

# ESTUDO DE CASO SOBRE A APLICAÇÃO DA MODULARIDADE EM EMPRESAS FABRICANTES DE MOTORES AUTOMOTIVOS

**José Antonio Carnevalli (PRO-EPUSP)**

jcarnevalli@hotmail.com

**Paulo Augusto Cauchick Miguel (PRO-EPUSP)**

cauchick@deps.ufsc.br

**Mario Sergio Salerno (PRO-EPUSP)**

msalerno@usp.br



*Com o aumento das exigências, concorrência e dinamismo do mercado automotivo tem crescido o uso de estratégias como a modularidade neste setor. Conforme o tipo de aplicação, tal estratégia tem permitido aumentar a flexibilidade da produção com redução de custos e de tempo de desenvolvimento e de fabricação dos veículos. Entretanto, tal método não é simples de ser aplicado afetando fortemente os fornecedores que, em muitos casos, tem que se adequar para implantar esta estratégia. Neste contexto, este trabalho apresenta três estudos de caso realizados em fornecedores de primeiro nível da cadeia de suprimentos do setor automotivo. Com os resultados do estudo de casos verificou-se que a aplicação da modularidade não é simples e necessita de investimento dos fornecedores. Tal estratégia aumenta a dependência entre as empresas com seus clientes o que por um lado favorece uma maior exclusividade nas vendas dos seus produtos, mas por outro lado uma maior vulnerabilidade devido a variações de demanda destes clientes.*

*Palavras-chaves: Estudo de caso; modularidade; setor automotivo*

## 1. Introdução

Nas últimas duas décadas tem se verificado como uma conseqüência da globalização e abertura dos mercados um forte aumento da concorrência. Além disso, as empresas tem que lidar com um mercado consumidor mais exigente e dinâmico que em alguns casos apresenta uma maior variação de demanda nas vendas e de novos requisitos dos consumidores.

Uma estratégia que pode auxiliar as empresas do setor automotivo a melhor lidar com este mercado mais dinâmico é a estratégia modular. Neste caso, o produto é dividido em sub-sistemas, caracterizado como um módulo, sendo que cada um realiza uma função específica do produto final (DAHMUS et al., 2001). E estes módulos tem interfaces e estruturas padronizadas (ARNHEITER e HARRERN; 2006; LANGLOIS, 2002) que permitem a sua instalação em diferentes produtos da mesma empresa (DAHMUS et al., 2001). A aplicação desta estratégia pode também está ligada com a transferência de atividades para o fornecedor da montadora como por exemplo fazendo com que estes fiquem responsáveis pela montagem (ORSATO e WELLS, 2007); fabricação (MORRIS e DONNELLY, 2006); projeto (DORAN et al., 2007) e, em alguns casos, até pela linha de montagem final da montadora (SALERNO, 2001). Com isso, as montadoras conseguem reduzir os custos fixos de produção, montagem e desenvolvimento de novos produtos. Além disso, aumentar a sua flexibilidade (CONNOLLY, 2007); variedade de produtos (ACACCIA et al., 2008) em função da padronização das interfaces dos módulos e da possibilidade de troca por outros módulos.

Entretanto, o uso desta estratégia também tem limitações e gera dificuldade na sua utilização tais como: conflitos entre requisitos da montadora com os do fornecedor (MORRIS e DONNELLY, 2006); existência de limites no nível de transferência de atividades e de responsabilidades da montadora para o fornecedor, pois pode prejudicar a saúde financeira do fornecedor; necessidade do fornecedor estar capacitado para fornecer os módulos (ARNHEITER e HARRERN, 2005) e limitar o projeto a competência atual do fornecedor (SANCHEZ e COLLINS, 2001) dentre outras, limitações e dificuldades.

Neste contexto, torna-se importante investigar como o uso desta estratégia afeta as empresas do setor automotivo. Neste trabalho, são apresentados os resultados de três estudos de caso realizados em fornecedores de motores que utilizam a estratégia modular. A seguir, são apresentados algumas aplicações da modularidade identificado na literatura.

## 2. Fundamentação teórica

A estratégia modular não é nova existindo desde a 2ª guerra mundial, como pode ser visto no caso dos navios mercantes da classe Liberty (ver ELPHICK; 2006). Entretanto, tal aplicação apresentou-se como um novo conceito a partir da sua aplicação na IBM. A aplicação na IBM envolveu a criação de uma estrutura modular, padronização das interfaces dos módulos e, principalmente, a transferência de atividades de projetos dos módulos para o fornecedor (De Mello e Mark, 2007). Entretanto, segundo os mesmos autores, esta aplicação causou a perda da sua capacidade de inovação, ou seja do seu monopólio no setor de microcomputadores. A estratégia modular pode ser de quatro diferentes tipos: de projeto, divisão do produto em módulos com interfaces padronizadas, (ARNHEITER e HARRERN, 2006; LANGLOIS, 2002; e DAHMUS et al., 2001); de produção, produto formado por módulos para simplificar a produção, (SAKO e MURRAY, 1999); de uso, para customização do produto por alteração de módulos, (BALDWIN e CLARK, 2000; SAKO e MURRAY, 1999); organizacional, alterações de procedimento internos e nas relações externas das empresas para aplicar a

modularidade, (CAMUFFO, 2000).

Apesar do que ocorreu na IBM, a literatura tem destacado vários benefícios na adoção da estratégia modular tais como: aumenta a flexibilidade da produção (LAU et al., 2007); possibilita a customização em massa (DANESE e ROMANO, 2004); reduz o tempo de desenvolvimento do produto (BROOKFIELD et al., 2008) e gera redução de custos (ZHANG et al., 2002), entre outros. Por esta razão, o setor automobilístico tem se interessado em adotar esta estratégia, buscando seus benefícios. No Brasil tal estratégia tem sido aplicada neste setor desde a segunda metade da década de 90 (SALERNO et al., 2009). Dois exemplos de plantas que utilizam a estratégia modular são o consórcio modular e condomínio industrial. No condomínio modular os fornecedores tem suas plantas em torno da montadora e realizam a sub-montagem de módulos e sub-sistemas e entregam na linha de montagem da montadora, a qual realiza a montagem final do produto, sem a participação dos fornecedores. No consórcio modular, os fornecedores trabalham dentro da fábrica da montadora e são responsáveis em preparar e montar os módulos dentro do veículo (FRIGANT e LUNG, 2002; PIRES, 2002). Na Tabela 1 são apresentados trabalhos da literatura sobre a modularidade no setor automotivo. Verifica-se que a aplicação da modularidade afeta fortemente as relações entre as montadoras com seus fornecedores, aumentando a independência entre as empresas devido a terceirização de atividades importantes da montadora para o fornecedor.

Referências	Síntese do Trabalho
Zilbovicius et al. (2002)	O foco da pesquisa são as alterações ocorridas na cadeia automotiva na última década. A pesquisa foi realizada por questionários e algumas entrevistas. No total a pesquisa foi respondida por 224 empresas. Verificou-se que 5% dos fornecedores estão dentro da área da montadora (condomínio ou consórcio modular). Nesse caso dos fornecedores de 1º nível (fornecedores de módulos ou peças), 34% tem contrato de mais de um ano e destes 1/3 tem exclusividade de fornecimento. Dos fornecedores de módulos, 76% tem atividades de projeto (atividades de co-projeto). A estratégia do condomínio industrial tem contribuído na redução do tempo de entrega.
Mondragon et al. (2006)	Os autores apresentam uma extensa revisão bibliográfica sobre modularidade e arquitetura aberta em relação a inovação. Os autores também realizam dois estudos de casos para ilustrar os conceitos apresentados na revisão de literatura. Segundo os autores, a união de uma arquitetura de produto semi-aberta com a modularidade permite a customização em massa. No caso do módulo de motor e de transmissão, os fornecedores teriam força na relação com as montadoras para criarem módulos padronizadas para veículos diferentes.
Morris e Donnelly (2006)	Os autores realizam uma revisão de literatura, sobre a modularidade no setor automotivo, para indicar as possíveis limitações no uso dessa estratégia. As limitações identificadas estão na definição dos valores dos módulos, pois além dos custos dos módulos, pode existir o valor de estima. Os clientes de veículos de luxo apresentam uma resistência ao uso de módulos presentes em veículos mais baratos. Existem conflitos entre os requisitos das montadoras e dos fornecedores, além da divisão de responsabilidades e riscos entre montadora para os seus fornecedores tem limites, pois pode prejudicar os fornecedores financeiramente.
Salerno et al. (2008)	O objetivo deste artigo é investigar os 10 anos da aplicação da modularidade no Brasil através de análise de dados de estudo de casos e base de dados existente. Os autores mostram os benefícios e limitações da modularidade na cadeia de suprimentos. O artigo apresenta um histórico da criação da fábrica de caminhões da VW no consórcio modular. Após a VW, a GM e a Ford tem introduzido novas plantas no Brasil com uso da modularidade. Conforme os autores, a modularidade tem alterado as relações entre a montadora e seus

---

fornecedores, pois ela também envolve a divisão de riscos e responsabilidades e investimentos entre os dois.

---

Tabela 1 – Exemplo de aplicação da modularidade

A seguir são apresentados os métodos adotados neste trabalho.

### 3. Métodos de pesquisa adotados

Neste tópico são apresentados os métodos de pesquisa bem como os instrumentos utilizados para a coleta e análise dos dados relativo aos três estudos de caso.

O estudo de casos múltiplos foi realizado em 3 empresas fornecedoras de motores que utilizam a estratégia modular. Para a coleta dos dados foram utilizados um formulário e um roteiro de entrevistas com as questões deste formulário, para facilitar nas entrevistas. Estes formulários tem características de um instrumento semi-estruturado se comparado com os formulários estruturados ou não-estruturado da classificação de Marconi e Lakatos (2007), formados principalmente por questões abertas, para coletar uma quantidade maior de informações. A maioria destas questões foram rastreadas na literatura sobre a modularidade, para facilitar a comparação dos resultados. Durante a elaboração dos formulários do estudo de casos também foram consideradas as informações disponíveis nos sites das empresas e o tempo disponível para a entrevista. Além disso, uma destas empresas já havia participado de uma pesquisa tipo *survey* também realizada por dois dos autores. Neste caso, o formulário foi focado no aprofundamento dos dados em relação as respostas. Sobre a definição das fontes de coleta de dados a serem utilizadas, Yin (2001) indica seis tipos: documentação (por exemplo minuta de reunião); registro em arquivo (por exemplo censo demográfico), entrevistas, observação direta (realizada durante a visita no campo de análise); observação participante (quando o pesquisador participa do evento estudado como parte dele) e artefatos físicos (por exemplo, máquinas, quadros, etc.). Para este estudo de múltiplos casos, as fontes que foram usadas são a entrevista, a observação direta, quando foi autorizado foi feita uma visita na linha de produção (em dois dos três estudos), o uso do questionário respondido na *survey* pela empresa (visando verificar convergência dos dados, este não é apresentado neste trabalho), a análise dos dados das transcrições das visitas gravadas (duas entrevistas puderam ser gravadas) e análise de dados disponíveis no site da empresa. Essa última fonte foi usada somente para o desenvolvimento do formulário e a preparação dos entrevistadores antes da entrevista.

Para a análise dos dados estes foram codificados seguindo o seguinte procedimento:

- a) Verificar o objetivo que gerou a criação de cada questão;
- b) Análise das questões dos formulários rastreados, completando estes dados com a revisão de literatura;
- c) Aplicar os procedimentos de Selltriz (1965) *apud* a Marconi e Lakatos (2007) sobre definição das classes, que serão codificadas.

### 4. Resultados dos estudos de caso

Neste tópico são apresentados inicialmente os resultados de cada estudo de caso em separado para, posteriormente, fazer uma análise comparativa destas três empresas verificando quais são os aspectos comuns desta aplicação.

#### 4.1. Resultados do estudo de caso 1

O estudo de caso 1 é o resultado de duas visitas realizadas na mesma empresa, em anos diferentes, sendo então possível cruzar as informações destas duas coletas de dados, que serão

considerados como sendo apenas um estudo de caso único. Posteriormente a esta coleta de dados, também foram completados com os dados do questionário da *survey* que, neste caso, a empresa também participou.

A empresa investigada aplica mais de um tipo de modularidade as quais na fase do projeto do produto seria a aplicação da modularidade de projeto e de uso conforme a definição de Baldwin e Clark (2000) e Sako e Murray (1999). Além dessa, a empresa também aplica a modularidade de produção, conforme definido por Sako e Murray (1999), mas esta é uma aplicação restrita a uma *joint venture* que a empresa criou com o seu concorrente, dentro da planta de um dos seus clientes, para atender o consórcio modular utilizado por este cliente.

Nesta aplicação da modularidade, a empresa teve que realizar alterações para possibilitar a aplicação da estratégia modular, dentre elas, ter que se capacitar para montar o motor e instalá-lo no veículo da montadora, dentro da planta da montadora. Na literatura destaca-se a necessidade de investimento para os fornecedores aplicarem a estratégia modular (ARNHEITER e HARREN, 2005; DORON, 2002; PIRES, 1998; COLLINS et al., 1997), o que de fato ocorreu, pois tais mudanças de responsabilidades gerou uma grande dificuldade para a empresa. Visando garantir sua participação e a viabilidade no consórcio modular, a empresa teve que se unir com o seu concorrente criando uma *joint venture*, responsável pela montagem final do motor e sua instalação em caminhões e ônibus da montadora em questão. Além disso, os custos pela instalação dos equipamentos de montagem de motores na linha da montadora, ficaram de responsabilidade das duas empresas que formam a *joint venture*. Deste modo, a implantação da modularidade foi uma tarefa complexa de ser executada, alterando as relações não somente entre a empresa com seu cliente mas também com um dos seus concorrentes.

Sobre quais são os módulos que este fornecedor fabrica com a estratégia modular estão relacionados com o motor e a transmissão o que está conforme a literatura, no caso deste módulo (Pires, 1998).

A empresa em questão utiliza mais de uma estratégia para realizar a modularização do produto, o que pode indicar, mesmo sendo apenas um módulo, que não é simples a sua definição. Neste caso, a empresa utiliza a estratégia do produto (considera a estrutura e função do produto) e de mercado na fase de projeto. Estes tipos de estratégias são também verificadas em estudos teóricos sobre a modularidade (ASAN et al., 2004; KIM e CHHAJED, 2000).

No caso desta empresa, o projeto do motor é dividido em duas fases: motor básico e motor de aplicação. De maneira geral, o fornecedor busca padronizar as interfaces na fase do projeto do motor básico, que é a parte do motor que é padrão para atender um segmento do mercado. Na fase de motor de aplicação é realizada a customização do produto para um cliente específico. Entretanto, o módulo do motor não está ainda totalmente definido, pois na linha de montagem o módulo pode agregar novos componentes do veículo conforme as negociações de interfaces realizadas entre os fornecedores de diferentes módulos. Deste modo, não é uma aplicação rigorosa da estratégia.

Sobre as relações entre montadora e fornecedor, verifica-se que no caso do módulo de motor o projeto é de responsabilidade dos dois fornecedores. A transferência de atividades de projeto de módulos também ocorre em outras aplicações da estratégia (ver DE MELLO e MARK, 2007; FREDRIKSSON, 2006c). Nesta empresa, isto não se deve a aplicação da modularidade e sim está relacionado a falta de *know how* e alto custos de se fazer e produzir estes módulos, o que neste caso inviabilizaria esta atividade para a montadora. A literatura aponta que no consórcio modular, os fornecedores são responsáveis em montar os módulos no



veículo (FRIGANT e LUNG, 2002; PIRES, 2002), o que é confirmado no presente estudo de caso, visto que a empresa desenvolveu unidades dentro da planta da montadora, já que a linha de montagem do veículo foi terceirizada para os fornecedores da montadora devido a aplicação do consórcio modular.

Sobre as relações entre o fornecedor estudado (1º nível), com seus fornecedores de 2º nível, verifica-se que ocorreu a transferência de atividades de parte do projeto dos componentes dos módulos para seus fornecedores, o que é recomendado na literatura, como as transferências de atividades secundárias (DORAN et al. 2007; DORAN, 2005, 2004, 2003). Entretanto devido a característica do produto da empresa não se pode afirmar que este fato se deve pelo uso da modularidade. Estes fornecedores de 2º nível podem receber *know how* e, em alguns casos, apoio financeiro do fornecedor de 1º nível, sendo que este apoio financeiro também foi identificado na literatura estudada (DORAN et al., 2005).

Sobre os benefícios da aplicação da modularidade, esta gera novas competências para o fornecedor, devido a sua participação no processo de montagem final e instalação dos módulos nos veículos, o que está de acordo com a literatura (PIRES, 1998; COLLINS et al., 1997).

Em relação às dificuldades, a empresa continua enfrentando dificuldades pelo aumento da sua responsabilidade em aspectos de qualidade e problemas na linha de montagem, o que está conforme a literatura (SALERNO et al., 2008; SALERNO, 2001), visto que ela é responsável por parte da linha de montagem do veículo.

Deste modo, neste estudo de caso, verifica-se que os resultados estão de acordo com a literatura analisada. Além disso, verifica-se que a modularidade não é fácil de ser aplicada, sendo uma estratégia complexa conforme o produto e que necessita de investimento do fornecedor para sua aplicação.

#### **4.2. Resultados do estudo de caso 2**

O estudo de caso 2 foi realizado numa indústria de motores para veículos de passeio e para caminhões, pertencente a um importante grupo fabricante de automóveis instalado no Brasil. Sua seleção para este estudo de caso foi realizada por se tratar de um importante fornecedor de 1º nível, que não estava inserido no consórcio modular, criando então uma oportunidade importante de comparação com as empresas do estudo de casos 1 e 3, que estão vinculadas ao consórcio modular.

No caso desta empresa, esta utiliza a modularidade de projeto e de produção. Sobre os motivos que levaram este fornecedor a aplicar a estratégia modular estão a busca de maior produtividade da produção, corroborado pela literatura de modularidade (De MELLO e MARK, 2007; ARNHEITER e HARREN, 2005; PIRES, 2002) e aumento da flexibilidade da produção, sendo este um dos benefícios mais citados na literatura (CONNOLLY, 2007; LAU et al., 2007; FREDRIKSSON, 2006b; HELALA e VOHO, 2001; SANCHEZ e COLLINS, 2001; MUFFATTO e ROVEDA, 2000; PÉREZ e SÁNCHEZ, 2000; GRIGG e AUDSLEY, 1998; HOEK e WEKEN, 1998).

O módulo desenvolvido pela empresa é formado pelo motor e transmissão, que a empresa fabrica e entrega montado para o seu cliente que aplica a modularidade. Este módulo é equivalente ao identificado por Pires (1998) no seu estudo.

Assim como no estudo de caso 1 apresentado anteriormente, a empresa estudada aplica mais de uma estratégia para realizar a modularidade (de produto, de ciclo de vida e de mercado) o que novamente indica que não é uma abordagem simples de ser utilizada.

Sobre a definição das interfaces verifica-se que a empresa utiliza normas estabelecidas por ela, tendo então um procedimento formalizado nesta definição. Além disso, verifica-se que estas interfaces podem afetar a definição do componente dos módulos o que está de acordo a pesquisa teórica de Chen e Liu (2005). Também neste caso, a empresa busca padronizar estas interfaces sendo esta uma prática muito citada na literatura (ACACCIA et al., 2008; MACHADO e MORAES, 2008; ARNHEITER e HARREN, 2006; MORRIS e DONNELLY, 2006; GADDE e JELLBO, 2002; MUFFATTO e ROVEDA, 2000; MOORE, 1999).

Sobre as alterações na cadeia de suprimentos, devido ao uso da modularidade estão relacionadas com a transferência de atividades da montadora para o fornecedor. Isto porque embora a empresa pertença ao mesmo grupo da montadora, ela é tratada como uma empresa autônoma, inclusive podendo vender seus produtos para clientes fora do grupo a que a empresa pertence. A independência entre o fornecedor de motor em relação a montadora do grupo fica mais claro quando verifica-se que o desenvolvimento do módulo é realizado em um projeto tipo caixa preta, inclusive ocorrendo negociação de preço entre as empresas. A participação da montadora no projeto é limitada a definição dos requisitos dos clientes, com exceção das especificações do produto que são realizadas em conjunto com as duas empresas. A entrega do módulo é realizada *just in time* na linha de produção da montadora. Doran (2004) tem verificado nos seus estudos similares o uso do *just in time* ou a realização de entregas sincronizadas dos módulos fabricados pelos fornecedores para a montadora. No caso deste estudo o cronograma de produção e de entrega dos módulos é realizado em conjunto com a montadora, reforçando a idéia de parceria entre as duas empresas e que a aplicação do *just in time*, também seja sincronizado.

Apesar de não se poder considerar que as relações entre a empresa com seus fornecedores de segundo nível são causados pelo uso da modularidade, tem se identificado a participação de alguns destes fornecedores nos projetos, mas de maneiras diferentes, como projeto tipo caixa preta, ou co-projeto. Isto de certo modo é similar com o que foi encontrado na pesquisa desenvolvida por De Mello e Marx (2007) na montadora de veículos de passeio da VW. Ainda em relação ao estudo de caso 2 verificou-se que esta empresa tem fornecido apoio de *know-how* ao seu fornecedor quando necessário. Deste modo, estes dados estão também de acordo com a literatura sobre a transferência de atividades secundárias para os fornecedores (DORAN et al., 2007; DORAN, 2003, 2004, 2005).

Sobre os benefícios identificados estão conforme com a literatura, entre eles: desenvolver novas competências (PIRES, 1998; COLHINS et al., 1997); aumentar a agilidade dos fornecedores (SALERNO et al., 2008).

Sobre as dificuldades estão: a necessidade de re-projetar o produto e o processo (HOEK e WEKEN, 1998); ter habilidade de entregar os módulos na linha de produção da montadora (DORAN, 2004); necessidade de transferir as operações não importantes para o fornecedor (DORAN, 2005). Estas dificuldades estão relacionadas com a necessidade de investimento para se tornar capacitado para fabricar os módulos.

Um fato interessante nesta empresa é que ela também desenvolve um motor básico e um motor de aplicação como no estudo de caso 1. Este tipo de abordagem permite que parte do produto seja padronizado para atender um certo segmento, realizando somente após esta padronização a customização individual do produto para atender as especificações de diferentes clientes.

### 4.3. Principais resultados do estudo de caso 3

O estudo de caso 3 foi realizado numa empresa fabricante de motores de caminhões a diesel

que junto com a empresa do estudo de caso 1 formam uma *joint venture*, para atender um dos seus grandes clientes na aplicação do consórcio modular. Esta empresa aplica a modularidade de projeto (BALDWIN e CLARK, 2000; SAKO e MURRAY, 1999); produção (SAKO e MURRAY, 1999), uso (BALDWIN e CLARK, 2000; SAKO e MURRAY, 1999) e organizacional (CAMUFFO, 2000), ou seja era uma empresa que utilizava os quatro principais tipos de modularidade previstos na literatura.

Sobre os motivos que levaram a empresa a aplicar esta estratégia estão não perder fatia de mercado, pois um dos seus clientes adotou o consórcio modular. Então a empresa foi convidada a participar desta nova estrutura organizacional. Este fornecer também buscava ter contratos de longo período com esta montadora, sendo este um benefício muito citado na literatura (ARNHEITER e HARREN, 2005; PIRES, 2002; COLLINS et al., 1997; MARX et al., 1997). Além disso, buscou conseguir uma certa exclusividade de fornecimento, apesar de compartilhar as vendas de motores com um dos seus concorrentes na *joint venture* criada especialmente para atender este cliente.

Como esperado, o módulo desenvolvido por esta empresa é formado principalmente pelo motor e transmissão sendo igual ao seu parceiro na *joint venture*, mas para atender categorias diferentes do veículo do cliente. No caso desta empresa, também são considerados como módulos todos os periféricos que são instalados junto com o motor, tendo então uma noção de modularidade um pouco diferente do seu concorrente.

Conforme ocorreu nos demais casos de fornecedores de motores esta empresa utilizou-se uma combinação de mais de uma estratégia de modularização. Neste caso, as quatro estratégias citadas na literatura: estratégia de produto (ASAN et al., 2004); estratégia de cadeia de suprimentos (SAKO e MURRAY, 1999); estratégia de ciclo de vida (SAND, 1999 *apud* BI e ZHANG, 2001; GU e SOSALE, 1999); estratégia de mercado (ASAN et al., 2004; KIM e CHHAJED, 2000), sendo esta uma indicação da complexidade que pode envolver o uso da modularidade conforme o produto a ser desenvolvido.

Em relação as interfaces dos módulos, a empresa busca a sua padronização, quando possível, prática esta corroborada pela literatura estudada (ACACCIA et al., 2008; MACHADO e MORAES, 2008; ARNHEITER e HARREN, 2006; MORRIS e DONNELLY, 2006). Também verificou-se que a definição da interfaces podem afetar na definição dos componentes que formam os limites do módulo, como indicado por Chen e Liu (2005). Neste caso, o respondente está se referindo aos componentes projetados que formam o motor básico e não especificamente ao módulo em aplicação na sua *joint venture*.

Sobre as alterações que a abordagem modular trouxe nas relações entre a empresa e a montadora pode-se considerar que houve desverticalização de atividade da montadora, para a empresa, devido a criação do consórcio modular (ver ORSATO e WELLS, 2007; SILVA e ROZENFELD, 2007; CAUCHICK MIGUEL e PIRES, 2006; PIRES, 1998; COLLINS et al., 1997; MARX et al., 1997), gerando a necessidade de criar a *joint venture* conforme já apresentado no estudo de caso 1. O fornecedor como seu concorrente, também é responsável em fazer o projeto do módulo (DE MELLO e MARK, 2007; FREDRIKSSON, 2006c); através de projeto caixa preta (DE MELLO e MARX, 2007). Novamente, não se pode afirmar que isso se deve a modularidade e sim a limitações da montadora, razão pela qual o projeto é do tipo caixa preta. Esta empresa também realiza projeto de motor básico e de aplicação. No caso do projeto do motor básico, os requisitos do cliente são definidos pela empresa, diferentemente com o que ocorre com o motor de aplicação que, apesar de também ser um projeto do tipo caixa preta, tem os requisitos e especificações do produto definidos pela



montadora, para que o produto seja customizado conforme estas necessidades.

Com relação com seus fornecedores de 2º nível, a empresa tem realizado co-projeto ou transferido projetos para o fornecedor de alguns dos componentes que formam o motor (projeto caixa preta), sendo que a empresa fornece *know how* e dá apoio financeiro em alguns destes projetos, similar ao outro caso apresentado. Deste modo, verifica-se que ocorre uma transferência de atividades do fornecedor de primeiro nível para o de segundo nível, como recomendado por Doran et al. (2007), em relação das atividades não principais. De certo modo, isto indica também um aumento de parceria entre estas empresas fato este não identificado na literatura, que normalmente foca na parceria entre a montadora e o fornecedor e não entre fornecedores.

Sobre os benefícios da aplicação da modularidade, os que estão relacionados apenas ao fornecedor estudado são: melhoria da produtividade, benefícios geralmente indicados para a montadora (ver De MELLO e MARK, 2007; ARNHEITER e HARREN, 2005; PIRES, 2002); ter uma linha de montagem dos módulos com os estoques reduzidos, pois a *joint venture* trabalha com uma produção conforme a programação da montadora; facilidade de inspeção dos módulos, benefícios também citados por Chen et al. (2006) em outros estudos; e o aumento da parceria com a montadora o que é muito citado na literatura (De MELLO e MARK, 2007; ARNHEITER e HARREN, 2005; TOLETO et al. 2003; COLLINS et al., 1997). Com o consórcio modular, que pode ser caracterizado como um tipo de modularidade de produção, a empresa conseguiu uma certa autonomia de fornecimento junto com a sua parceira na *joint venture*. Outros benefícios são: estabelecer contrato de longo período, o que também está de acordo com a literatura (ARNHEITER e HARREN, 2005; PIRES, 2002); desenvolver novas competências, conforme previsto por Pires (1998) e Collins et al. (1997), como o aumento da flexibilidade e agilidade do fornecedor (SARLENO et al., 2008), e da qualidade (FREDRIKSSON 2006a), facilitar a customização do módulo, benefícios também identificados na literatura (MONDRAGON et al., 2006; HOEK e WEKEN, 1998) e facilitar a manutenção, mas neste caso é devido a facilidade de diagnóstico que o motor eletrônico permite.

Como desvantagens do uso da estratégia estão a necessidade de investimento para a criação da *joint venture* dentro da planta da montadora e a necessidade de definir o método para aplicar a modularidade e para transferir atividades não importantes para o fornecedor. Administrar fornecedores de segundo nível é outra dificuldade citada neste estudo, sendo esta uma nova responsabilidade da empresa identificada por Doran et al. (2007), num estudo similar a este. Ou seja, o uso desta estratégia não foi fácil de ser aplicado também no caso desta empresa.

#### **4.4. Análise comparativa dos resultados de cada empresa estudada**

Após realizar uma análise individual por empresa foi feita uma análise comparativa entre os três fornecedores de motores. O objetivo desta análise é destacar as similaridades entre as empresas.

Pode se verificar que os três fornecedores de motores são empresas que aplicam mais de um tipo de modularidade. Além disso, estas empresas utilizam mais de uma estratégia. Deste modo, a sua aplicação é complexa mesmo para projetos que não envolvem o veículo inteiro.

Sobre os motivos de aplicação, estes estão relacionados em atender as variações de mercado, em relação as novas exigências dos clientes dessas empresas. Um fato interessante é que os módulos das três empresas são muito similares em relação aos componentes que o formam. Este fato era esperado para os casos de duas empresas que formam a *joint venture*, na

montagem e instalação dos módulos. Entretanto, no caso do estudo de caso 2, como a empresa não faz parte de um consórcio ou condomínio industrial, existia uma possibilidade de a empresa ter um módulo com características diferentes o que não ocorreu.

Um fato interessante em relação aos projetos de produto desenvolvidos, para a montadora, pelas três empresas é o desenvolvimento inicial de um motor básico (parte do motor que é padrão para um segmento) e depois realização da sua customização para atender diferentes clientes (motor de aplicação), aparentemente sendo isto uma prática comum deste segmento.

Sobre as alterações nas relações entre as empresas com seus clientes e fornecedores o que se verificou é que estas empresas são responsáveis pelos projetos dos módulos (projeto caixa preta) e sua fabricação para a montadora. No desenvolvimento destes projetos as empresas contam com a participação de alguns dos seus fornecedores, sendo que esta participação varia conforme os componentes a serem desenvolvidos. Entretanto, como estas empresas fabricavam produtos que já tinham características modulares não se pode afirmar que esta desverticalização foi causada pelo uso da estratégia modular. Nos três casos, as empresas fornecem apoio de *know how* aos seus fornecedores, demonstrando assim apoio para as atividades que são transferidas há cadeia de suprimentos.

Os benefícios comuns que a modularidade gerou para as três empresas foram o desenvolvimento de novas competências e o aumento da sua agilidade em atender os clientes, ou seja, poucos benefícios comuns foram identificados.

Sobre as dificuldades, o que é comum para os três casos, são a necessidade de investimento para re-projetar o produto e o processo, além de ter que transferir as operações não centrais para os seus fornecedores. Isso ajuda a demonstrar que a estratégia difícil de ser aplicada.

## 5. Conclusões

Com a análise dos três casos apresentados verificou-se que a aplicação da modularidade em empresas fabricantes de motores não é uma tarefa trivial. Essa aplicação envolver o uso de estratégias diferentes para aplicar a modularidade, além da necessidade de investimento para tornar as empresas capacitadas para poderem atender as novas exigências e atividades que as montadoras transferiram para elas.

De maneira geral, estas empresas buscam padronizar sempre que possível as interfaces dos componentes que formam os módulos, o que pode permitir uma redução de custos e tempo de projeto, apesar disso não ter sido mensurado no presente trabalho. Além disso, a modularidade tem permitido que estas empresas desenvolvam novas competências, seja melhoria dos aspectos logísticos ou da eficiência na linha de montagem. Também tem se verificado que o uso da modularidade tem gerado um aumento da parceria entre as empresas (montadora com fornecedor) ao mesmo tempo que aumentou a dependência entre elas. Isto porque os módulos são exclusivos para determinada montadora, seja fazendo parte do consórcio modular ou não; não se podendo vender estes módulos para outros clientes, isso gera uma forte dependência dos fornecedores em relação a variações de demanda destes clientes. Por outro lado, as empresas tem maior exclusividade de venda dos seus produtos para seus clientes modulares. Deste modo, a aplicação da modularidade nos fornecedores traz desde benefícios atraentes para as empresas, assim como grandes dificuldades na sua aplicação, cabendo a cada um verificar a viabilidade ao não do uso desta estratégia, apesar da pressão de certos clientes pela sua aplicação.

## 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), ao CNPq (bolsa PQ) e aos engenheiros das empresas pelas entrevistas concedidas.

## Referências

- ACACCIA, G.; BRUZZONE, L. & RAZZOLI, R.** *A modular robotic system for industrial applications.* Assembly Automation, Vol. 28, n. 2, p. 151-162, 2008.
- 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.
- ARNHEITER, E.D. & HARREN, H.** *Quality management in a modular world.* The TQM Magazine, Vol.18, n.1, p.87-96, 2006.
- ASAN, U.; POLAT, S. & SERDAR, S.** *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.
- BROOKFIELD, J.; LIU R-J & MACDUFFIE J.P.** *Taiwan's bicycle industry A - Team battles Chinese competition with innovation and cooperation.* Strategy & Leadership, Vol. 36, n. 1, p. 14-19, 2008.
- CAMUFFO, A.** *Rolling out a World Car: Globalization, Outsourcing and Modularity in the Auto Industry.* IMVP Working Paper, 2000. Disponível em:  
<<http://www.imvpnet.org/publications.asp?txtKeywords=camuffo&SelMatchType=AND>>. Acesso em 20 de abril, 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.; BECHLER, K. & PIRES, S.** *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.; GONZALEZ-ZUGASTI, J.P. & OTTO, K.N.** *Modular product architecture.* Design Studies, Vol. 22, n. 5, p. 409-424, 2001.
- DANESE, P. & ROMANO, P.** *Improving inter-functional coordination to face high product variety and frequent modifications.* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 24, n. 9, p. 863-885, 2004.
- 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.** *Manufacturing for synchronous supply: a case study of Ikeda Hoover Ltd.* Integrated Manufacturing Systems, Vol. 13, n. 1, p. 18-24, 2002.
- DORAN, D.** *Supply Chain Implications of Modularization.* International Journal of Operations and Production Management. Vol. 23, n. 3, p. 316-326, 2003.
- DORAN, D.** *Rethinking the supply chain: na automotive perspective.* Supply Chain Management: An

International Journal, Vol. 9, n. 1, p. 102-109, 2004.

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

**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.

**ELPICK, P.** *Liberty: The Ships that Won the War.* London: Chatham Publishing, 2006

**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.

**GRIGG, A. & AUDSLEY, N.C.** *Towards a scheduling and timing analysis solution for integrated modular avionic systems.* Aircraft Engineering and Aerospace Technology, Vol. 70, n. 4, p. 271-280, 1998.

**GU, P. & SOSALE, S.** *Product modularization for life cycle engineering.* Robotics and Computer Integrated Manufacturing, Vol. 15, n. 5, p. 387-401, 1999.

**HEILALA, J. & VOHO, P.** *Modular reconfigurable flexible final assembly systems.* Assembly Automation, Vol. 21, n. 1, p. 20-28, 2001.

**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, Vol. 9, n. 2, p. 35-50, 1998.

**KIM, K. & CHHAJED, D.** *Commonality in product design: Cost saving, valuation chang and cannibalization.* European Journal of Operational Research, Vol. 125, n. 3, p. 602-621, 2000.

**LANGLOIS, R.N.** *Modularity in technology and organization.* Journal of Economic Behavior & Organization, Vol. 49, n. 1, p. 19-37, 2002.

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

**MACHADO, A.G.C & MORAES, W.F.G.** *Estratégias de customização em massa implementadas por empresas brasileiras.* Produção, Vol. 18, n. 1, p. 170-183, 2008.

**MARCONI, M.D.A. & LAKATOS, E.M.** *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.* 6. ed. 3. reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007.

**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, Vol. 8, n. 5, p. 292-298, 1997.

**MONDRAGON, C.E.C.; MONDRAGON, A.E.C. & MILLER, R.** *Modularity, open archicture and innovation: na automotive perspective.* International Journal of Automotive Technology and Management, Vol. 6, n. 3, p. 346 – 363, 2006.

**MOORE, J. F.** *Civil integrated modular avionics - a longer-term view.* Aircraft Engineering and Aerospace Technology: An International Journal, Vol. 71, n. 6, p. 550-557, 1999.

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

**MUFFATTO, M. & ROVEDA, M.** *Developing product platforms: analysis of the development process.*



Technovation, Vol. 20, n. 11, p. 617-630, 2000.

**PÉREZ, M.P. & SÁNCHEZ, A. M.** *Lean production and supplier relations: a survey of practices in the Aragonese automotive industry.* Technovation, Vol. 20, n. 12, p. 665-676, 2000.

**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.

**PIRES, S.R.I.** *Managerial implications of the modular consortium model in a Brazilian automotive plant.* International Journal of Operations & Production Management, Vol. 18, n.3, p. 221-232, 1998.

**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.

**SAKO, M. & MURRAY, F.** *Modules in Design, Production and Use: implications for the global automotive industry.* In: International Vehicle Program (IMVP), Cambridge Massachussetts, October, 1999.

**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.; CAMARGO, O.S. & LEMOS, M.B.** *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.

**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.

**SANCHEZ, R. & COLLINS, R.P.** *Competing - and Learning - in Modular Markets.* Long Range Planning, Vol. 34, n. 6, p. 645-667, 2001.

**SAND, J. C.** *House of modular enhancement (home): a design tool for product modularization,* University of Saskachetwan, Master Thesis, 1999 apud **BI, Z.M. e ZHANG, W.J.** *Modularity tecnology in manufacturing: taxonomy and Issues.* The International Journal al Advanced Manufacturing Technology, Vol. 18, n., p. 381-390, 2001.

**SELLTRIZ, C et al.** *Métodos de pesquisa nas relações sociais.* São Paulo: Herder: Edusp, 1965 apud **MARCONI, M.D.A.; LAKATOS, E.M.** *Técnicas de pesquisa: planejamento e execução de pesquisas, amostragens e técnicas de pesquisas, elaboração, análise e interpretação de dados.* 6. ed. 3. reimpressão. São Paulo: Atlas, 2007.

**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.

**TOLETO, J.C. et al.** *Participation of suppliers in product development process: the case of Fiat New Palio.* Product: Management & Development, Vol. 2, n. 1, p. 53-67, 2003.

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

**ZHANG, G.W.; ZHANG, S.C. & XU, Y.S.** *Research on flexible transfer line schematic design using hierarchical process planning.* Journal of Materials Processing Technology, Vol. 129, n. 1-3, p. 629-633, 2002.

**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, Vol. 2, n. 1, p. 10-23, 2002.