GESTÃO, ESTRATÉGIAS, CUSTOS E MODELOS APLICADOS ÀS GARANTIAS CONTRATUAIS DE PRODUTOS DURÁVEIS.

João Rosaldo Vollertt Junior
Ednaldo de Souza Vilela
Luiz Fernando Jacintho Maia

Resumo:

As garantias de produtos duráveis para um fabricante não envolve apenas conhecimento das legislações vigentes do consumidor, mas também de métodos de previsão de custos das mesmas, das políticas existentes e suas decisões, contatos, análise de mercado e benchmarking, das estratégias de distribuição e de suporte aos serviços do pós-vendas, gestão, sistemas e tecnologias da informação e planejamento e gerenciamento aplicados às garantias. Com o advento da globalização e da unificação dos mercados, estas habilidades serão extremamente necessárias à empresas que desejam vender seus produtos nestes mercados competitivos onde o nível de exigência do consumidor é elevado. Neste trabalho será enfocado o estado da arte das garantias contratuais de produtos duráveis, assim como, suas estratégias, gestão, custos e modelos aplicados.

Palavras-chave:

Área temática: *Gestão Estratégica de Custos*

GESTÃO, ESTRATÉGIAS, CUSTOS E MODELOS APLICADOS ÀS GARANTIAS CONTRATUAIS DE PRODUTOS DURÁVEIS.

João Rosaldo Vollertt Junior, MSc
Ednaldo de Souza Vilela, MSc
Luiz Fernando Jacintho Maia, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC
Departamento de Pós Graduação em Engenharia de Produção - PPGEP
caixa postal 476 - Trindade CEP 88040-900 - Florianópolis
Tel. (048) 331-7002 Fax: (048) 234-1255
e.mail: vollertt@eps.ufsc.br
Aluno de doutorado do PPGEP-UFSC

Área temática (1): Gestão Estratégia de Custos

GESTÃO, ESTRATÉGIAS, CUSTOS E MODELOS DAS GARANTIAS CONTRATUAIS DE PRODUTOS DURÁVEIS.

Área temática (1): Gestão Estratégia de Custos

Resumo: As garantias de produtos duráveis para um fabricante não envolve apenas conhecimento das legislações vigentes do consumidor, mas também de métodos de previsão de custos das mesmas, das políticas existentes e suas decisões, contatos, análise de mercado e *benchmarking*, das estratégias de distribuição e de suporte aos serviços do pós-vendas, gestão, sistemas e tecnologias da informação e planejamento e gerenciamento aplicados às garantias. Com o advento da globalização e da unificação dos mercados, estas habilidades serão extremamente necessárias à empresas que desejam vender seus produtos nestes mercados competitivos onde o nível de exigência do consumidor é elevado. Neste trabalho será enfocado o estado da arte das garantias contratuais de produtos duráveis, assim como, suas estratégias, gestão, custos e modelos aplicados.

1 - Introdução

Este artigo tem como propósito demonstrar as metodologias utilizadas para gerenciar e desenvolver as estratégias relacionadas as garantias de produtos duráveis, mais especificamente as contratuais, assim como dos modelos utilizados para previsão de custos das garantias e variáveis interrelacionadas. Dentre as várias características de um produto que são importantes na decisão de compra de um produto, a “garantia” é uma delas. Atualmente, em função do desenvolvimento das técnicas comerciais, assim como das áreas legislativas, de administração e marketing e do aumento da competitividade, está associada a praticamente todos os produtos vendidos.

A garantia de produto pode ser considerada como um contrato ou declaração (escrita ou verbal) da natureza ou qualidade do produto e suas condições, ou seja, o que o vendedor, (normalmente o fabricante) fará caso algo de errado ocorrer com o produto. Segundo Loomba (1996a), existem registros de aplicações das garantias à comercialização desde as civilizações antigas, como a Babilônica, em transações envolvendo animais, escravos, embarcações, alimentação, propriedades, etc.

O propósito de uma garantia é de estabelecer "responsabilidade" caso uma falha precoce ocorrer com um item ou pela sua incapacidade de realizar suas funções pretendidas (Blischke & Murthy 1992a). Quando um produto ou parte (componente, subsistema ou sistema) deste está defeituoso, uma "garantia" assegurará que o produto será reparado ou substituído por um novo a um custo menor do que o custo total do reparo sem a garantia, ou a nenhum custo ao consumidor. Sem garantias os produtos são vendidos em condições que o vendedor não tem nenhuma responsabilidade sobre qualquer falha ou defeito nos produtos do comprador, impossibilitando a sua devolução ou reivindicação por danos ocasionados (caso não hajam garantias contratuais e legais).

Uma garantia pode ser de origem legal ou contratual. Uma garantia legal é uma garantia que é dada ao comprador como conseqüência das legislações de defesa do consumidor vigente em cada país ou região. A garantia legal, ou seja, a exigida por lei, não necessita de possuir um papel por escrito, como normalmente ocorre com as contratuais (garantias oferecidas pelos fabricantes), pois por comprar, o comprador já possui tal direito adquirido, bastando normalmente um documento que comprove a compra do produto, como sua nota fiscal. A garantia contratual é oferecida pelo fabricante em conjunção com a venda do produto e normalmente é superior a garantia legal em termos de duração, ou seja, ela é um bônus a mais oferecido pelo fabricante, mas podendo não ser total ou completa, ou seja, com limitações e exclusões a determinadas partes do produto e/ou condições de uso. Segundo Blischke & Murthy (1992a), as garantias contratuais tem a finalidade de:

***Seguro*:** quando os consumidores são mais avessos a riscos do que o fabricante. Neste caso, a garantia serve como um seguro contra uma possível falha, ou defeito, ou desempenho insatisfatório que possa ocorrer com o produto adquirido;

Sinal: ocorre quando os consumidores não podem discernir a qualidade do produto adquirido, em função da sua complexidade ou por falta de informação. Neste caso, as garantias servem como um sinal para indicar a qualidade do produto, facilitar a escolha e decisão de compra do consumidor e diferenciar dos produtos concorrentes;

Incentivos: sem garantias, torna-se difícil o fabricante divulgar a qualidade de seus produtos;

Dispositivos de marketing: a combinação qualidade, preço e garantias podem ser usadas como um dispositivo para atrair consumidores, aumentar as vendas e diferenciar os produtos dos concorrentes.

Em termos mundiais, o tema é visto sob o enfoque de diversas áreas. A Engenharia da confiabilidade estuda as garantias quanto à previsão do prazo de garantia e das peças de reposição. Seus modelos são normalmente estocásticos e matemáticos e são baseadas normalmente na confiabilidade, tempo de vida, taxa de falha e tempo entre falhas. Atualmente as ferramentas da inteligência artificial estão sendo aplicadas, devido a grande dificuldade de modelar problemas complexos com métodos convencionais. A Administração, Economia e Engenharia Industrial, estudam o tema principalmente quanto aos custos envolvidos com a provisão das garantias, a influência das garantias na decisão de compra do consumidor e análise das diferentes políticas de garantias sendo oferecidas atualmente no mercado mundial. O Direito analisa o assunto baseado nos direitos, deveres e responsabilidades com as obrigações e contratos, assim como no direito do consumidor e legislações correlatas.

A aplicabilidade das garantias relacionadas ao comércio eletrônico e internacional, o desenvolvimento de softwares de apoio a fase de estratégias e de gerenciamento das garantias como parte integrante do sistema de informações gerenciais e pesquisas de novos modelos de previsão dos custos relacionados as garantias, são assuntos do estado da arte que estão sendo trabalhados por pessoas de diversos países e áreas.

Um dos assuntos mais estudados até hoje está relacionado aos modelos e tentativas de previsão dos custos das garantias. Grandes

fabricantes chegam a gastar bilhões de dólares com as garantias de seus produtos. Em geral os custos relacionados com as garantias para o fabricante, são repassados ao preço de venda dos produtos, mas mesmo assim, fabricantes tem através da melhoria da qualidade e confiabilidade de seus produtos, conseguido aumentar os prazos de garantia sem que estes custos sejam aumentados. Num mercado competitivo, este diferencial pode influenciar positivamente nas vendas dos produtos. Exemplos de aumento do prazo de garantia como estratégias de marketing são comuns no mercado americano, desde produtos voltados as áreas militares, como é o caso da força aérea americana que conseguiu aumentar o tempo de garantia de cinco para vinte anos em seus aviões, assim como do fabricante de automóveis da marca Hyundai que para competir neste mercado, oferece atualmente cinco anos de garantia em seus produtos (Finbar, 1999). Mas a importância dada ao tema garantia, não é apenas reflexo da competitividade, a conscientização do consumidor quanto aos seus direitos e o desenvolvimentos das legislações de consumidores, o aumento da incidência de mau uso e da complexidade dos produtos também são fatores contribuintes. (Loomba , 1996b)

Gerenciar e definir estratégias relacionadas as garantias contratuais, envolve todas as fases do ciclo de vida do produto e está integrado as diversas áreas da empresa, como pesquisa e desenvolvimento, controle de qualidade, produção, financeira, fornecedores, distribuição e suporte. O mercado das garantias é influenciado pelos quatro elementos: consumidores, fornecedores, fabricante e intermediários (distribuidores, varejistas e assistência técnica) e por diversos outros fatores como ambiente operacional do produto, seus locais de distribuição, legislações vigentes, etc. Para empresas que distribuem seus produtos à mercados internacionais, o fabricante necessita ainda de conhecer as devidas legislações do consumidor dos países que se exporta, assim como desenvolver todo o serviço de suporte e pós venda necessário em termos de treinamentos, ferramentas e equipamentos necessários, manuais de garantia, peças de reposição e do canal de comunicação necessário.

2 - Estratégias de Garantias Contratuais de Produtos

No atual ambiente competitivo onde muitos produtos tornam-se similares ou os componentes são oriundos de um mesmo fornecedor, o fabricante pode utilizar a garantia contratual e os serviços de pós-venda como fator de diferenciação. Muitos fabricantes inovam seus produtos com novas tecnologias e as utilizam como diferencial, porém estas inovações tecnológicas transmitem inseguranças ao comprador com relação ao desempenho do produto, sendo então a garantia contratual uma ótima estratégia para amenizar estes riscos envolvidos.

Sobre a perspectiva do marketing, uma garantia contratual possui dois enfoques distintos: garantia contratual como forma de proteção que tem um enfoque de garantir o comprador contra defeitos e falhas que podem ocorrer com o produto e alguns de seus componentes e/ou subsistemas e garantia contratual promocional que tem um enfoque mais ligado a estratégia de marketing de diferenciação das dos concorrentes.

As estratégias de garantia lidam com tomadas de decisão sobre os fatores envolvidos com as garantias do ponto de vista do negócio e do ciclo de vida do produto, assim como avalia a influência de uma determinada política

de garantia no desempenho da organização, considerando o seu planejamento, gerenciamento, execução e envolvem tanto os aspectos tecnológicos, quanto comerciais e gerenciais da organização. (Blischke & Murthy, 1998).

Na fase de definição das estratégias das garantias, várias questões têm que ser decididas pelo fabricante e devem estar em concordâncias com as demais estratégias da empresa, como marketing, pesquisa e desenvolvimento, produção, e serviços pós-vendas. Para apio a decisão nesta fase, ferramentas como multicritério de apoio a decisão devem ser utilizadas. Questões comuns de decisão ao fabricante quanto a política de garantia a ser adotada devem considerar: (Blischke & Murthy, 1992a)

- quais as vantagens com relação as demais;
- como escolhe-la quando múltiplos objetivos do negócio estão envolvidos;
- quais são as decisões a serem adotadas quanto ao projeto do produto e processo, serviços de suporte ao pós venda, tipos de dados de campo necessários e sistemas de informação a ser utilizado; e
- quais os custos envolvidos;

Para que os custos com as garantias não sejam aumentados demasiadamente com a oferta de uma determinada política e prazo de garantia, certas decisões também devem ser tomadas pelo fabricante na fase de desenvolvimento do produto, como por exemplo (Blischke & Murthy, 1997):

- determinar a política de garantia de acordo com os requisitos de desempenho do produto em termos de confiabilidade, qualidade e da sua vida útil assim como decisões pertinentes a melhoria do projeto do produto, testes de vida e da confiabilidade, e processo de produção;
- fazer um esboço das cláusulas dos contratos de garantia; e
- estimar os custos esperados com as garantias como função da confiabilidade do produto, do prazo e da política de garantia a ser adotada.

Investimentos no processo de produção também tem demonstrado ótimos resultados na redução dos custos das garantias. No mercado americano, os três maiores fabricantes de automóveis domésticos (Chrysler, General Motors e Ford), gastam mais de seis bilhões de dólares por ano com as garantias contratuais de seus produtos. A indústria japonesa com a aplicação das técnicas de *just-in-time*, controle e gestão da qualidade e manufatura celular, conseguiu reduzir os seus custos com as garantia dos produtos. Por exemplo, enquanto a empresa japonesa Toyota gasta 150 milhões de dólares por ano com as garantias de seus automóveis na América do Norte, um dos maiores fabricantes americano gasta 3,5 bilhões de dólares.

3 - Gestão e Planejamento das Garantias

Modelos teóricos e empíricos têm sido procurados por autores nos últimos anos tentando analisar a influência da garantia nas tomadas de decisão de compra do consumidor e os resultados obtidos normalmente variam conforme o tipo da pesquisa realizada, do produto, do consumidor, da amostragem utilizada, da região em que foi aplicada e da sua época. Buscar um ponto ótimo entre garantia, qualidade e preço, que satisfaçam os desejos do consumidor e do fabricante não é uma atividade tão simples. Enquanto para o consumidor, o ótimo seria uma maior qualidade, um menor preço e uma maior garantia, para o fabricante o objetivo é maximizar os lucros. Uma

garantia maior poderia aumentar os custos dos fabricantes, mas ao mesmo tempo aumentaria o seu volume de vendas, podendo resultar em um lucro maior. Em função destas dificuldades de análise e de decisão, que modelos têm sido procurado por pesquisadores da área de marketing como ferramentas de apoio a decisão.

Segundo Blischke & Murthy (1992b), quando se trabalha com o gestão das garantias deve-se buscar uma integração de todos os enfoques abordados com relação a garantia de produtos, ou seja, deve-se analisar as garantias sobre o enfoque do fabricante, do consumidor, do mercado, da concorrência e em termos das legislações. O autor propõe quatro etapas a serem seguidas para se obter um gerenciamento eficaz das garantias:

etapa 1: ***caracterização do sistema***. Determinação dos fatores importantes ao problema;
etapa 2: modelagem. Transformação da caracterização do problema em um ou mais modelos determinístico, estatístico, estocástico ou outros;
etapa 3: análise do modelo matemático. Validação do sistema através da utilização de ferramentas e técnicas analíticas e/ou computacionais; e
etapa 4: interpretação. Verificação da eficiência do sistema através de comparações com resultados obtidos por outros métodos.

Neste artigo será enfatizado as etapas 1 e 2, caracterização do problema e modelagem, por estarem diretamente relacionadas à gestão e planejamento das garantias e a previsão dos custos das garantias. Nesta primeira etapa seis são os fatores principais e serão descritos nos itens a seguir (Blischke & Murthy, 1992b).

3.1 Fabricante.

Sobre esta perspectiva, as garantias dependem basicamente do grau de competitividade do mercado em que seus produtos são distribuídos e das imposições legais.

3.2 Consumidor.

Sobre o ponto de vista do consumidor, quando se realiza uma gestão e planejamento das garantias de produto, o fabricante deve analisar o mercado sobre três tipos de caso. Quando se possui:

- **apenas um cliente**. Nesta situação o cliente tem um alto poder de negociação e normalmente tem influência sobre a pesquisa e desenvolvimento de produto do fabricante e as políticas de garantia normalmente são definidas em conjunto.
- **uma pequena quantidade de clientes**. Neste caso, o comprador não tem tanto poder de decisão quanto ao item anterior, mas com mais poder de negociação do que a situação que envolve muitos clientes.
- **grande quantidade de clientes**. Em geral há pouca negociação existente entre o consumidor e o fabricante no que tange aos assuntos relacionados com os termos de garantia. O consumidor em geral tem pouco conhecimento dos dados técnicos do produto e isto faz da garantia algo extremamente necessário, tanto as contratuais quanto as legais.

Segundo Blischke & Murthy (1992b) o processo de tomada de decisão do consumidor que necessita ser compreendido pelo fabricante envolve quatro fases distintas. A primeira, indispensável para que o processo de compra seja efetivado, ou seja, a partir de uma necessidade é que se inicia o processo de decisão de compra, seguido pela procura de informações sobre preço, termos de garantia, reputação do fabricante, informações sobre o desempenho do produto e etc. A segunda depende do esforço que um consumidor desprende para adquirir informações de um produto e que envolvem basicamente o valor do produto, a disponibilidade da informação, o nível de satisfação obtido com a busca de informações, dos custos incorridos e das conseqüências resultantes desta procura. Na fase de avaliação das alternativas, baseado nas suas necessidades e informações encontradas, o consumidor decide a melhor oferta em termos do preço de venda, qualidade e desempenho do produto e das garantias. A escolha do produto é um problema de múltiplas escolhas, podendo ser as garantias um problema de incerteza, ou seja, dos riscos percebidos no ato da compra.

3.3 Os Produtos

Os produtos classificam-se em quatro classes com relação as garantias de produtos: produtos de uso específico, produtos industriais e comerciais, produtos duráveis ao consumidor e produtos não duráveis ao consumidor. Quando a comercialização envolve produtos específicos que são caros e/ou complexos, suas garantias também são complexas e as garantias são consideradas como contrato de risco, necessitando de negociações entre as partes para definir as cláusulas do contrato de garantia. Para produtos comerciais e industriais, o comprador normalmente é bem informado sobre os aspectos técnicos do produto que está adquirindo, podendo variar consideravelmente sua complexidade e forma de uso. Neste caso, as garantias também podem ser negociadas, mas apenas com relação aos termos de garantia, sem exigências de pesquisa e desenvolvimento e de melhorias a serem efetuadas quanto ao desempenho do produto. Na venda de produtos duráveis ao consumidor como por exemplo computadores, automóveis e eletrodomésticos, a complexidade também pode variar consideravelmente de produto a produto e o consumidor normalmente possui pouco conhecimento técnico do produto a ser adquirido, sendo então as garantias uma necessidade e servindo como estratégias de marketing para diferenciar o produto do fabricante de seus concorrentes. Para produtos não duráveis, como alimentos que são em geral produtos de baixo preço de venda comparado aos descritos acima, não existem garantias contratuais, mas há prazos de validade que assemelham-se as garantias contratuais de produtos duráveis.

3.4 As Políticas de Garantia

Neste artigo não será dado ênfase aos tipos de políticas envolvidas, por se tratar de um tema complexo. Este assunto específico, envolvendo as garantias contratuais de produtos duráveis, pode ser melhor entendido através do artigo de Blischke & Murthy (1992a), que embora não sendo recente, traz uma boa revisão dos tipos existentes. A escolha do tipo de política de garantia a ser adotada, influencia diretamente nos custos envolvidos com a garantia e nos lucros do fabricante, assim como na aceitabilidade por parte do consumidor. O fabricante deve através de ferramentas de apoio a

decisão e de modelagens, escolher a melhor política em termos dos custos e lucros envolvidos.

3.5 O Desempenho do Produto

O desempenho do produto esta relacionado com suas características técnicas referentes ao seu desenvolvimento, produção, transporte e uso. O estudo do ambiente em que o produto está ou será operado e a forma com que será utilizado pelo consumidor é um dos tópicos principais a serem estudados com relação a esta característica e são dependentes das decisões feitas na fase de desenvolvimento do produto e produção.

3.6 Os Custos das Garantias.

Em geral, os custos das garantias são difíceis de serem previstos, pois muitos fatores podem dificultar esta tarefa. Um exemplo é a dificuldade de se prever a forma com que o produto será utilizado por diferentes tipos de usuário (Blischke & Murthy, 1992b).

Os custos totais de garantia são influenciados pelas ações e decisões tomadas em praticamente todas as fases do ciclo de vida do produto. Normalmente os fabricantes repassam os custos relacionados aos serviços de garantia no preço de venda. No setor automobilístico o custo das garantias, é estimado entre 10 a 30% do preço de venda. Em 1992, as três empresas, Ford, General Motors e Chrysler, desembolsaram 9.2 bilhões de dólares com garantias pagas aos seus serviços autorizados, e somente a Chrysler fez uma previsão de gasto de onze bilhões de dólares com as garantias entre os anos de 1996 a 2000.

A gestão das garantias para novos produtos utilizando o ciclo de vida do produto, deve ser realizada na fase anteriores ao lançamento do produto, na qual o gerenciamento envolve decisões relacionadas ao projeto do produto, a preparação do plano de marketing, a definição da política de garantia a ser definida e previsão dos custos relacionados aos serviços de garantia. Na fase de lançamento o gerenciamento envolve o acompanhamento das decisões já tomadas e planejadas. Na fase pós lançamento, o gerenciamento consta da verificação das expectativas dos clientes com relação a estratégia e política adotada e da qualidade dos serviços de suporte oferecidos.

4. Modelos Aplicados às Garantias e os Custos das Garantias

Conforme visto no item acima, os custos das garantias é uma das variáveis mais importantes na fase de planejamento, de estratégias e de gerenciamento das garantias. Muitos trabalhos têm sido propostos nos últimos anos sobre modelos aplicados à área de garantia contratual de produtos. Um dos primeiros de Arrow (1963), já abordava a questão de modelos de previsões aplicados à área de garantia. Normalmente estes modelos destinam-se à previsão dos custos das garantias, assim como do número de reivindicações durante um determinado período de tempo (Menzefricke, 1993).

Embora muito tem sido pesquisado a respeito dos modelos, normalmente eles são limitados a uma determinada política de garantia, a um certo tipo de produto, normalmente não consideram o momento da venda que

é um problema dinâmico, limitam-se a determinadas hipóteses sobre a distribuição de falha do produto (em geral são assumidas a serem do tipo exponencial, ou Weibull e com taxa de falha constante) e quanto ao produto ser reparável ou não reparável.

A modelagem de garantia é aplicada para prever os custos relacionados com as garantias, o capital de reserva necessário ao fabricante para restituir o consumidor, o número de reivindicações de garantia durante um determinado período de tempo, o número de peças de reposição necessárias ao pós vendas, assim como planejar a produção para produzir e distribuir as mesmas dentro dos prazos e quantidades necessárias. A validação do modelo, normalmente é realizada pelo fabricante somente após os dados de campo retornarem, quando comparações poderão ser efetivadas.

4.1 Revisão e classificação dos modelos desenvolvidos à área de garantia

Uma boa revisão dos modelos foi realizada por Blischke & Murthy (1992c) que classificaram os modelos em função:

a) do tipo de produto fabricado: contendo apenas um único componente, contendo vários componentes, que são operados intermitentemente e produtos que são reparáveis. Para casos em que o produto é operado continuamente, modelos são facilmente encontrado na literatura, dividindo-se em casos onde são reparáveis e não reparáveis. Normalmente estes produtos são típicos de aplicações industriais, como motores elétricos, bombas, rolamentos e etc. Mas para produtos de fins domésticos, a maioria deles são operados apenas durante um período ou fração de tempo durante o dia, semana ou mês, ou seja, são operados intermitentemente. Logo, os modelos de falha, dependem do histórico e da forma com que o usuário opera este produto.

b) dos dados obtidos da distribuição de falha: modelagens baseada em dados históricos ou através da experiência do modelador (Black Box) e modelagens realizadas levando em consideração a física da falha (Physically Based). O primeiro caso é o mais utilizado em função das dificuldades existentes de relacionar a física da falha aos modelos de previsão de garantia.

c) das condições do produto após o reparo ser efetuado: quando o reparo deixa o produto em estado de novo, quando ocorre um mínimo reparo, ou seja, esta situação ocorre em produtos contendo vários componentes e quando ocorre uma falha em um componente qualquer, apenas este é reparado, quando o produto após reparado possui uma vida inferior ao seu estado inicial de novo, mas superior à condição de mínimo reparo. Nesta situação são reparados os componentes que falharam e estavam em mal estado e quando ocorre um reparo imperfeito no produto.

Em produtos que não são reparados, os modelos utilizam o tempo médio até ocorrer a primeira falha (MTTF – *Mean Time To Failure*) e é mais simples de prever a distribuição de falha do que os casos em que os produtos são reparáveis, envolvem vários componentes ou são operados intermitentemente.

Quando a modelagem depende das falhas subsequentes que ocorrem com um produto após reparado, necessita-se conhecer o tempo

médio entre falhas (MTBF - *Mean Time Between to Failure*) e as condições do reparo, tornando-a complexa e difícil de ser realizada e cada condição leva a um tipo específico de modelagem, por exemplo, quando a condição é de mínimo reparo, um dos modelos adotados é através de um processo utilizando uma função de *Poisson* não estacionária. Outros métodos utilizados para produtos reparáveis são os estocásticos como cadeia de *Markov*, modelagem dinâmica utilizando séries temporais, teoria dos jogos, regressão linear, filtro *Kalman,* etc (Blischke & Murthy, 1992c).

No caso específico em que os produtos são reparáveis, o tempo necessário para resolver o problema, ou seja, retornar o produto ao seu estado operacional é importante aos modelos propostos e é composto do tempo de processamento das garantias, tempo necessário para investigar o problema e analisar as garantias, tempo necessário para realizar a substituição ou reparo do componente ou módulo (subsistema ou sistema) falhado, tempo necessário para fazer testes para validar a correção do problema e do tempo necessário para retornar o produto ao consumidor. Modelar alguns dos tempos acima é simples e pode ser previsto, já outros são altamente dependente do tipo de produto em questão. Para tanto, o modo mais fácil de se realizar esta modelagem, é agregando todos estes tempos dentro de uma única variável denominada de tempo de serviço. Neste caso, de modo semelhante à taxa de falha, utiliza-se uma função taxa de serviço.

Assim como a taxa de serviço, os custos envolvidos com as garantias quando uma falha ocorre no campo, como custo administrativo envolvidos com as garantias, custo de transporte, custo da mão de obra utilizada no reparo, custos envolvidos com o inventário das peças de reposição e outros também podem ser substituídos por uma variável denominada “custos dos serviços” envolvidos com cada reclamação do consumidor para a modelagem do problema. Este custo dos serviços é considerado como uma variável aleatória e necessita ser modelado por uma função de distribuição apropriada. Caso a variabilidade destes custos seja pequena, ele pode ser considerado como uma variável determinística (Blischke & Murthy, 1992c).

Além destas variáveis, para o fabricante uma outra que é importante é a quantidade de produtos vendidos, de forma a poder fazer um planejamento da estrutura necessária aos serviços de suporte e decidir as reservas para as garantias. As vendas dos produtos normalmente ocorrem em função da variável tempo e os métodos utilizados para modelar as taxas de venda é através de uma formulação discreta do tempo quando as vendas podem ser agregadas em pequenos intervalos (mensalmente, trimestralmente, anualmente, etc) ou através de uma função continua através do tempo.

Para a maioria dos modelos utilizados para prever a vida ou taxa de falha de um produto, assim como os custos associados às garantias, um enfoque computacional é necessário, necessitando métodos numéricos e simulações. Os métodos numéricos são utilizados em conjunção com os analíticos quando se tem dificuldade de se resolver o problema apenas analiticamente, já a simulação é utilizado para analisar as mudanças nas variáveis em função do tempo e a solução normalmente é obtida através de inferências baseadas em estatísticas obtidas após um grande número de repetições ao longo do tempo.

Os custos das garantias estão relacionados com os custos operacionais que o consumidor terá durante o seu ciclo de vida. Quanto maior

a garantia e dependendo de suas características (parciais ou totais), menor será tais custos operacionais para o consumidor, e por outro lado, maior para o fabricante. Logo, o que o fabricante deve buscar é o ótimo que atenderá as suas necessidades de custos e que ao mesmo tempo sejam atrativas ao consumidor e aumente o volume de vendas.

d) da política de garantia adotada pelo fabricante

Outra característica dos modelos é que eles são aplicados de acordo com a política de garantia adotada pelo fabricante, como por exemplo, as políticas de livre substituição (FRW – *Free Replacement Warranty*), pró-rata (PRW – *Pró Rate Warranty*), de renovação, combinada, unidimensional ou bidimensional, de melhoria da confiabilidade (RIW – *Reliability Improvement Warranty*), etc. Para cada política, há modelos onde se calcula os custos esperados com as garantias tanto para o vendedor como para o consumidor.

4.2 Exemplos e revisão de modelos aplicados a previsão do custo das garantias e número de reivindicações

Quando uma empresa realiza teste de vida com o seu produto ou componentes na fábrica, normalmente estes testes são medidos em horas. Para se determinar a vida em dias, meses ou anos é necessário conhecer a taxa de uso com que estes produtos serão operados no campo. A taxa de uso não é uma constante, pois existem variações da quantidade de uso por dia por parte dos usuários, ou seja é uma variável heterogênea. Para fazer as estimativas necessárias, dois são os problemas: uma é que cada uma das variáveis (taxa de uso e tempo) se comportam com funções de distribuição diferentes e a outra são as hipóteses normalmente feitas em previsões e modelagens envolvendo confiabilidade e garantias, que consideram distribuição de falha do tipo exponencial para a vida do produto e taxa de falha constante. Blischke & Murthy (1992c) propuseram um modelo para prever o custo esperado das garantias aplicado à política de livre substituição com variações na intensidade de uso e aplicado a produtos reparáveis e não reparáveis. Sarawgi & Kurtz (1995) propôs um modelo para estimar a vida em anos de um produto através da transformação da vida em laboratório em horas de testes para anos de uso, baseado na distribuição da vida do produto testado e na da taxa de uso.

Para prever os custos de reserva para arcar com as responsabilidades das garantias, Marjorie (1999) afirma que os mesmos são dependentes da quantidade de tempo que o fabricante oferece como duração das suas garantias, e em alguns casos como por exemplo da indústria automobilística que oferece limites superiores a cinco anos de garantia contratual, fazer estas previsões de custo de reserva torna-se uma das atividades mais difíceis na área de garantia. Estudos demonstram que 83% de todos fornecedores da área da automobilística não possuem um processo formal de prever tais recursos necessários e que nos próximos cinco anos os fornecedores de pequeno porte terão os seus custos de garantia aumentados em 195% ou 50% do custo total gasto com a matéria prima. Um outro dado alarmante aos 23 maiores fornecedores da área automobilística em pesquisa realizada em agosto de 1999, é que:

- 43% não estimam os custos das suas garantias e não levam em consideração dados de históricos das garantias; e
- os engenheiros ou pessoal envolvido com as garantias dos fornecedores tem pouco envolvimento e conhecimento na criação de estratégias relacionadas às garantias e negociações necessárias com os fabricantes de automóveis.

O primeiro método utilizado para cálculo do custo de reserva das garantias foi proposto por Amato & Anderson (1976), baseado no método do valor presente e valor futuro. Mitra & Patankar (1990) pesquisaram novos modelos para o cálculo do custo de reserva aplicado a política de restituição pró-rata e bidimensionais na área automobilística em que um produto é vendido com uma certa quantia de tempo e de uso garantido pelo fabricante. Para políticas de garantia combinadas (PRW e FRW) os modelos tornam-se mais complexos. Singpurwalla (1993), utilizou um processo estocástico conhecido como "processo gama" para modelar este problema dinâmico de encontrar o capital de reserva necessário e teoria dos jogos para analisar o problema onde há decisões e estratégias a serem tomadas baseadas no mercado, onde competidores possuem suas estratégias de preço e garantia. Yun (1998), propôs um modelo para a determinação dos custos de reserva baseado no ciclo de vida do produto.

Uma outra aplicação são as que envolvem políticas combinadas e com renovações. Potaglu & Sahin (1998), determinaram os custos e lucros relacionado com as garantias com estas políticas e baseada no ciclo de garantia do produto. Mozcowitz (1994), desenvolveu um modelo para políticas bidimensionais, utilizando a regressão de Poisson e a teoria do valor esperado de Von Newmann – Mongenstern. O objetivo deste modelo foi encontrar a ótima relação entre quantidade de uso x tempo da garantia, permitindo ao cliente escolher a política de garantia que melhor se aplica, ou seja, encontrar a curva de indiferença. . A figura 1 abaixo mostra um exemplo citado pelo autor e é explicada logo adiante.

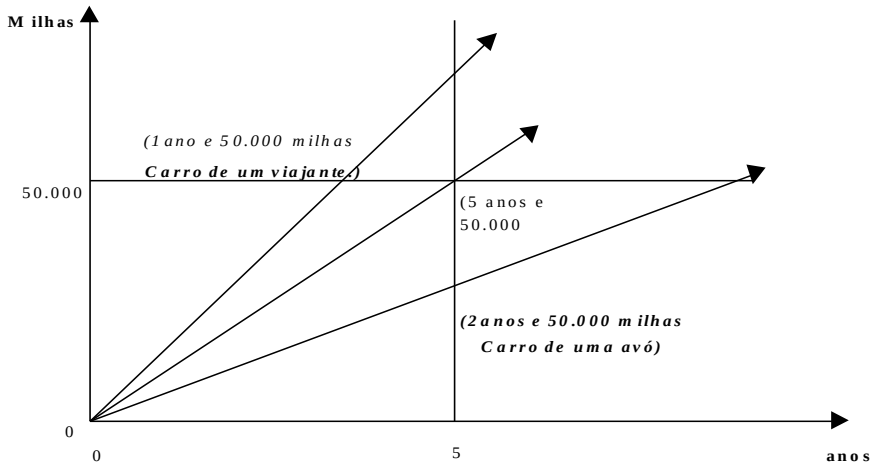

Figura 1: *exemplo de uma política bidimensional de 5 anos ou 50.000 milhas,* Mozcowitz (1994)

Normalmente os planos de garantias oferecidos pelos fabricantes são fixos, como por exemplo um ano ou 50.000 km para produtos da área automobilística. O problema deste plano é que tem usuários em que a quantidade de uso é mais importante que o tempo, já para outros a quantidade

de uso não é tão importante, mas sim a duração da garantia. A figura 1 o autor apresenta um exemplo de um viajante que utiliza muito o seu automóvel, perdendo a sua garantia em termos de tempo (apenas 1 ano) e de um outro tipo de consumidor que não utiliza tanto o automóvel e a sua garantia se expira em dois anos. A curva da indiferença é mostrada na figura 2 para três planos de garantias, sendo a reta do produto "i", o ótimo.

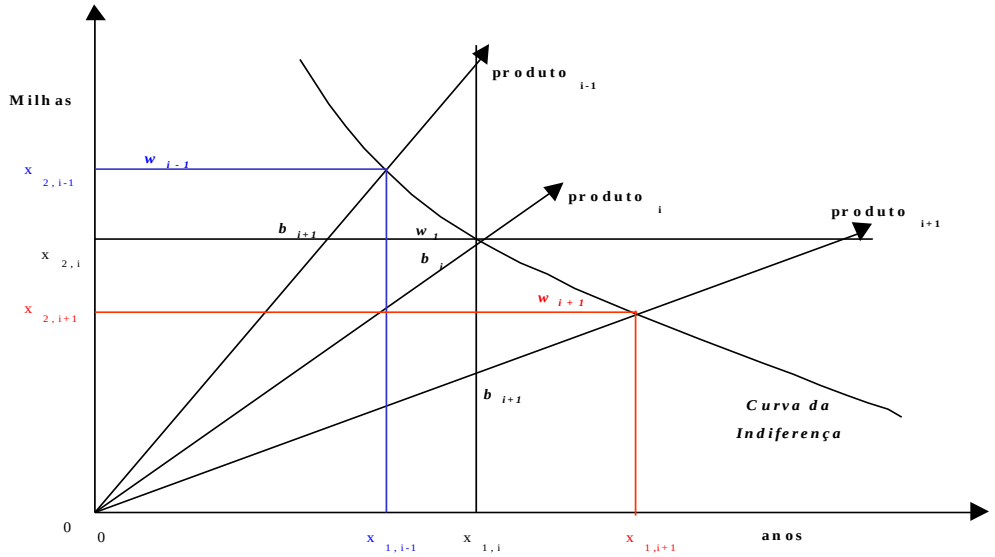

Figura 2: *Exemplo de uma política bidimensional flexível,* Mozcowitz (1994).

Um modelo para calcular o valor esperado e a variância dos custos totais das garantias para políticas bidimensionais de livre substituição e aplicável a área automobilística em que são oferecidas uma quantidade de uso em milhas ou de tempo, sendo a validade em termos da que expirar em primeiro foi proposto por Yun (1997). O modelo leva em consideração as distâncias percorridas por cada automóvel, o número de automóveis rodando, o número de falhas em função das distâncias percorridas durante as garantias, a função distribuição de probabilidade para as distâncias, a taxa de falha em função das distâncias, custo médio do reparo, tempo ou duração da garantia e quantidade de uso oferecida na política de garantia em termos de milhas. Murthy (1995), também propôs um modelo para estimar o número esperado de falhas e os custos das garantias aplicado a políticas bidimensionais de livre substituição e de produtos não reparáveis em que os valores esperados são calculados baseado no uso de três funções de distribuição de probabilidade diferentes, Beta, Multivariada de Pareto e de segunda ordem. O autor ainda faz uma aplicação do modelo à quatro tipos diferentes de políticas bidimensionais.

Modelos de políticas aplicadas a produtos usados também foram desenvolvidos por Murthy e Chattopadhyay (1999) e para análise do custo esperado com as garantias destas políticas foram propostos por Chattopadhyay (2000) e Murthy e Chattopadhyay (2000). Nos Estados Unidos, legislações relacionadas às garantias (Ato Público 87-393) aplicáveis à comercialização de automóveis usados já existem desde 1987 desde que o veículo custe mais de 3.000 dólares, tenha menos de 7 anos de uso e seja utilizado para propósitos pessoais e não comerciais.

Segundo Wasserman (1992), em tempos passados os fabricantes não possuíam dados suficientes para desenvolver modelos

eficientes para predizer o número de reivindicações de garantia (NRG) para um determinado produto. Atualmente, fabricantes como os da indústria automobilística, já possuem dados consideráveis a respeito do comportamento de seus produtos no campo e são capazes de aplicar modelos mais eficazes para tal propósito. Os modelos preliminares para predizer o NRG, utilizavam o tempo em serviço ou de operação (TIS - Time-In-Service) ou estatísticas relacionadas com a quantidade de uso do produto como os estimadores do NRG. Um dos problemas apontado pelo autor, é que conforme o número de produtos e do tempo de serviço, os aparentemente pequenos erros de aproximações para determinação das retas das estimativas do NRG, podem resultar em grandes erros de previsões. Baseado nestes erros, o autor propôs que tais estimadores fossem calculados baseado em modelos dinâmicos como por exemplo filtro Kalman.

O autor em 1996, comparou as três estratégias mais utilizadas (modelos preditivos de regressão linear ou séries temporais, filtro Kalman e não paramétricas que utilizam enfoques como redes neurais artificiais) para prever o número de reivindicações de garantia (Wasserman,1996). O primeiro método é o mais utilizado e mais entendido e aplicado pelos analistas de garantia, o segundo, que utiliza modelagens lineares dinâmicas (DML) são enfoques mais recentes e também vem sendo utilizado para fazer previsões. A terceira estratégia (ANN – *Artificial Neural Network*) tem a vantagem de ajustar de uma forma generalizada, qualquer fenômeno não linear e requer um conhecimento mínimo do analista em termos de estatística. Uma das grandes vantagens das redes neurais sobre as outras duas estratégias deve-se ao fato da simplicidade em termos da modelagem. Os dois primeiros, requerem conhecimento matemático, podendo tornar-se complexo conforme o tipo de problema e possui limitações com relação às hipóteses que devem ser feitas para solucioná-los. O enfoque de redes neurais para um exemplo apresentado por Wasserman, apresentou a menor soma dos erros quadrados, comparado aos outros métodos. A grande dificuldade com as redes neurais está relacionada aos parâmetros ideais para que a rede faça uma ótima aproximação, como quantidade de dados de treinamento e teste, números de neurônios na camada escondida, tipo de algoritmo utilizado e outros.

Assim como o número de reivindicações em função da TIS é um problema que tem que ser modelado dinamicamente, um outro dado que é utilizado normalmente pelos fabricantes de automóveis durante as garantias é a variação dos custo médio dos serviços de garantia em função do número de semanas em serviço ou uso. Estas previsões assemelham-se aos modelos estocásticos de previsão do NGR

Berke & Zaino (1991), desenvolveram um modelo para estimar o número esperado de reivindicações de garantias aplicado a uma política de garantia diferenciada, na qual os produtos são vendidos em lotes, e as garantias não são aplicadas individualmente a cada produto, mas ao lote como um todo.

Processos estocásticos resultantes do fluxo de caixa gerado pelas garantias podem também ser estudados através dos processos de renovação gerado pelas falhas dos produtos e os custos de substituição ou reparo associado para cada falha que ocorrer. Este procedimento é realizado através do método da cadeia de Markov. Rao (1995), propôs um modelo de renovação para prever os custos de garantia de políticas de livre substituição,

baseado em uma função de distribuição de probabilidade do tipo fase que foi inicialmente proposta por Neuts (1978).

Donald (1991), desenvolveu um sistema para estimar os custos totais das garantias e o risco ao fabricante com a sua oferta, utilizando a simulação de Monte Carlo. O sistema é alimentado pelas unidades de entradas dos custos envolvidos com as garantias (custos com o reparo, transportes, administrativos, serviços de campo, reprojeto e possíveis penalidades ou multas), do MTBF do produto, da quantidade de produtos sendo operado e do período de garantia oferecido. Murthy & Nguyen (1989), propôs um modelo de apoio a decisão ao fabricante para encontrar os custos mínimos de garantia baseado nos critérios de substituir ou reparar o componente falhado. Neste caso cada decisão tem a sua função distribuição de falha, uma para quando o componente for substituído e outra para quando for reparado.

Com o surgimento de novas ferramentas da área de inteligência artificial, principalmente às que envolvem base de dados, novos trabalhos começaram a ser propostos na área de garantia, como por exemplo a utilização de "*data mining*", de forma que o fabricante possa analisar os dados de garantia com os dados de projeto, testes e produção (Legner, 1996). Segundo Lindner (2000) a empresa *DaimlerChrysler* vem aplicando as técnicas de "*data mining"* e da inteligência artificial na área de controle de qualidade e de gestão do relacionamento com o cliente – CRM. Na área de controle de qualidade voltada a área automobilística, todas informações sobre cada automóvel vendido é armazenado em um banco de dados, incluindo os casos relacionados com as garantias dos produtos e as devidas reclamações ocorridas com os mesmos no campo. Estes dados então são utilizados para detectar as reclamações de garantias e analisa-las.

4.3 Modelos de garantia focados no risco do consumidor e no Marketing

Muitos modelos tem sido proposto também questionando os outros modelos que não levam em consideração as preferências do consumidor, como por exemplo a aversão à riscos futuros por parte do consumidor com relação à possíveis gastos com reparo do produto, decidir qual a melhor política de garantia a ser escolhida que terão melhor aceitação por parte do consumidor e maior impacto nas vendas e nos lucros dos produtos para o fabricante, quanto as características do mercado, na relação "preço x garantia", com relação às garantias estendidas e sua aceitação no mercado.

5 Conclusão

Gerenciar e definir estratégias para as garantias contratuais de produtos duráveis em um mercado competitivo é uma atividade complexa e que necessita de profissionais com conhecimento necessário para que em conjunção com os demais profissionais da empresa do fabricante possa ser tomada as melhores decisões para o negócio da empresa. No Brasil pouco conhecimento ainda se tem desta área, em função de muitas das grandes empresas serem multinacionais, onde as estratégias, os contratos, assim como as normas de gerenciamento são definidas pelo fabricante no próprio país de origem, restando apenas a sua execução. Em países como Estados Unidos, muita importância é dada a engenheiros de garantia, que são os profissionais que trabalharão nas diversas de suas atividades, como

planejamento, escolha da melhor política a ser adotada, gerenciamento e previsão dos custos. A área de garantia é uma excelente área a ser explorada aqui no Brasil, tanto para médias e grandes empresa quanto para as micro e pequenas que carecem de profissionais qualificados, e principalmente àquelas que estão exportando seus produtos a países como do mercado europeu, japonês e americano, onde os requisitos a serem cumpridos em termos das legislações vigentes e das exigências do consumidor são grandes.

5 – Referências Bibliográficas

AMATO, H. N. & ANDERSON, E. E. **Determination of warranty reserves: an estimation**, In: Management Science, v.22, N.12, 1976, p. 1391-1394.

ARROW, K. J. **Uncertainty and welfare economics of medical care**, In: American Economics of Medical Review, v. 53, 1963, p. 941-973.

BERKE , T. M. & ZAINO, N**.** A. **Warranties: what are they? what do they really cost?** In: Proceedings of annual reliability and maintainability symposium, 1991, p. 326-329.

BLISCHKE, W. & MURTHY, D. N. P. **Strategic warranty management - A life cycle approach**: Dallas, Institute of Operations Researchs and the Management Sciences, 1998.

BLISCHKE, W. R. & MURTHY D. N. P. **Warranty strategy in new product development**: Dallas, Institute for Operations Research and the Management Sciences, October 1997.

BLISCHKE, W. R. & MURTHY, D. N. P. **Product warranty management - I: A taxonomy for warranty policies**, In: European Journal of Operational Research, 1992a, p. 127-148.

BLISCHKE, W. R. & MURTHY, D. N. P. **Product warranty management – III: A review of mathematical models**, In: European Journal of Operational Research, v. 62, 1992c, p. 1-34.

BLISCHKE, W. R.. & MURTHY, D. N. P. **Product warranty management – II, an integrated framework for study**, In: European Journal of Operational Research, 1992b, p. 261-281.

Chattopadhyay G. **Warranty cost analysis for second-hand products sold with 2d-policies**, In: The 5th Conference of the Asia-Pacific Operations Research Societies Whithin IFORS, Singapore, July 2000.

DONALD, N. I., REID, S. & BRENNAN J. R. **Warranty cost-risk analysis**, In: Proceedings of annual reliability and maintainability symposium, 1991, p. 332-339.

FINBAR, O'Neill. **Hyundai motor america CEO responds to Isuzu warranty statement**, The auto channel contacts, october 1999. **http://www.theautochannel.com:8080/news/press/date/19991020/press001614.html**,

LEGNER, C. OHL, S. & NAKHAEIZADEH G. **Knowledge discovery in database: mining in warranty cost data**, In: Proceedings of Cybernetics and Systems, January, 1996.

LINDNER, G. **Applicantions of data mining at daimlerchrysler**, http://www.solomon-eu-net.com/Sem1Abrochure.html, april, 2000.

LOOMBA, A. P. S. Historical Perspective of the Warranties. In: BLISCHKE W. R. & MURTHY D. N. P. **Product warranty handbook:** New York, Marcel Dekker, March 1996a, Cap. 2, p. 29-46.

LOOMBA, A. P. S. Warranty and product distribution. In: BLISCHKE W. R. & MURTHY D. N. P. **Product warranty handbook:** New York, Marcel Dekker, March 1996b, Cap. 19, p. 453-481.

MARJORIE, S. **Warranty sharing heats up : survey of auto warranty costs for dealers and automakers**, In: Cahners Publishing Company, December, 1999.

MENZEFRICKE U. **Prediction of warranty costs during a given period of time**, In: INFOR, v. 31, no 2, May 1993, p. 127-135.

MITRA A. & PATANKAR J. G. **An integrated multicriteria model for warranty cost estimation and production**, In: European Journal of Operational research, v. 45, 1990, p. 347-355.

MOZCOWITZ, H. **A poisson model for two-attribute warranty policies**, In: Naval Research Logistics, v. 41, 1994, p. 355-376.

MURTHY, D. G. & NGUYEN, D. G. **Optimal replace-repair strategy for servicing products sold with warranty**, In: European Journal of Operational Research, 1989, v. 39, p. 206-212.

MURTHY, D. N. P. , ISKANDAR B. P. & WILSON, R. J. **Two-dimensional failure-free warranty policies: Two-dimensional point process models**, In: Operations Research, v. 43, march-april, 1995, p. 356-366.

MURTHY, D.N.P. & CHATTOPADHAYA, G. **Warranties for second hand products**, In: Proceedings of the FAIM'99 Conference, Netherlands, July 1999.

MURTHY, D.N.P. & CHATTOPADHAYA, G. **Warranty cost analysis for second-hand products**, Mathematical And Computer Modelling, v. 31, nº 10-12, may-jun 2000, p.81-88.

NEUTS, M. F. **Renewal process of phase type**, In: Naval Research Logistics, Quaterly, v. 25, 1978, p. 445-454.

POLATOGLU, H. & SAHIN I. **Probability distributions of cost, revenue and profit over a warranty cycle**, In: European Journal of Research Operational, v. 108, 1998, p. 170-183.

RAO, B. M. **Algorithms for the free replacement warranty with phase-type lifetime distribuitions**, In: IIE Transactions, 1995, v. 27, p. 348-357.

SARAWGI, N. & KURTZ, K. S. **A simple method for predicting the cumulative failures of consumer products during the warranty period**, In: proceedings of annual reliability and maintainability symposium, 1995, p. 384-390.

SINGPURWALLA, N. D., ELIASHBERG, J. & WILSON, S. **Calculating the reserve for a time and usage indexed warranty**, In: Management Science, v. 43, n. 7, July 1997, p. 966-975.

WASSERMAN G. S. **A comparison of three strategies for forecasting warranty claims**, In: IIE Transactions, 1996, v. 28, p. 967-977.

WASSERMAN G. S. **An application of dynamic linear models for predicting warranty claims**, in Computers ind. Engineering, 1992, v. 22, p. 37-47.

YUN, W. Y. & MOON, I. **Warranty cost analysis under continuous sales**, In: Journal of the Operational Research Society, v. 49, 1998, p. 176-178.

YUN, W. Y. **Expected value and variance of warranty cost of repairable product with two types of warranty**, In: International Journal of Quality & Reliability Management, v. 7, no.7, 1997, p. 661-668.