

MODELO DE PREVISÃO PARA PRIORIZAÇÃO DE PEÇA DE REPOSIÇÃO

Hiamara Aparecida Vieira

hiamara.vieira@hotmail.com

Ubirajara Rocha Ferreira

ferreir@feg.unesp.br

Fernando Augusto da Silva Marins

fmarins@feg.unesp.br

UNESP

Resumo

Este trabalho aborda o problema de disponibilidade de peças de reposição para o atendimento às solicitações dos clientes na pós-venda, principalmente dos setores naval, aéreo e siderúrgico que participam de um mercado que apresenta características próprias. Este estudo propõe um modelo para auxiliar na decisão gerencial, com respeito ao perfil do estoque de peça de reposição na organização, considerando que não é viável estocar todos os tipos de peças de reposição, tendo assim que identificar quais agregam valor. O modelo é inclusivo e combinou o Método de Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios e a Combinação desses critérios. O primeiro procedimento encontra, com julgamentos de diferentes profissionais, um resultado consolidado e priorizado, enquanto que o segundo combina grupos com características semelhantes e priorizados entre si. O modelo conseguiu reduzir a dificuldade de seleção de peças de reposição equilibrando as necessidades das diferentes áreas.

Palavras-chave: Peça de Reposição; Previsão; Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios; Combinação dos Critérios.

ABSTRACT

This paper focuses the problem of spare parts availability for the fulfillment of the after-market customers, mainly the naval, aviation and steel industries, which are part of a market that has its own characteristics. This study envisages to propose a model that can help in management decisions, regarding the profile of spare parts stock in the organization, considering that it is not viable to stock all kinds of spare parts, thus having to identify which ones can aggregate value for customer. The model is inclusive and matched the Multiple Criteria Decision Aid and a combination of these criteria. The first envisages to reach a consolidated and prioritized result, through the judgment of different professionals, whereas the second seeks to find groups with similar characteristics prioritized among each other. The model got to reduce the difficulties of choosing spare parts balancing the needs of different areas.

Key words: Spare Parts; Forecasting; Multiple Criteria Decision Aid; Combination of Criteria.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

1. Introdução

Segundo Huiskonen (2001), as pesquisas referentes a inventário, inclusive de peças de reposição, produziram teorias básicas para diferentes situações de controle de estoques. Na prática, inventários de peças de reposição são, freqüentemente, gerenciados a partir da aplicação de princípios de gerenciamento geral, que não dão suficiente atenção às peças de reposição que possuem características de baixo (quase nenhum) giro, alto custo de obtenção, elevado tempo de reposição e uso específico. Além disso, o controle é usualmente focado em inventários locais e não tanto na cadeia de suprimentos como um todo, principalmente em relação às necessidades da área de suporte ao cliente.

Costa (2005) evidencia que as organizações dos setores naval, aéreo e siderúrgico, devido às suas características próprias, normalmente mantêm elevados estoques de itens de reposição que eventualmente ou nunca são consumidos. Esses estoques, pelas características já apresentadas, normalmente geram elevados custos, dentre eles de oportunidade (dinheiro que poderia ser aplicado em outro negócio da organização ou no mercado financeiro), de gestão, de armazenamento e de inventário. Outro aspecto também importante está relacionado à ruptura do estoque, ou seja, falta da peça de reposição, que costuma ocasionar a parada do equipamento e/ou do processo a ele vinculado, causando diretamente a insatisfação do cliente.

Nesse ambiente, a gestão de estoques, no que tange à aquisição de peças de reposição, assume papel estratégico, pois deve garantir operações de baixo custo, reduzindo os níveis de investimentos e, ao mesmo tempo, atender aos crescentes requisitos de melhorias de níveis de serviço que o mercado exige de forma contínua.

A gestão tradicional de estoque de peças de reposição, segundo Botter & Fortuin (2000), não consegue fornecer um modelo adequado considerando a assistência pós-venda, uma vez que as condições para a sua aplicação não são satisfeitas, já que o padrão de consumo é irregular, pequeno, com tempos de resposta de reposição longos e custos de aquisição elevados.

A assistência pós-venda tem, entre suas responsabilidades, o reparo dos produtos e sistemas defeituosos. Quanto menor for o tempo desse reparo maior será a satisfação do cliente e essa satisfação é um dos fatores determinantes na venda de novos produtos ou serviços. Para isso, uma quantidade suficiente de peças de reposição deve ser mantida em estoque para atender a determinados níveis de serviço ao cliente (SILVER; PETERSON, 1985; WANKE, 2003).

As peças de reposição que não constam do planejamento por não estarem contempladas nos princípios de gerenciamento geral e que são utilizadas eventualmente, são consideradas especiais. Elas devem ter um tratamento adequado, a fim de que sejam identificadas, conforme a política da organização, quais agregam valor à área de suporte ao cliente na geração de receitas, tornando-se um diferencial para a venda de novos produtos e serviços. Para isso, é essencial ter conhecimento do perfil dos clientes.

Segundo Dias & Corrêa (1998), os gestores necessitam continuamente desenvolver ferramentas para a tomada de decisão. A experiência somente não é suficiente; são necessárias técnicas formais e eficientes que ajudem a fundamentar as decisões.

Para aumentar a confiabilidade, Ghobbar & Friend (2004) identificaram que a maioria das organizações utiliza mais de um método para determinar o estoque de peças de reposição, com base na quantidade de ordem econômica: técnica de lote, a mais simples das técnicas de ordenação das variáveis; fixação de ordens por requisito de tempo, gerando sobras de inventário; ordem por demanda por período fixo; algoritmo período-peça e menores custos. Mas, mesmo assim, as áreas de manutenção não consideram esses métodos efetivos por não tratá-los como requisitos técnicos, optando, assim, por ter um inventário mínimo, com lotes pequenos, que eleva o custo operacional.

Figueiredo; Fleury; Wanke (2003) consideram que a gestão das peças de reposição tem na assistência pós-venda, um aspecto pouco explorado e que vem ganhando força por meio do serviço ao cliente. Os aspectos financeiros e/ou de logística não são os únicos a serem considerados sob o ponto de vista da satisfação do cliente. O tempo de reparo, a substituição das peças necessárias, a confiabilidade dos serviços prestados, a qualidade dos produtos dentre outros, são também considerados pelo cliente. Para muitas organizações que enfrentam um ambiente competitivo, a satisfação dos clientes é determinante para a continuidade no mercado, principalmente nos setores naval, aéreo e siderúrgico.

A oportunidade está em suprir os clientes com as peças de reposição que reduzem o tempo de parada dos equipamentos, oferecer serviços de manutenção, cumprir os prazos acordados e oferecer um diferencial na compra de novos produtos.

Três aspectos justificam o trabalho aqui descrito: a falta de confiabilidade dos métodos em suprir um modelo que atenda a necessidade das áreas de manutenção, o serviço de pós-venda pouco explorado pelas empresas e a alta infidelidade dos clientes devido à baixa satisfação.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Assim, desenvolve-se neste trabalho, como objetivo geral, um modelo de previsão de priorização de demanda de peça de reposição, visando à minimização da falta dessas peças que são desconsideradas pelo gerenciamento geral. Com esse modelo, pretende-se aumentar o valor agregado referente ao atendimento ao cliente na pós-venda, contribuindo para a tomada de decisão gerencial e respeitando, principalmente, as restrições de custo de oportunidade, de gestão, de armazenamento e de inventário.

Como objetivos específicos, teve-se:

- Estruturar o problema como um Método de *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA), por meio da identificação do objetivo e dos critérios, que serão utilizados para atendimento de um determinado nível de serviço;
- Descrever o método *Analytic Hierarchy Process* (AHP), dentro do MCDA com relação ao problema, atribuindo valores de importância para os critérios escolhidos, realizando o julgamento entre eles pelos profissionais e obtendo a priorização do resultado consolidado;
- Descrever a combinação dos critérios, e atribuir o valor de importância, a partir dos valores obtidos pelo AHP, obtendo a combinação priorizada dos critérios;
- Acrescentar ao processo de previsão de demanda de peça de reposição à percepção humana da área de suporte ao cliente, utilizando os critérios priorizados e a combinação priorizada dos critérios.

O trabalho está estruturado como se segue. Na seção 2, apresenta-se a delimitação e a classificação da pesquisa. Na seção 3, há uma revisão bibliográfica sucinta, sobre suporte ao cliente, manutenção, previsão de peça de reposição, valor percebido, nível de serviço e também, sobre Método de Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios, utilizando o *Analytic Hierarchy Process* (AHP). A aplicação do modelo é abordada na seção 4, em uma situação hipotética, com dados fictícios. Os resultados e suas análises são apresentados na seção 5. A conclusão e sugestão de novos estudos estão na seção 6, seguidas das referências citadas.

2. Delimitação e caracterização da Pesquisa

A aplicação do modelo de previsão de demanda de peça de reposição restringe-se a seis critérios que atendem às exigências do estudo, porém o modelo permite a inclusão de novos requisitos, desde que o número de critérios não ultrapasse 9, conforme Forman & Selly (2001) e também restringiu-se a quatro profissionais que atendem à exigência do estudo, mas é possível ter mais profissionais analisando e opinando. Outro requisito considerado é que não há como ter peças de reposição com alteração de fornecedores ou priorizá-las devido à sua especificidade, o que requer confiabilidade e prazos reduzidos.

3. Revisão bibliográfica

O suporte ao cliente, segundo Zeithalm *et al.* (1990), trabalha com as expectativas dos clientes que são formadas com base em alguns fatores: as suas necessidades e desejos; a sua experiência passada; a comunicação boca-a-boca; a comunicação externa da organização e o preço. Os fatores influenciadores da expectativa do cliente estão representados na Figura 1.



Figura 1. Fatores influentes da expectativa do cliente.

(Fonte: Zeithalm *et al.*, 1990).

Conforme cada fator (Figura 1) existem níveis de expectativas desejados pelo cliente com relação aos serviços prestados que não se encontram em um nível claro e bem definido. Na realidade, existem faixas de expectativas com as quais o cliente se orienta em função dos fatores influenciadores. Essas faixas, estabelecidas por Zeithalm *et al.* (1990), são:

Perfeição: ideal absoluto de serviço perfeito;

Máximo possível: o máximo viável;

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Desejável: um bom padrão;
Justo: um padrão justo pelo preço;
Mínimo tolerável: padrão mínimo tolerável; e
Intolerável: padrão fora do limite tolerável.

Johnston; Clark (2002) estabeleceram uma maneira de representar essas faixas, como mostra a Figura 2.

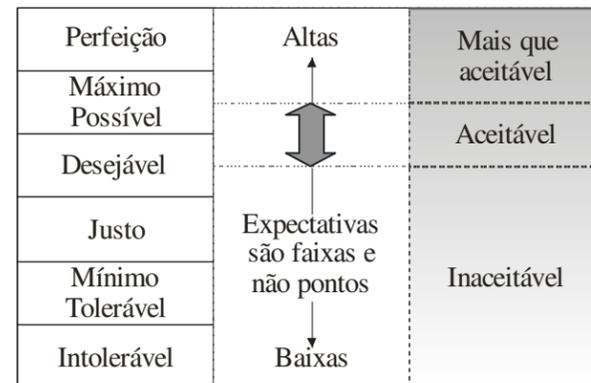


Figura 2. Faixa de expectativas e limites de aceitabilidade do cliente.
 (Fonte: Johnston; Clark, 2002).

Portanto, qualquer que seja a estratégia de relacionamento adotada com o cliente deve envolver pelo menos dois objetivos: sua fidelização e a extensão desse relacionamento à sua própria rede de relacionamento. Cada organização estabelece o nível de qualidade de serviços que deseja em função das necessidades de seus clientes e do seu público-alvo.

A manutenção é uma função estratégica dentro da organização; o seu desempenho afeta diretamente o desempenho da organização, pois ela deve garantir a disponibilidade dos equipamentos e instalações com confiabilidade, segurança e custos controlados. Entender cada tipo de manutenção e aplicar o mais adequado, corretamente é fator de otimização da atividade e lucro ou sobrevivência para a organização (KARDEC; NASCIF, 2007).

Pinto; Xavier (2001, p.17) destacam que a “manutenção existe para que não haja manutenção (...) as falhas são evitadas e não simplesmente corrigidas” e complementam dizendo que “a organização da manutenção deve ser de maneira que o equipamento só pare de produzir de forma planejada”. Esses autores consideram, ainda, os seguintes tipos de manutenção: preditiva, preventiva e corretiva. A conceituação permite a escolha do tipo mais conveniente para um determinado equipamento, instalação ou sistema, em função da probabilidade de detecção, como apresentado na Figura 3.

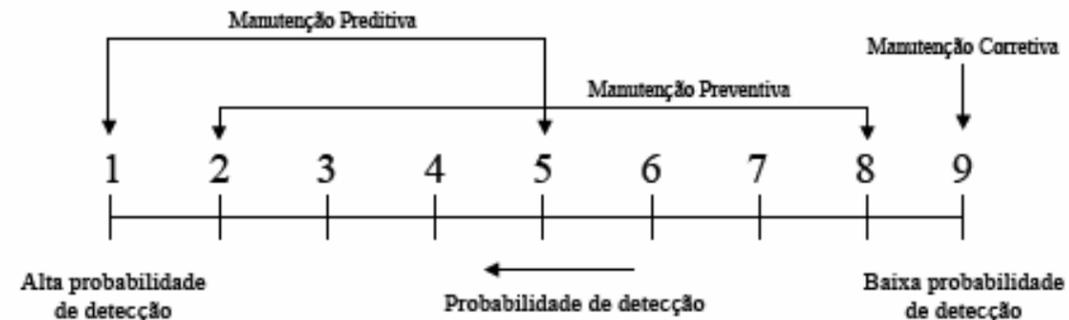


Figura 3. Probabilidade de detecção de falhas e os tipos de manutenção.
 (Fonte: Mirshawka, 1991)

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Na Figura 3, o fator probabilidade varia de 1 a 9, indicando a probabilidade de detecção da causa antes que ela venha provocar a falta e, em função disso, é escolhido o tipo de manutenção. Em determinados setores, como na aeroespacial, siderurgia e naval, a adoção de manutenção preventiva é imperativa, pois o fator segurança se sobrepõe aos demais.

Segundo Fleury *et al.* (2000), para um atendimento de determinado nível de serviço, ao menor custo possível, a previsão de vendas em organizações do setor de serviços assume um importante papel na determinação das políticas de capacidade mais adequadas. E, para esse setor, as previsões de venda são importantes, basicamente pelas incertezas do mercado e impossibilidade de estocar os serviços para formar um colchão amortecedor.

Fleury *et al.* (2000) consideram uma questão crucial, no setor de serviços, o dimensionamento da capacidade de seu sistema operacional (quanto e quando expandir) em relação à falta de capacidade que pode implicar na deterioração dos níveis de serviços prestados ao cliente, ou seja, o *trade-off* existente entre o custo de manter excesso (ou não) de capacidade e o custo de faltar (ou não) capacidade. Ainda segundo os mesmos autores, o processo ideal de previsão de vendas se dá quando é acrescida a percepção humana, também considerada como técnica qualitativa dentro da ferramenta que calcula as previsões, na medida em que busca adicionar informações referentes ao mercado que não são percebidas pelas técnicas quantitativas e previsão de vendas, conforme mostra a Figura 4.

Com isso, destaca-se a importância de acrescentar a percepção da área de suporte ao cliente, que convive diretamente com eles, conhecendo suas necessidades e insatisfações, principalmente em relação às peças de reposição cobertas pelo período de garantia do produto vendido.

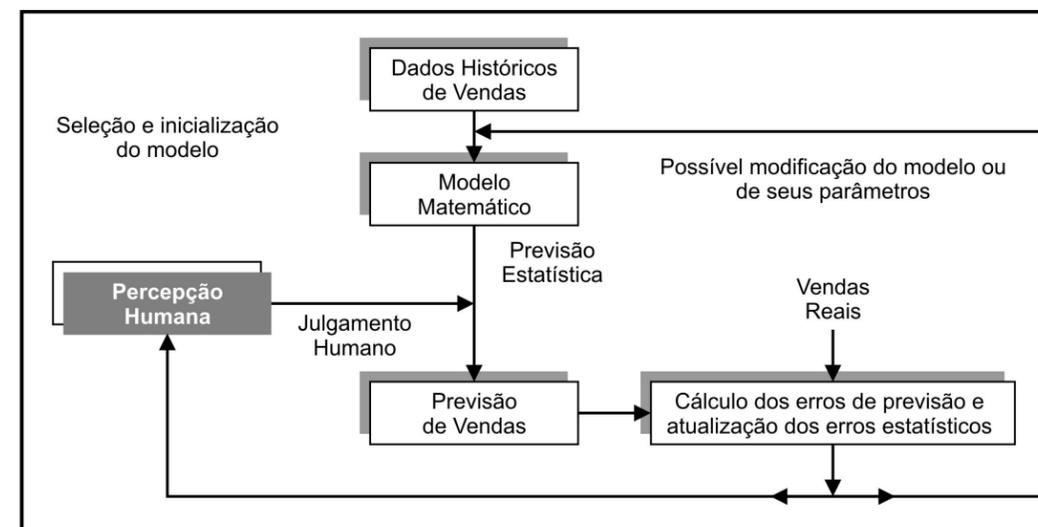


Figura 4. Percepção humana acrescida ao modelo matemático de previsão de vendas
(Fonte: adaptado de Fleury et al., 2000).

Segundo Porter (1989), a organização é rentável quando o valor que se impõe é maior que os custos envolvidos para criação do produto, e o que se deve usar na análise da posição competitiva é o valor e não o custo.

Figueiredo (2004) descreve a fidelização dos clientes e comenta que satisfação é uma condição necessária, mas que não é suficiente para que o cliente volte a repetir a compra. Acrescenta, ainda, que satisfazer exige atender às expectativas, o que pode envolver o estado emocional e não o racional.

Wanke (2005) diz que nível de serviço ao cliente pode ser medido em termos de disponibilidade do produto final, como no indicador conhecido como *Fill Rate*.

Gasnier (2007) considera que o indicador *Fill Rate* (Equação 1) trata do aspecto mercadológico (ponto de vista do cliente), refletindo as expectativas e exigências dos clientes, em termos da disponibilidade dos produtos finais e prazos de entrega:

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

$$\text{Fill Rate (Nível de Serviço)} = \frac{\text{Solicitações completamente atendidas dentro do prazo pré-estabelecido}}{\text{Total de solicitações recebidas no período}} [\%] \quad (1)$$

Coelho; Monteiro (2005, p.28) consideram o giro de estoque como “o número de vezes em que o estoque é renovado durante um determinado período”. Segundo Garcia; Lacerda; Arozo (2001), o giro é um parâmetro fácil para a comparação do estoque, entre organizações do mesmo ramo de atividade e entre classes de material do estoque.

Os métodos de Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios, ou *Multiple Criteria Decision Aid* (MCDA), são utilizados em situações complexas em que há necessidade de se levar em consideração múltiplos, mais do que um critério ou atributo, muitas vezes com objetivos conflitantes e de difícil mensuração, além do que, em muitos casos, são utilizados critérios de ordem qualitativa, de acordo com Doumpos & Zopounidis (2002).

Salomon (2004) identificou que os métodos MCDA tradicionais mais utilizados no Brasil, são *Analytic Hierarchy Process* - Método de Análise Hierárquica (AHP), *Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique* (MACBETH) e a família *Elimination et Choix Traduisant la Réalité* (ELECTRE).

O método AHP refere-se às relações de prioridade ou importância, quantificando os julgamentos pelo grau de importância entre os critérios ou atributos de uma forma direta, enquanto os outros fazem a priorização de forma indireta. O AHP contempla os julgamentos de várias pessoas, conseguindo obter entre elas um equilíbrio e até certo consenso, além de verificar a consistência desses julgamentos.

Ao se tratar de peças de reposição, o foco é estabelecer uma ordem de prioridades direta entre os critérios, a fim de identificar quais devem ser colocadas em estoque em primeiro lugar para atingir as metas estabelecidas. O método que se encaixa nesse perfil é o AHP.

O método AHP, desenvolvido por Saaty (1991), divide em níveis hierárquicos o problema de decisão, facilitando, assim, sua compreensão e avaliação. Esse Método, após a divisão do problema em níveis hierárquicos, determina, por meio da síntese dos valores dos critérios de decisão, uma medida global para cada uma das alternativas, priorizando-as ou classificando-as ao final.

Uma matriz de julgamento é construída de forma que o julgador analisa primeiramente os critérios dois a dois, de acordo com o nível de importância de um para com o outro, procurando responder às seguintes perguntas: qual dos dois contribui mais para a melhor escolha da peça de reposição? Quantas vezes um critério contribui mais que outro? O julgamento pode ser feito em grupo, por quantas pessoas forem necessárias, para se conseguir uma homogeneização dos critérios, aplicados sob o ponto de vista técnico, administrativo e estratégico.

Esses julgamentos obedecem à Escala Fundamental de Saaty (1980), apresentada na Figura 5.

Valor	Definição	Explicação
1	Igual importância de ambos os critérios	Os dois critérios contribuem igualmente para o objetivo.
3	Moderada importância de um critério sobre o outro	A experiência e o julgamento favorecem um critério em relação ao outro.
5	Forte importância de um critério sobre o outro	Um critério é fortemente favorável.
7	Muito forte importância de um critério sobre o outro	Um critério é muito fortemente dominante.
9	Extrema importância de um critério sobre o outro	A evidência favorece um critério em relação ao outro com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

Figura 5. Valores para julgamento dos critérios (Escala Fundamental de Saaty)

Fonte: Saaty (1980).

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

A decisão em grupo tem por objetivo o consenso entre diferentes especialistas a respeito de um assunto e pode ser realizada pela Média Geométrica dos julgamentos individuais (COSTA; RISICATO; TORRES, 2006), que consegue sintetizar todos os julgamentos em uma única matriz e o resultado será a base para obter a prioridades entre os critérios. Após a obtenção da Matriz Média Geométrica, é preciso normalizar a matriz de forma que os seus valores sejam válidos para qualquer amostragem considerada. A partir desta matriz são atribuídos os pesos relativos dos critérios (Saaty, 1991). A interpretação de dados é usualmente feita pelo uso de métodos estatísticos. Entretanto, há uma outra técnica que também permite esta análise, conhecida por Mineração de Dados, ou *Data Mining* (PRIETO *et al.*, 2004), que utiliza os métodos lógicos. Esses métodos baseiam-se nas expressões “Sim” ou “Não”, “Verdadeiras” ou “Falsas”, “Não Importante” ou “Importante”, por meio da aplicação de operadores booleanos e comparativos aos valores das características ou atributos.

Neste trabalho cada critério é classificado em “mais importante” ou “menos importante”, sendo necessário combinar cada um deles de maneira a encontrar todas as possibilidades viáveis, obtendo um resultado mais refinado, e auxiliando com mais detalhes e subsídios à decisão gerencial, que deve buscar atender as necessidades e expectativas de seus clientes.

A forma escolhida foi a combinação sem repetição (Equação 2) que considera que a ordem dos critérios não altera o resultado. De maneira geral, indica quantas combinações, grupos de s elementos diferentes em um grupo de n elementos diferentes podem ser formados.

$$C_s^n = \frac{n!}{s!(n-s)!} \quad (2)$$

4. Aplicação do modelo

Para o problema enfrentado pelas organizações na decisão de quais peças de reposição devem ser estocadas, propõe-se o uso do método AHP para a definição dos critérios e sua ponderação e a combinação dos critérios para a classificação e combinação priorizada dos critérios, de forma a conciliar os objetivos estratégicos desejados.

Como já citado, a gestão tradicional de estoque de peças de reposição não fornece um modelo adequado que considere os requisitos da área de suporte ao cliente e que entenda as suas necessidades. Para que os requisitos sejam considerados, é necessário fazer um levantamento (lista) de todas as peças de reposição que não constam do planejamento por não estarem contempladas nos princípios de gerenciamento geral e que, portanto, devem ter procedimentos diferenciados.

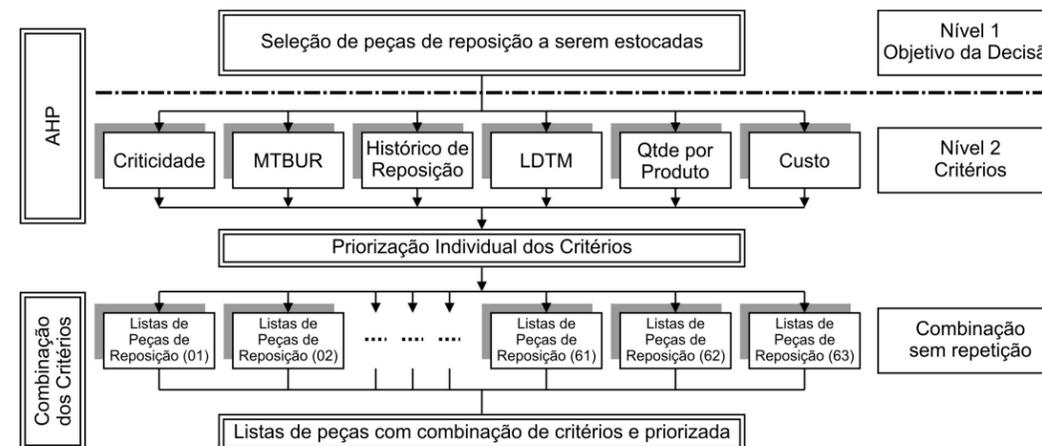


Figura 6. Estrutura hierárquica para o exemplo de seleção de peças de reposição

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

O problema foi estruturado conforme a Figura 6, que apresenta a decisão apoiada em dois níveis, para calcular o peso dos critérios, de acordo com o modelo AHP e, após a priorização individual, utiliza a combinação dos critérios para obter as listas de peças de reposição classificadas, combinadas e priorizadas, conforme o conceito da combinação sem repetição.

Como já comentado, o modelo é inclusivo o que permite a alteração dos critérios. Os critérios selecionados tiveram por base a experiência dos pesquisadores, sendo escolhidos os seis mais significativos. São eles:

Criticidade - refere-se ao requisito da aeronáutica para **Aeronave no Solo**, ou **Aircraft On the Ground (AOG)**. Esse critério é alfabético (“*Not applicable*”, “*Go*”, “*Go If*” e “*No Go*”) sendo sua ordem crescente, respectivamente. Quanto mais crítico for o critério, mais relevante é para a análise, pois o produto final não opera. Porém, pode-se utilizar tal conceito para outros setores, com o intuito de medir a sua criticidade;

Mean Time Between Unscheduled Removals (MTBUR) - representa o tempo médio de remoção da peça. Esse critério é numérico e é medido em meses. Quanto menor for o seu valor, mais relevante é para a análise, pois existe maior possibilidade de troca;

Histórico de reposição - representa quantas unidades foram trocadas durante um determinado período. Esse critério é numérico e é medido em anos. Quanto maior for o seu valor, mais relevante é para a análise, pois existe mais chance de ser usado;

Lead-Time (LDTM) - representa “o tempo que decorre entre a liberação de uma ordem (de compra ou produção) e o momento a partir da qual o material referente à ordem está pronto e disponível para uso” (CORRÊA; GIONESI; CAON, 2001, p.118). Esse critério é numérico e é medido em meses. Quanto maior for o seu valor, mais relevante é para a análise, pois demanda tempo para se produzir ou comprar;

Quantidade por produto - representa a quantidade de peças de reposição que é utilizada por produto final. Esse critério é numérico e é medido em quantidade de peça. Quanto maior for o seu valor, mais relevante é para a análise, pois maior será a chance de ser usado;

Custo - critério numérico dado em unidades monetárias. Quanto menor for o valor, mais relevante é para a análise, pois é possível adquirir maior número de peças com o mesmo valor.

Para efetuarem os julgamentos, foram selecionados quatro profissionais com representatividade na área de suporte ao cliente e planejamento de peça de reposição, com as características:

Representante técnico – tem atuação direta no atendimento ao cliente, com foco principalmente no problema técnico;

Planejador de peças de reposição – tem atuação indireta no atendimento ao cliente, com foco principalmente na disponibilidade de peças de reposição e no custo do estoque;

Administrador de garantia – tem atuação direta no atendimento ao cliente, com foco principalmente no cumprimento dos requisitos da Garantia e no tempo de disponibilidade contratual das peças;

Administrador logístico – tem atuação direta no atendimento ao cliente, voltado principalmente a disponibilização de peças para o atendimento nos serviços a serem prestados.

Esses profissionais, além de contribuírem com sua visão, levaram em conta, ainda, a estratégia da organização. Os resultados dos seus julgamentos estão nas Tabelas de 1 a 4.

Tabela 1. Julgamento do profissional de Administrador de Garantia

Administrador de Garantia	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	1	1	1	5	7	9
MTBUR (M)	1	1	1	3	5	7
Histórico de reposição (H)	1	1	1	3	5	5
LDTM (L)	1/5	1/3	1/3	1	3	5
Qtde por produto (Q)	1/7	1/5	1/5	1/3	1	5
Custo (U)	1/9	1/7	1/5	1/5	1/5	1

Nota-se que o Administrador de Garantia considerou os critérios criticidade, MTBUR e histórico de reposição como os mais importantes, inclusive atribuindo a eles o mesmo grau de importância. Isso ocorreu, principalmente, devido à atividade estar ligada às solicitações dos clientes e a necessidade de atendê-los de forma contratual.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 2. Julgamento do profissional de Administrador Logístico

Administrador Logístico	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	1	3	1	3	7	9
MTBUR (M)	1/3	1	1	5	5	7
Histórico de reposição (H)	1	1	1	3	9	7
LDTM (L)	1/3	1/5	1/3	1	3	3
Qtde por produto (Q)	1/7	1/5	1/9	1/3	1	1/3
Custo (U)	1/9	1/7	1/7	1/3	3	1

O Administrador Logístico também considerou os critérios criticidade, histórico de reposição, MTBUR como os mais importantes, porém atribuiu uma importância moderada ao critério criticidade sobre o MTBUR. Isso ocorreu, principalmente, devido à atividade estar ligada às solicitações dos clientes e a necessidade de atendê-los nos casos em que quanto mais crítico for o problema, mais ágil deve ser o serviço prestado.

Tabela 3. Julgamento do profissional do Representante Técnico

Representante Técnico	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	1	3	1	5	3	9
MTBUR (M)	1/3	1	1/3	5	3	7
Histórico de reposição (H)	1	3	1	7	3	7
LDTM (L)	1/5	1/5	1/7	1	1/5	3
Qtde por produto (Q)	1/3	1/3	1/3	5	1	5
Custo (U)	1/9	1/7	1/7	1/3	1/5	1

O julgamento do Representante Técnico também considerou os critérios criticidade, histórico de reposição e MTBUR como os mais importantes, porém atribuiu uma importância moderada aos critérios criticidade e histórico de reposição sobre o MTBUR. Isso ocorreu, principalmente, devido à atividade vivenciar de perto o problema técnico e a necessidade de resolvê-lo rapidamente, colocando o produto novamente disponível para uso, cuidando para que novas ocorrências não ocorram.

Tabela 4. Julgamento do profissional do Planejador de peça de reposição

Planejador de Peça de Reposição	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	1	1/3	1/5	3	3	1/3
MTBUR (M)	3	1	1/3	5	7	1/3
Histórico de reposição (H)	5	3	1	7	9	3
LDTM (L)	1/3	1/5	1/7	1	3	1/5
Qtde por produto (Q)	1/3	1/7	1/9	1/3	1	1/7
Custo (U)	3	3	1/3	5	7	1

O Planejador de Peça de Reposição considerou os critérios custo, histórico de reposição e MTBUR como os mais importantes, porém não igualando nenhum critério. Isso ocorreu, principalmente, devido à atividade estar ligada ao planejamento de peças e ao custo de ter e manter o estoque, precisando, além de indiretamente atender as necessidades dos clientes através da disponibilidade das peças, manter um estoque com um giro adequado, procurando evitar obsolescência.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Após os julgamentos dos profissionais foi necessário fazer a conciliação desses julgamentos de forma a se ter uma única matriz (média geométrica), apresentada na Tabela 5. Na seqüência foi necessário realizar a normalização dos julgamentos (Tabela 6). Estabelecida a normalização da matriz, a próxima etapa foi encontrar os pesos relativos de cada critério que estão na

Tabela 7.

Tabela 5. Matriz Média Geométrica de julgamentos da importância relativa dos critérios

Matriz Média Geométrica	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	1,0000	1,3161	0,6687	3,8730	4,5826	3,9482
MTBUR (M)	0,7598	1,0000	0,5774	4,4006	4,7867	3,2700
Histórico de reposição (H)	1,4953	1,7321	1,0000	4,5826	5,9040	5,2068
LDTM (L)	0,2582	0,2272	0,2182	1,0000	1,5244	1,7321
Qtde por produto (Q)	0,2182	0,2089	0,1694	0,6560	1,0000	1,0446
Custo (U)	0,2533	0,3058	0,1921	0,5774	0,9573	1,0000
Somatório	3,9849	4,7901	2,8257	15,0895	18,7550	16,2016

Tabela 6. Normalização de julgamentos da importância relativa dos critérios

Normalização dos Critérios	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Criticidade (C)	0,2509	0,2747	0,2367	0,2567	0,2443	0,2437
MTBUR (M)	0,1907	0,2088	0,2043	0,2916	0,2552	0,2018
Histórico de reposição (H)	0,3753	0,3616	0,3539	0,3037	0,3148	0,3214
LDTM (L)	0,0648	0,0474	0,0772	0,0663	0,0813	0,1069
Qtde por produto (Q)	0,0548	0,0436	0,0599	0,0435	0,0533	0,0645
Custo (U)	0,0636	0,0638	0,0680	0,0383	0,0510	0,0617

Tabela 7. Pesos Relativos e Classificação dos critérios

Pesos Relativos	Valor Normalizado	Classificação
Criticidade (C)	0,2512	2°
MTBUR (M)	0,2254	3°
Histórico de reposição (H)	0,3384	1°
LDTM (L)	0,0740	4°
Qtde por produto (Q)	0,0533	6°
Custo (U)	0,0577	5°

Cada peça de reposição possui suas características expressas em números e condições, descritas anteriormente. A fim de que esses números e condições possam ser simplificados e utilizados de maneira fácil é necessário identificá-los em nível de importância (0 e 1). Quando o número ou condição é menos importante para o critério, atribui-se o valor 0, caso contrário, sendo mais importante para o critério, atribui-se o valor 1. Com essa operação se distinguem os valores e condições que são relevantes para a análise, e assim é necessário fazer a combinação desses valores para identificar onde cada peça de reposição se encaixa.

A Tabela 8 apresenta os valores adotados para cada critério, sendo que a leitura do critério criticidade deve ser, quanto maior a criticidade maior é a recomendação de tê-la em estoque, enquanto que para o MBTUR deve ser, quanto

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

menor o MTBUR maior é a recomendação de ter a peça de reposição em estoque. Para os demais critérios o raciocínio é o mesmo, seguindo os números e condições descritas na Tabela 8.

Tabela 8. Valores adotados para cada critério em níveis

Valores Adotados	Nível mais importante		Nível menos importante	
	(1)	Condição	(0)	Condição
Criticidade (C)	alta	"no go" ou "go if	baixa	"Go" ou "Not applicable"
MTBUR (M)	pequeno	< 1700	grande	≥ 1700
Histórico de Reposição (H)	alto	> 20	baixo	≤ 20
LDTM (L)	alto	> 4	baixo	≤ 4
Qtde por produto (Q)	alta	> 1	baixa	= 1
Custo (U)	baixo	< 1000	alto	≥ 1000

A combinação dos critérios visa a agrupar as peças que possuem as mesmas características em diversas listas, sendo que em cada lista não é possível diferenciar uma peça de outra pelos critérios adotados, pois todas as peças têm o mesmo peso. Com isso, tem-se em função dos critérios estabelecidos, uma combinação do maior número de características até o menor número destas:

$$C_6^6 = \frac{6!}{6!(0)!} = 1; C_5^6 = \frac{6!}{5!(1)!} = 6; C_4^6 = \frac{6!}{4!(2)!} = 15; C_3^6 = \frac{6!}{3!(3)!} = 20; C_2^6 = \frac{6!}{2!(4)!} = 15; C_1^6 = \frac{6!}{1!(5)!} = 6; \text{ ou}$$

seja, têm-se 63 combinações possíveis.

Cada combinação possibilita uma melhor classificação e facilita o planejamento no momento de incorporar as peças de reposição especiais ao estoque da organização, porém estas ainda não estão priorizadas e, para isso, é utilizada a classificação obtida através do AHP, que contempla as visões dos profissionais.

Tabela 9. Matriz de resultado de cada combinação

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

		C0															
		M0								M1							
		H0				H1				H0				H1			
		L0		L1		L0		L1		L0		L1		L0		L1	
		Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1	Q0	Q1
U0		0,00	5,33	7,40	12,72	33,84	39,17	41,24	46,57	22,54	27,87	29,94	35,27	56,38	61,71	63,78	69,11
U1		5,77	11,10	13,17	18,50	39,62	44,94	47,02	52,34	28,31	33,64	35,71	41,04	62,16	67,48	69,56	74,88

		C1															
		M0								M1							
		H0				H1				H0				H1			
		L0		L1		L0		L1		L0		L1		L0		L1	
		Q0	Q1														
U0		25,12	30,44	32,52	37,84	58,96	64,29	66,36	71,69	47,66	52,98	55,06	60,38	81,5	86,83	88,90	94,23
U1		30,89	36,22	38,29	43,62	64,73	70,06	72,13	77,46	53,43	58,76	60,83	66,16	87,28	92,60	94,67	100

A Tabela 9 apresenta o peso calculado para cada combinação com a soma dos pesos relativos, do modelo AHP, dos critérios que estão no nível mais importante. Vale ressaltar que nas combinações os pesos foram somados e a notação utilizada é 1, quando é nível mais importante, e 0 quando é nível menos importante.

O resultado obtido com a combinação dos critérios e a priorização do AHP com a visão dos profissionais foi interessante, pois mostra que combinações com menos critérios podem ser mais importantes que combinações com mais critérios, e isso, ocorre por causa da priorização. Este resultado indica que escolher quais peças estocar, não é simplesmente identificar aquelas com combinações maiores, pois assim se poderia estocar peças que podem não alterar o nível de serviço e aumentar os custos da organização.

5. Análise dos Resultados

Utilizando os valores de julgamentos dos profissionais, pode-se observar que os pesos relativos referentes aos critérios têm variação conforme o enfoque dado às peças de reposição. Os profissionais que estão em contato com o cliente diretamente consideraram o critério criticidade fundamental para o nível de serviço, enquanto o planejador de peça de reposição não o levou tanto em consideração. Por outro lado, o planejador considerou o critério custo da peça de reposição muito importante, enquanto os outros profissionais o consideraram pouco importante. Por esse fato, justifica-se o embate entre a área de planejamento de peça de reposição e a de suporte ao cliente.

O critério MTBUR é o que apresenta a ponderação mais igualitária entre os profissionais, pois sua variação entre o menor valor e o maior valor com relação ao conciliado foi a menor entre os critérios, demonstrando a importância desse critério e a sua concordância para encontrar as peças de reposição que devem constar no estoque. Em relação aos outros critérios, cada área ponderou de maneira diferente, mas suas variações foram bem diversificadas, destacando o Custo com a maior variabilidade, ou seja, o que tem importância relativa conforme o julgador. A Tabela 10 apresenta os pesos encontrados individualmente, para cada julgador, e o conciliado.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

Tabela 10. Pesos Relativos dos Julgamentos dos Profissionais e o Conciliado

Julgamentos	Criticidade (C)	MTBUR (M)	Histórico de reposição (H)	LDTM (L)	Qtde por produto (Q)	Custo (U)
Planejador	8,731	17,642	41,402	5,109	2,913	24,203
Representante Técnico	30,822	17,944	31,209	4,957	12,249	2,818
Administrador Logístico	32,975	23,378	26,932	8,983	3,170	4,561
Administrador de Garantia	30,663	25,389	24,348	10,257	6,323	3,021
Conciliado	25,118	22,541	33,843	7,399	5,326	5,773

A conciliação dos julgamentos, por meio da média geométrica, consegue fazer uma distribuição bem equilibrada entre os vários pontos de vista, como apresenta a Figura 7. Com isso, consegue-se nivelar o julgamento de forma a equilibrar os resultados, eliminando as tendências naturais de cada profissional, o qual está voltado, em muitos casos, para o objetivo específico de seu departamento, e não o da organização.

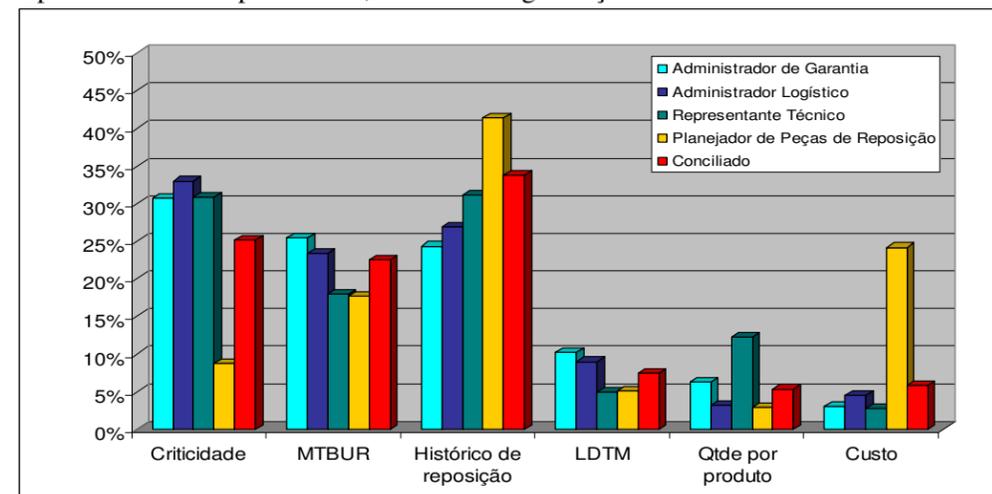


Figura 7. Distribuição dos pesos relativos dos julgamentos.

A combinação dos critérios dividiu a lista total em 63 listas menores de peças de reposição. Essa divisão objetiva facilitar a decisão do gestor e do departamento responsável pelo planejamento de peças de reposição, no momento de incorporar as peças necessárias ao estoque, pois já estão contempladas as várias visões dos profissionais e passam a fazer parte do controle do planejamento.

Cabe a este departamento de planejamento determinar até que lista será atendida dentro da ordem estabelecida pelo modelo. Assim, todos os envolvidos estarão cientes do que foi contemplado na análise, podendo, por meio dos indicadores de *Fill Rate* e Giro de Estoque, refinar o desempenho das escolhas e realimentar o processo, caso haja desvio dos objetivos da organização.

Em uma lista classificada por critérios, o esperado para ser incorporado ao estoque é que, quanto maior for o número de critérios que cada peça de reposição atendesse, maiores seriam as chances de ser parametrizada para ser estocada. Mas, essa lógica na prática não leva em consideração a experiência dos profissionais e fica novamente defasada em relação à realidade.

Ao usar o método AHP e os critérios do conciliado, que leva em consideração a experiência e o contato com os clientes, percebe-se que a classificação sofre alterações significativas em sua ordem, como mostra a Figura 8. O custo direto das peças de reposição deixa de imperar na classificação e o custo indireto da satisfação do cliente passa a prevalecer e torna a classificação mais próxima da realidade, ou seja, ter um nível de serviço melhor.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

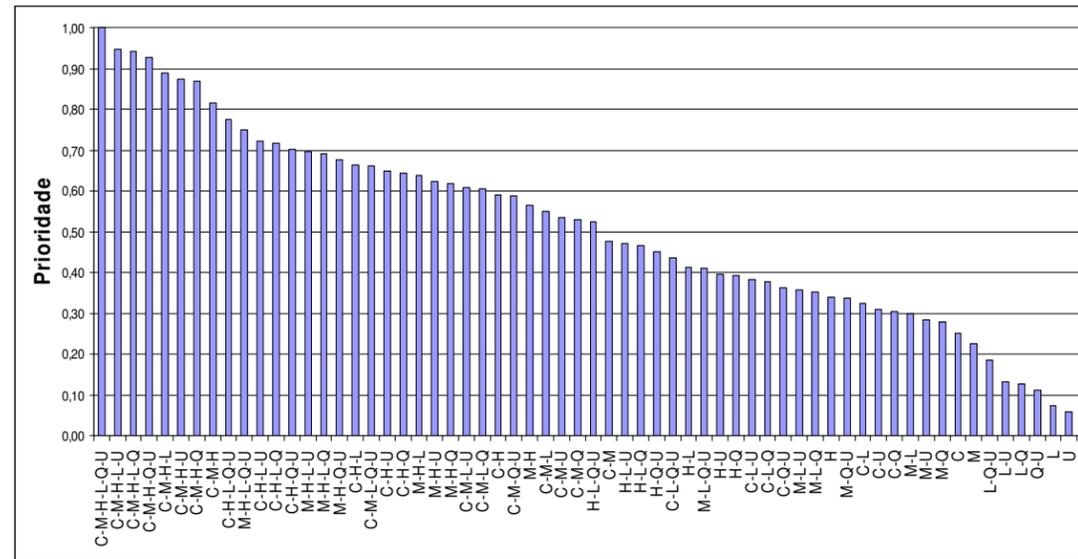


Figura 8. Prioridade das Combinações em Função dos Critérios do Conciliado

Analisando a Figura 8, nota-se que a distribuição das combinações em grau de importância, não representa uma distribuição simples, como comentado na Tabela 9. A Figura 8 mostra que as combinações com menos critérios podem ser mais importantes que combinações com mais critérios, e isso ocorre por causa da priorização de critérios obtidos pelo AHP. Este resultado tem por objetivo auxiliar o gestor em sua tomada de decisão, apresentando subsídios para decidir o que fazer, em termos de estoque de peça de reposição, para alcançar os objetivos da organização. Sua decisão deve ser baseada não somente no resultado que o modelo apresentou, mas também no quanto a organização quer obter de nível de serviço, no investimento necessário e no orçamento disponível para estocar, e outras variáveis de decisão que venham a ser importante.

A decisão em grupo (conciliação dos julgamentos) se mostra importante para obter o equilíbrio dos julgamentos. É possível perceber que o modelo proposto consegue adequar as necessidades das diversas áreas de maneira empírica e de fácil realização em relação ao processo intuitivo de escolher as combinações com mais critérios até as com menos critérios. Além do mais, a avaliação dos critérios pode ser revista a cada novo momento, quando a demanda e os requisitos mudarem, partindo do ponto em que se está atualmente para a nova situação, preservando a experiência adquirida empiricamente, que antes estava baseada somente em pessoas.

6. Considerações Finais

Este trabalho tratou da dificuldade em priorizar as peças de reposição a serem selecionadas e estocadas, buscando um equilíbrio entre as necessidades da área de Suporte ao Cliente e a área de Planejamento de peça de reposição. Com respeito aos objetivos deste trabalho, conclui-se que:

– Utilizando o Método de Auxílio à Decisão por Múltiplos Critérios modelou-se o problema da escolha da peça de reposição de maneira a encontrar uma priorização entre os critérios que pudesse ser alterado sem dificuldades e que a cada nova mudança de cenário, com relação à demanda, requisitos dos clientes, estratégia da organização e outros, não se perde todo o trabalho realizado e inclui-se a percepção humana de modo empírico.

– O AHP foi escolhido como o método para obtenção do MCDA e está estruturado de forma a conciliar o julgamento de vários profissionais estabelecendo uma priorização dos critérios entre si, alcançando uma classificação do critério considerado mais importante até o menos importante, com o escopo de contemplar o maior número de peças de reposição que consegue satisfazer às necessidades de atendimento. Esta decisão em grupo se mostra importante, principalmente para a obtenção do equilíbrio entre as várias opiniões e conseqüentemente das necessidades dos profissionais envolvidos.

– Devido às características das peças de reposição de poder ter mais de um critério, surgiu a necessidade de realizar a combinação entre estes critérios, atribuindo um valor limite de cada um, identificando quando um critério deve ser considerado no nível mais ou menos importante. O resultado obtido com a combinação dos critérios e a priorização do AHP é interessante, pois mostra que combinações com menos critérios podem ser mais importantes que

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

combinações com mais critérios. Para isso, foi utilizado o conceito da combinação sem repetição, que utiliza as possíveis combinações dos critérios, conseguindo reduzir a dificuldade de seleção de peças de reposição.

O resultado obtido com a combinação dos critérios e a priorização do AHP com a visão de profissionais, apresenta-se interessante, pois mostra que combinações com menos critérios podem ser mais importantes que combinações com mais critérios.

– As classificações das peças a serem estocadas, que foram dimensionadas com base no julgamento dos profissionais (parâmetros da percepção humana), servem para auxiliar na tomada de decisão de quais peças devem ser incluídas no modelo de gerenciamento geral de previsão de demanda de peça de reposição para se ter o nível de atendimento ao cliente desejado pela organização.

O modelo descrito oferece o embasamento metodológico na escolha das peças que devem fazer parte do estoque, conseguindo, por meio dos indicadores *fill rate* e giro de estoque, determinar se as avaliações dos profissionais estão atendendo à estratégia da organização e, com isso, dar subsídios para que medidas de ações corretivas possam ser implementadas com base nos dados e não em opiniões. Esses dois indicadores determinam se o estoque está dimensionado corretamente em termos de satisfação do cliente e de custo para a organização. Quanto maior for o *fill rate* e o giro de estoque, melhor será para o cliente e para a organização.

Como seqüência desse trabalho, propõe-se a utilização da lógica Fuzzy para obter a matriz de julgamentos e ainda a oportunidade de utilizar a técnica Delphi como ferramenta para obtenção do consenso entre diferentes especialistas.

Referências Bibliográficas

BOTTER, R. e FORTUIN, L. (2000) Stocking strategy for service parts: a case study. *International Journal of Operations & Production Management*, v.20, n.6, pp. 656-674.

COELHO, F. e MONTEIRO, A. A. S. (2005) Gestão de Investimento. *Revista Pensar Contábil*, Ano VI, n.26, Nov/Dez -Jan, pp.28-32.

CORRÊA, H. L., GIONESI, I. G. N. e CAON, M. (2001) Planejamento, Programação e Controle da Produção. Atlas, São Paulo.

COSTA, J. C. (2005) Gestão de estoque de materiais de baixíssimo giro considerando processos críticos para organização. VIII SEMEAD – FEA/USP, Seminários em Administração FEA-USP.

COSTA, J. F. S, RISICATO, L. B.e TORRES, C. A. (2006) Metodologia Multicritério na Avaliação de Custos na Segurança do Trabalho. Rio de Janeiro: Universidade do Estado do Rio de Janeiro.

DIAS, G. P. P. e CORRÊA, H. L. (1998) Uso de simulação para dimensionamento e gestão de estoques de peças sobressalentes. *Anais do SIMPOI*, FGVP.

DOUMPOS, M. e ZOPOUNIDIS, C.(2002) *Multicriteria Decision Aid Classification Methods*. Kluwer, Holanda.

FIGUEIREDO, K. (2004) A Logística e a Fidelização de Clientes. Disponível em: <<http://www.centrodelogistica.com.br/new/logistica-fidelizacao.htm>>. Acesso em: 10 de maio de 2008.

FIGUEIREDO, K. F., FLEURY, P. F. e WANKE, P. (2003) Logística e gerenciamento da cadeia de suprimentos. Atlas, São Paulo.

FLEURY, P. F., WANKE, P. e FIGUEIREDO, K. F. Logística Empresarial – A perspectiva brasileira. Atlas, São Paulo.

FORMAN, E. e SELLY, M. A. (2001) *Decision By Objectives: How to convince others that you are right*. Washington: World Scientific, 2001.

GARCIA, E. S. e LACERDA, L. S.; AROZO, R. (2001) Gerenciando Incertezas no Planejamento Logístico: O Papel do Estoque de Segurança. *Tecnológica*. Fevereiro.

GASNIER, D. (2007) Gestão de materiais: a Finalidade dos Estoques. Disponível em: <http://www.exercito.gov.br/06OMs/gabcmtext/PEG-EB/artigopdf/Materiais.PDF>. Acesso em: 18 ago 2007.

PESQUISA OPERACIONAL PARA O DESENVOLVIMENTO

- GHOBBAR, A. A. e FRIEND, C. H. (2004) The material requirements planning system for aircraft maintenance and inventory control: a note. *Journal of Air Transport Management*, n.10, 2004. pp.217–221.
- HUISKONEN, J. (2001) Maintenance spare parts logistics: special characteristics and strategic choices. *International Journal of Production Economics*, n.71, pp.125-133.
- JOHNSTON, R. e CLARK, G. (2002) *Administração de operações de serviços*. Atlas, São Paulo.
- KARDEC, A. e NASCIF, J. (2007) *utenção: Função estratégica*. 2 ed. Qualitymark, São Paulo.
- MIRSHAWKA, V. (1991) *Manutenção Preditiva: caminho para o Zero defeito*. Makron McGraw-Hill, São Paulo.
- PINTO, A. K. e XAVIER J. N. (2001) *Manutenção: Função Estratégica*. 2 ed. Qualitymark, Rio de Janeiro.
- PORTER, M. E. (1989) *Vantagem competitiva*. Campus, São Paulo.
- PRIETO, R. G., COLLAZOS L. K., PINTO, L. G. e ORTIZ, J. L. R. (2004) Programa de mineração de dados para análise de diabetes & hipertensão. *Anais do IX Congresso Brasileiro de Informática em Saúde*.
- SAATY, T. L. (1991) *Método de análise hierárquica*. McGraw-Hill, Rio de Janeiro.
- SAATY, T. L. (1980) *The Analytic Hierarchy Process*. McGraw-Hill, New York.
- SALOMON, V. A. P. (2004) *Desempenho da modelagem do auxílio à decisão por múltiplos critérios na análise do planejamento e controle da produção*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- SILVER, E. e PETERSON, R. (1985) *Decision systems for inventory management and production planning*. Wiley , New York.
- WANKE, P. (2003) *Gestão de estoques na cadeia de suprimentos*. Atlas, São Paulo.
- WANKE, P. (2005) Metodologia para gestão de estoques de peças de reposição: um estudo de caso em empresa brasileira. *Revista Tecnológica*, Dez, pp. 60-65.
- ZEITHALM, V. et al. (1990) *Delivering Quality Service*. The Free Press, New York.