecedores. Além disso, alguns subconjuntos dos módulos também envolvem projetos com equipes mistas entre a montadora e sub-fornecedores o que indica uma certa transferência de atividades e de

know how entre as empresas, também apontado pela literatura (FREDRIKSSON, 2006b; LAU & YAM, 2005).

- c) Projeto desenvolvido pelo fornecedor: nestes casos alguns módulos e subconjuntos tais como: bancos, painel de instrumento e direção são desenvolvidos pelos fornecedores, sendo que todos os requisitos de projeto, de performance e de *design* são definidos pela montadora. Entretanto, não são necessariamente projetos do tipo “caixa-preta” como citado no caso da VW (em DE MELLO & MARX, 2007). Isto pode ser explicado pelo fato de que existe uma maior interação, troca de informações e, algumas vezes, até definição de alguns materiais em conjunto pelas empresas. Apesar disso, o projeto detalhado e o processo de fabricação fica sob a responsabilidade do fornecedor.

Esses tipos de projetos apresentam algumas semelhanças com os quatro tipos de estratégias utilizadas pela Volkswagen Automóveis no desenvolvimento dos módulos do painel de instrumentos e dos bancos do Fox no Brasil. Essas estratégias são (DE MELLO & MARX, 2007): “caixa preta” (onde a VW fornece todos os requisitos “*book of work statement*” para os fornecedores que desenvolvem o projeto); co-projeto (realizado em conjunto com a VW) similar ao que ocorre na empresa estudada; desenvolvimento de ferramental (o fornecedor desenvolve o ferramental e o processo de fabricação) e planejamento do processo de fabricação (o fornecedor desenvolve o processo de fabricação e a VW as peças e ferramental). No entanto, no caso da VW, verifica-se uma participação maior da montadora nos projetos dos módulos bancos e painel de instrumentos, quando comparada com a empresa estudada, seja pela VW realizar co-projeto de vários subconjuntos dos módulos ou por realizar parte do desenvolvimento do ferramental que fabricará os módulos. Deste modo, os projetos tipo “caixa preta” estão limitados a apenas sub-conjuntos dos dois módulos citados e não o módulo em si.

4.4 Resultados – transferência de atividades para os fornecedores

Segundo os dados coletados, os módulos desenvolvidos pelos fornecedores em conjunto ou não com a montadora são fabricados e montados por esses fornecedores os quais devem ser entregues na linha de montagem final da montadora. Deste modo, existe uma transferência das atividades de sub-montagem da montadora para o fornecedor de primeiro nível, em concordância com o que indica a literatura (DE MELLO & MARK, 2007; ORSATO & WELLS, 2007; FREDRIKSSON, 2006a; VELOSO & FIXSON, 2001). Também ocorre a transferência de parte das atividades de projeto, o que também é citado na literatura (DE MELLO & MARK, 2007; FREDRIKSSON, 2006c; LAU & YAM, 2005). O fornecedor de primeiro nível também ficou responsável de se relacionar com a maioria dos sub-fornecedores como aponta a literatura (DORAN et al., 2007, LAU & YAM, 2005), inclusive no desenvolvimento do projeto e por gerir os estoques referentes aos módulos com exceção dos componentes fabricados na montadora.

4.5 Resultados – benefícios da modularidade na empresa estudada

Sobre quais são os benefícios para a montadora do uso de módulos montados pelos fornecedores foram indicados:

- a) A diminuição do número de testes, pois realiza o teste do módulo ao invés de testar cada componente que o forma em separado, ou seja, facilita a inspeção do produto, conforme aponta Chen et al. (2006);

- b) A redução do número de engenheiros na montadora para desenvolver todo o produto, pois parte do projeto é desenvolvido no fornecedor, ou seja, reduz os recursos necessários para desenvolver o projeto, conforme demonstrado na literatura (PERSSON, 2006; ARNHEITER & HARREN, 2005; FRIGANT & LUNG, 2002, SANCHEZ & COLLINS, 2001). Esses recursos estão relacionados aos custos fixos gerados para ampliar a estrutura necessária, para manter uma maior equipe de projeto trabalhando dentro da fábrica, como ampliação do prédio da empresa. Entretanto, os custos de desenvolvimento do projeto, pelo fornecedor, são repassados para a montadora no preço dos módulos, o que pode indicar que não é uma grande redução de custos;
- c) O aumento da parceria entre a montadora e o fornecedor pela participação dos fornecedores no desenvolvimento de novos produtos com a montadora, nos projetos em conjunto, como indicado por Silva & Rozenfeld (2007);
- d) A possibilidade de que alguns módulos sejam desenvolvidos em paralelo o que pode reduzir o tempo de desenvolvimento (conforme VELOSO & FIXSON, 2001), apesar de que essa redução não foi quantificada na coleta de dados;
- e) A redução do número de operários da linha de montagem e fabricação da montadora, por terceirizar a fabricação e a montagem da maioria dos módulos para os fornecedores o que é bastante citado na literatura (ARNHEITER & HARREN, 2005; DORAN, 2002; PIRES, 2002; COLLINS et al., 1997);
- f) A possibilidade de que a engenharia da montadora focasse nos aspectos de desempenho e conforto do produto ao invés de detalhes do projeto e dos seus processos de fabricação que ficaram na sua grande maioria sob a responsabilidade dos fornecedores de primeiro nível. Segundo a literatura (COLLINS et al., 1997; MARX et al., 1997), a montadora também poderia estar focada mais em outros aspectos tais como: serviços pós venda e "varejo e distribuição", mas estes aspectos não foram citados.

Deste modo, verifica-se que a aplicação da modularidade pela montadora estudada com a transferência de atividades para seus fornecedores geraram benefícios organizacionais, associados à redução de alguns custos fixos, os quais são transferidos para os fornecedores, embora os valores não tenham sido quantificados.

4.6 Resultados – dificuldades associadas à adoção da modularidade

Sobre as dificuldades do uso da modularidade foram indicadas:

- a) O aumento da dependência com relação aos fornecedores o que dificulta a troca dos principais fornecedores dos módulos, fato presente na literatura (FRIGANT & LUNG, 2002; COLLINS et al., 1997);
- b) O aumento do trabalho administrativo na linha de produção, pois aumenta o número de itens a serem administrados na linha de montagem da montadora com necessidade de maior controle de inventário; pois têm que estar documentados todos os módulos, seus componentes, variações e para que veículo cada um se destina. Ou seja, gera um aumento da complexidade com o aumento do número de pacotes e de opcionais, como destacado por Scarvada et al. (2005);
- c) A existência de uma migração do conhecimento dos detalhes sobre o projeto do módulo, sobre o processo de fabricação e parte da estrutura do produto. Isto pode gerar dispersão das atividades e de recursos (FREDRIKSSON, 2006a) e aumento da interdependência entre as empresas (COLLINS et al., 1997);

- d) A criação de uma linha de montagem final modular, que demanda a necessidade de se fazer alterações na linha de produção, ou seja, cria uma necessidade de investimento na linha de produção. Na literatura verifica-se que também os fornecedores têm que necessidade de investirem para estarem capacitados para fornecerem os módulos (ARNHEITER & HARREN, 2005; DORAN, 2002), não sendo assim uma dificuldade apenas da montadora;
- e) A inclusão dos custos dos projetos desenvolvidos pelos fornecedores, que são alocados nos custos dos módulos, ou seja, são pagos pela montadora.

Deste modo, no caso da empresa estudada, verifica-se que a modularidade aumenta a dependência entre as empresas, que a redução dos custos vai depender se o desenvolvimento do produto, fabricação e montagem for ou não mais barato de ser realizado no fornecedor do que na montadora. Conclui-se que a aplicação da modularidade não é uma tarefa simples e que exige inclusive investimento para modificar ou criar uma nova linha de montagem do veículo.

4.7 Resultados – organização dos fornecedores em um condomínio modular

O entrevistado também forneceu dados sobre o condomínio modular onde os produtos do projeto plataforma desenvolvidos são fabricados.

Após a construção da planta industrial, a empresa convidou seus principais fornecedores para instalarem-se em área próxima à montadora. Para isto, a montadora forneceria o terreno em volta da sua planta o qual continuaria sendo de sua propriedade, mas dando ao fornecedor autorização para ele construir o prédio que seria de propriedade do fornecedor. Em alguns casos, existiu até um apoio financeiro para o fornecedor instalar-se dentro no condomínio. Entretanto, nenhuma empresa foi obrigada a fazer tal mudança, ou seja, instalar-se nas proximidades, sendo que ainda hoje existem fornecedores desta planta, que continuam fora do condomínio. Apesar desse argumento, verificou-se durante a entrevista que, no caso de alguns pequenos fornecedores (sub-fornecedores) de componentes para os módulos houve uma troca por fornecedores locais devido a facilitar os aspectos logísticos.

Segundo Larsson (2002) e Frigant & Lung (2002), a necessidade de entregar os módulos em seqüência e de forma sincronizada na planta da montadora é um dos principais motivos que tem incentivado os fornecedores de módulos a se instalarem próximos das plantas das montadoras, que eles atendem. Entretanto, para Salerno et al. (2008), o controle sobre o condomínio modular é todo da montadora, inclusive como será a divisão de investimento no condomínio e dos projetos em conjunto. Larsson (2002) identificou outras plantas de montadoras que apresentam algumas características similares com o condomínio modular estudado no Brasil, chamada pelo autor de parque de fornecedores, entre elas estão uma planta da Ford, uma planta da Audi na Alemanha e uma planta da SEAT na Espanha e uma planta da Volvo na Suécia. A principal característica desses parques de fornecedores é estarem próximos da montadora que eles atendem. Isto indica uma tendência estratégica não limitada à indústria automobilística no Brasil, já relativamente bem explorada na literatura. No condomínio modular os fornecedores tem suas plantas vizinhas às da montadora e realizam a sub-montagem de módulos e sub-sistemas, enquanto que a montadora realiza a montagem final do produto. Neste caso, existe uma coordenação logística para garantir uma integração que seja econômica. Isto está de acordo com o presente estudo, pois a maioria dos fornecedores instalados no condomínio apenas montam os módulos e entregam na linha de montagem da montadora, que realiza a montagem final do veículo. Além disso, a maior parte dos estoques foi transferida da montadora para o fornecedor, ficando a montadora apenas com

um estoque mínimo na planta.

Assim, verificou-se que o condomínio modular é uma maneira de criar uma forte parceria com vantagens logísticas, mas que ao mesmo tempo aumenta ainda mais a interdependência entre as empresas, visto as dificuldades que podem gerar a troca de um dos fornecedores.

5. Conclusões

O presente trabalho identificou convergência dos resultados da empresa estudada com a literatura a montadora investigada apresentou resultados conforme descrito no referencial teórico, pois, na definição dos módulos, são considerados aspectos de função do produto e requisitos de montagem. No entanto, percebe-se que na literatura ainda não existe uma definição clara da divisão dos módulos entre as montadoras, ou seja, os módulos variam de acordo com a lógica de divisão e agrupamento utilizado por cada montadora. Em relação aos projetos de desenvolvimento de módulos, este é realizado de três modos na empresa analisada: somente pela montadora; em conjunto com os fornecedores; e somente pelo fornecedor. De qualquer maneira, o módulo sendo desenvolvido em conjunto ou não com a montadora, são os fornecedores que fabricam, montam, e entregam no final da linha de montagem da montadora.

Foram destacados alguns benefícios da utilização da modularidade, tais como: diminuição do número de testes; redução dos recursos para desenvolver projetos; aumento da parceria entre montadora e fornecedor; redução da quantidade de operários na linha de montagem e fabricação; e ainda permite um melhor foco dos engenheiros em aspectos de desempenho e conforto do produto. Em contra partida, aos benefícios, enfatiza-se também algumas dificuldades, tais como: um aumento da dependência em relação aos fornecedores; aumento do trabalho administrativo na linha de produção; migração de conhecimentos dos projetos do módulo para o fornecedor; necessidade de investimentos para criar uma linha de montagem modular; e os custos do desenvolvimento de projetos pelo fornecedor são repassados à montadora no preço dos módulos.

Finalizando, conclui-se que o condomínio modular cria uma parceria com vantagens logísticas, mas que ao mesmo tempo aumenta a dependência em relação aos fornecedores, gerando um trade-off que precisa ser melhor explorado. A partir deste estudo de caso e da análise da literatura sobre modularidade, percebe-se que algumas implicações teóricas e empíricas ainda não estão bem definidas, embora este não seja um tema de pesquisa totalmente novo. Desta forma, algumas possibilidades para trabalhos futuros são identificadas, tais como uma análise mais aprofundada das variáveis estudadas na perspectiva do projeto modular, ou seja, a partir do desenvolvimento de um novo produto com arquitetura modular.

6. Agradecimentos

Os autores agradecem o apoio recebido pela FAPESP (bolsa de pós-doutorado, processo: 2008/02695-8 e projeto de pesquisa processo 2007/02877-6), e ao CNPq (bolsa de produtividade em pesquisa, processo: 304588/2007-5), a CAPES (bolsa de mestrado), e ao engenheiro da empresa pela entrevista concedida.

Referências

AL-MASHARI, M. et al. *Key enablers for the effective implementation of QFD: a critical analysis*. Industrial Management & Data Systems Vol. 105, n. 9, p. 1245-1260, 2005.

ANFAVEA *Carta da ANFAVEA: Resultados de fevereiro e do primeiro bimestre de 2009*. n. 274, Março, 2009. Disponível em: < <http://www.anfavea.com.br/cartas/carta274.pdf>>. Acesso em 04 abr. 2009.

- ARNHEITER, E.D. & HARREN, H.** *A typology to unleash the potential of modularity.* Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 16, n. 7, p. 699-711, 2005.
- ASAN, U. et al.** *An integrated method for designing modular products.* Journal of Manufacturing Technology management, Vol. 15, n. 1, p. 29-49, 2004.
- BALDWIN, C.Y. & CLARK K.B.** *Design Rules.* Massachusetts: MIT Press , 2000.
- BALDWIN, C.Y. & CLARK K.B.** *Managing in the Age of Modularity* Harvard Business Review, September – October, 1997.
- BI, Z.M. & ZHANG, W.J.** *Modularity technology in manufacturing: taxonomy and issues.* The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, Vol. 18, n. 5, p. 381-390, 2001.
- CAMUFFO, A.** *Rolling out a World Car: Globalization, Outsourcing and Modularity in the Auto Industry,* IMVP Working Paper, 2000. Disponível em:
<<http://www.imvpnget.org/publications.asp?txtKeywords=camuffo&SelMatchType=AND>>. Acesso em 20 abr. 2009.
- 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, Vol. 6, n. 3, p. 315-330, 2006.
- CHEN, C.H; et al.** *Tracking a moving object with real-time obstacle avoidance.* Industrial Robot: An International Journal Vol. 33, n. 6, p. 460-468, 2006.
- CHEN, K.M. & LIU, R.J.** *Interface strategies in modular product innovation.* Technovation, Vol. 25, n. 7, p. 771-782, 2005.
- COLLINS, R. et al.** *Outsourcing in the automotive industry: from JIT to Modular Consortia.* European Management Journal Vol. 15, n. 5, p. 498-508, 1997.
- CONNOLLY, C.** *Robots at the heart of Schubert packaging machinery lead to great flexibility.* Industrial Robot: An International Journal, Vol. 34, n. 4, p. 277-280, 2007.
- DAHMUS, J.B. et al.** *Modular product architecture.* Design Studies, Vol. 22, n. 5, p. 409-424, 2001.
- 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, Vol. 7, n. 2/3, p. 200-215, 2007.
- DORAN, D. et al.** *Supply chain modularisation: Cases from the French automobile industry.* International Journal Of Production Economics, Vol. 106, n. 1, p. 2-11, 2007.
- DORAN, D.** *Supply Chain Implications of Modularization.* International Journal of Operations and Production Management. Vol. 23, n. 3, p. 316-326, 2003.
- DORAN, D.** *Manufacturing for synchronous supply: a case study of Ikeda Hoover Ltd.* Integrated Manufacturing Systems, Vol. 13, n. 1, p. 18-24, 2002.
- EKDAHL, F. & GUSTAFSSON, A.** *QFD: the Swedish experience.* In: The Ninth Symposium on Quality Function Deployment, 9, 1997, Novi, Anais... Novi: Michigan, 1997, p.15-27.
- FRAGOSO, H. R.** *O ciclo de desenvolvimento do produto da Volkswagen caminhões e ônibus.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO DE DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS, 1, 1999, Belo Horizonte. Anais... Belo Horizonte, 1999, p. 25-28.
- FIXSON, S.** *Product architecture assessment: A tool to link product, process, and supply chain design decisions.* Journal of Operations Management, Vol. 23, n 3-4, p. 345-369, 2005.
- FREDRIKSSON, P.** *Operations and logistics issues in modular assembly processes: cases from the automotive sector.* Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 17, n. 2, p. 168-186, 2006a.
- FREDRIKSSON, P.** *Mechanisms and rationales for the coordination of a modular assembly system: The case of Volvo Cars.* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 26, n. 4, p. 350-370, 2006b.
- FREDRIKSSON, P.** *Cooperation and conflict in modular production and supplier parks: the case of Volvo Cars' modular assembly system.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 6, n. 3, p. 298-314, 2006c.

- FRIGANT, V. & LUNG, Y.** *Geographical proximity and supplying relationships in modular production.* International Journal of Urban and Regional Research, Vol. 26, n. 4, p. 742-755, 2002.
- GADDE, L.E. & JELLBO O.** *System sourcing - opportunities and problems.* European Journal of Purchasing & Supply Management, Vol. 8, n. 1, p. 43-51, 2002.
- KRISHNAN, V. & ULRICH, K.T.** *Product development decisions: A review of the literature.* Management Science, Vol. 47, n. 1, p. 1-21, 2001.
- LARSSON, A.** *The development and regional significance of the automotive industry: supplier parks in western Europe.* International Journal of Urban and Regional Research, Vol. 26, n. 4, p. 767-784, 2002.
- LAU, A.K.W. & YAM, R.C.M.** *A case study of product modularization on supply chain design and coordination in Hong Kong and China.* Journal of Manufacturing Technology Management, Vol. 16, n. 4, p. 432-446, 2005.
- LEE, W.B. et al.** *A fuzzy analytic hierarchy process approach in modular product design.* Expert Systems, Vol. 18, n. 1, p. 32-42, 2001.
- MARX, R. et al.** *The modular consortium in a new VW truck plant in Brazil: new forms of assembler and supplier relationship.* Integrated Manufacturing Systems, Vol. 8, n. 5, p. 292-298, 1997.
- MEYER, M.H. & LEHNERD, A.P.** *The Power of Product Platforms, The Power of Product Platforms.* New York: The Free Press, 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.
- MUFFATTO, M.** *Introducing a platform strategy in product development.* International Journal of Production Economics, Vol. 60-61, Abril, p. 145-153, 1999.
- ORSATO, R.J. & WELLS, P.** *U-turn: the rise and demise of the automobile industry.* Journal of Cleaner Production, Vol. 15, n. 11-12, p. 994-1006, 2007.
- PANDREMENOS, J. et al.** *Modularity concepts for the automotive industry: A critical review.* CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology, Vol. 1, n. 3, p. 148-152, 2009.
- PERSSON, M.** *Effects of changing a module's interface: a case study in an automotive company.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 6, n. 3, p. 331-345, 2006.
- PINE, II, B. J.** *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition.* Boston: Harvard Business School Press, 1992.
- PIRES, S. R. I.** *New productive systems in the automotive industry: the current situation of three innovative plants in Brasil.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 2, n. 1, p. 46-62, 2002.
- RACHID, A. et al.** *Organização do trabalho na cadeia de suprimento: os casos de uma planta modular e uma tradicional na indústria automobilística.* Produção, Vol. 16, n. 2, p. 189-202, 2006.
- ROZENFELD, H. et al.** *Gestão de Desenvolvimento de Produto: uma referência para a melhoria do processo.* São Paulo: Saraiva, 2006.
- SALERNO, M. S.** *The characteristics and the role of modularity in the autotove business.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 1, n. 1, p. 92-107, 2001.
- SALERNO, M. S. et al** *The importance of locally commanded design for the consolidation of local supply chain: the concept of design headquarters.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 16, n. 4, p. 361-376, 2009.
- SALERNO, M. S. et al** *Modularity ten years after: an evaluation of the Brazilian experience.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 8, n. 4, p. 373-381, 2008.
- SAKO, M. & MURRAY, F.** *Modules in Design, Production and Use: implications for the global automotive industry.* In: International Vehicle Program, 1999, Cambridge Massachusetts, October, 1999.
- SANCHEZ, R. & COLLINS, R.P.** *Competing - and Learning - in Modular Markets.* Long Range Planning, Vol. 34, n. 6, p. 645-667, 2001.

SANCHEZ, R. & MAHONEY, J. T. *Modularity, flexibility, and Knowledge Management in product and organization design.* Strategic Management Journal, Vol.17, p.63-76, 1996.

SCAVARDA, L.F. et al. Comparação entre as tendências e estratégias da indústria automotiva no Brasil e na Europa. Gestão & Produção, Vol. 12, n. 3, p. 361-375, 2005.

SHIBATA, T. et al. *Empirical analysis of evolution of product architecture Fanuc numerical controllers from 1962 to 1997.* Research Policy, Vol. 34, n. 1, p. 13-31, 2008.

SILVA, S.L. DA & ROZENFELD, H. *Model for mapping Knowledge Management in product development: a case study at a truck and bus manufacturer.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 7, n. 2/3, p. 216-234, 2007.

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, Vol. 67, n. 2-3, p. 239-257, 2001.

WHEELWRIGHT, S.C. & CLARK, K.B. *Revolutionizing Product Development.* Quantum Leaps in Speed, Efficiency and Quality. New York: The Free Press, 1992.

YIGIT, A. et al. *Optimizing modular product design for reconfigurable manufacturing.* Journal of Intelligent Manufacturing, Vol. 13, n. 4, p. 309-316, 2002.

YIN, R.G. *Case study research – design and methods.* London, Stage, 2001.