



USO DO MÉTODO AHP (*ANALYTIC HIERARCHY PROCESS*) PARA OTIMIZAR A CADEIA DE SUPRIMENTOS DURANTE O DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTOS¹

Reinaldo Fagundes Dos Santos | rfsantos@ita.br , reinaldof@siberdobrasil.com.br | ITA
Arcione Ferreira Viagi | afviagi@gmail.com | ITA

RESUMO

Este artigo apresenta conceitos de estatística e de análise de decisão aplicados à Cadeia de Suprimentos, de forma a melhorar sua performance global durante o Desenvolvimento Integrado de Produtos (DIP). Inicialmente serão sumarizados os conceitos do Método de Análise Hierárquica (AHP), Controle Estatístico de Processo (CEP) e Engenharia Simultânea (CE) seguido da proposição de um modelo que busca a quebra do paradigma onde as especificações de projeto são mandatórias e não questionáveis. Este modelo procura ajudar os gestores no processo de análise de alternativas para tomada de decisão em ambiente integrado de projeto em empresas manufatureiras.

Palavras-chave: CEP, DFX, Análise de Decisão, AHP, Engenharia Simultânea, SCM, DIP.

1. INTRODUÇÃO

Porter (1991, p. 22) afirma que “a meta da estratégia competitiva para uma unidade empresarial em uma indústria é encontrar uma posição dentro dela em que a companhia possa melhor se defender contra forças competitivas ou influenciá-las em seu favor”, neste mesmo sentido, Hansen e Mowen (2001, p. 423) conceituam vantagem competitiva como sendo “a criação de um valor melhor para o cliente por um custo igual, ou mais baixo, do que aquele oferecido pelos competidores”. Porém na atualidade, em um ambiente globalizado e muito competitivo, são requeridos das indústrias capacitação além da simples utilização de ferramentas de gestão e desta forma novos paradigmas devem aflorar para ajudar as organizações manufatureiras. Muitas empresas têm dificuldade em se desligar dos paradigmas atuais dando espaço a novos paradigmas, segundo Corbett (1997) as empresas tentaram resolver os problemas melhorando o paradigma existente, porém somente criou metodologias mais complexas que mantiveram as mesmas deficiências, pois não se pode mudar um paradigma sem se libertar totalmente do paradigma anterior.

1 Artigo publicado originalmente nos anais do SIMPOI 2009

Muitas organizações já atingiram um bom nível de excelência interna, sendo o novo desafio a busca da excelência no gerenciamento de toda a cadeia de suprimentos e desta forma ampliando a busca pela melhoria global.

O CSCMP (*The Council of the Supply Chain Management Professionals –*) define o gerenciamento da cadeia de suprimentos (*SCM – Supply Chain Management*) como o planejamento e gerenciamento de todas as atividades envolvidas na cadeia, abrangendo todos os participantes, fornecedores, intermediários e clientes. Assim, um mecanismo de análise e gerenciamento das especificações de projeto através do método AHP e suportado por um modelo estatístico será de grande valia na busca de melhorias globais onde as especificações de projeto que muitas vezes são vistas como imutáveis e não questionáveis, passam a ser questionadas em todos os níveis da cadeia de suprimentos. Em suma, o crescimento das empresas em um ambiente globalizado, depende de uma mudança radical nos conceitos de seu gerenciamento e a gestão da qualidade de forma inovadora poderá ser utilizada na geração de vantagens competitivas.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar e analisar criticamente os modelos atuais de gestão, em um ambiente de desenvolvimento integrado de produto nas indústrias manufatureiras e propor uma quebra de paradigma através de um modelo de tomada de decisão, que simula a sensibilidade do processo produtivo versus a especificação, dando subsídios para a decisão de gerar uma nova especificação onde o atual processo esteja adequado ou intervir no processo. Esta proposta surgiu a partir de uma revisão bibliográfica dos atuais modelos utilizados.

A metodologia de pesquisa deste trabalho requer a utilização da abordagem quantitativa, utilizando diversos teoremas matemáticos, aliado a uma abordagem qualitativa para a análise e suporte à decisões que estejam alinhadas aos objetivos estratégicos da empresa. Com estas abordagens, optou-se inicialmente por uma pesquisa bibliográfica, seguida de uma pesquisa descritiva, abrindo possibilidades para uma futura pesquisa experimental.

O presente trabalho está estruturado em 6 seções. Na Seção 2 é apresentado brevemente o método AHP, a Seção 3 apresenta um breve resumo do CEP, seguido na Seção 4 por um resumo de desenvolvimento integrado de produtos utilizando engenharia simultânea com maior foco no dimensionamento dos produtos. A Seção 5 propõe um modelo que busca a quebra do paradigma

onde as especificações de projeto são mandatórias e não questionáveis. Finalmente a seção 6 apresenta as conclusões do presente trabalho.

2. MÉTODO DE DECISÃO MULTICRITÉRIO - AHP (ANALYTIC HIERARCHY PROCESS)

O processo de tomada de decisão em um ambiente empresarial é usualmente complexo e de difícil estruturação. O método do valor esperado, por ser de mais fácil compreensão, acaba sendo o mais utilizado no meio empresarial, porém este método pode levar à miopia nas soluções propostas principalmente em casos de problemas multicritério que caracteristicamente representam quase que a totalidade dos casos empresariais.

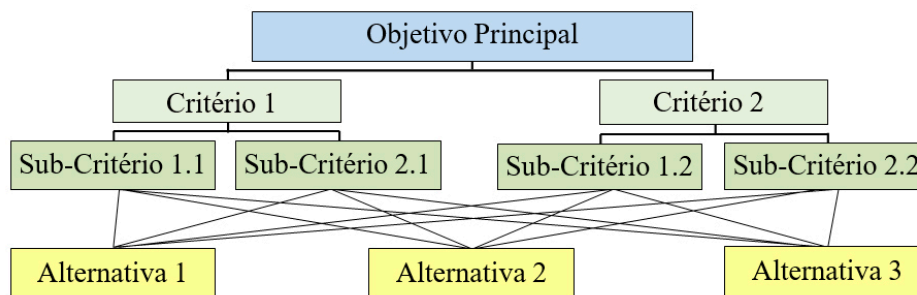
2.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS

Vieira (2006, p. 4) lembra que “na década de 70, surgiram os primeiros métodos do Apoio Multicritério à Decisão. Gomes, Araya e Carignano (2004, p. 41) afirmam que o método AHP foi “um dos primeiros métodos desenvolvidos no ambiente das Decisões Multicritério Discretas, sendo talvez o mais usado no mundo”. Criado em 1980 pelo professor Thomas L. Saaty, o método AHP basicamente estrutura o problema em níveis hierárquicos, iniciando pelos objetivos seguidos dos critérios, sub-critérios e finalmente no último nível as alternativas.

2.2. ESTRUTURAÇÃO EM NÍVEIS HIERÁRQUICOS

Uma das principais fases de uma solução de um problema é o seu entendimento e estruturação, o método AHP divide o problema em níveis hierárquicos e no topo o objetivo principal. A figura 1 esquematiza esta estrutura hierárquica do AHP.

Figure 1 - Estruturação Hierárquica do método AHP



2.3.COMPARAÇÃO PAR A PAR DAS ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

As alternativas devem ser comparadas, par a par, segundo cada sub-critério e estes sub-critérios comparados, par a par, segundo cada critério e o mesmo deve ocorrer com os critérios segundo o objetivo principal. A análise será feita por especialistas ou pelos responsáveis pela decisão, que devem estruturar esta análise em forma de uma matriz de decisão. Esta análise também pode ser representada como apresentado na tabela 1 que compara par a par as três alternativas apresentados na figura 1, após serem analisadas sob o aspecto do sub-critério 1.1.

Tabela 1 - Comparação par a par das 3 alternativas sob o sub-critério 1.1

	Absoluta	Muito Grande	Grande	Pequena	Igual	Pequena	Grande	Muito Grande	Absoluta	
A1								X		A2
A2			X							A3
A1					X					A3

2.4. ESCALA FUNDAMENTAL DE SAATY

Gomes, Araya e Carignano (2004) lembram que Saaty observou que, apesar das diferenças dos estímulos seguirem uma escala geométrica, a percepção dos indivíduos obedece a uma escala linear. Além do fato da existência de um limite psicológico, onde o ser humano pode, no máximo, julgar corretamente de 5 a 9 pontos para distinguir essas diferenças baseado nestes motivos definiu uma escala para as avaliações, contendo 5 pontos de avaliação mais 4 pontos intermediários, esta foi denominada Escala Fundamental de Saaty como é apresentada na tabela 2.

Tabela 2 - Escala Fundamental de Saaty

Intensidade	Pontuação	Forma de Avaliação
1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo
3	Importância pequena de uma sobre outra	A experiência e o juízo favorecem uma atividade em relação à outra
5	Importância grande ou essencial	A experiência ou juízo favorece fortemente uma atividade em relação à outra
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra. Pode ser demonstrada na prática
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra, com o mais alto grau de segurança
2, 4, 6, 8	Valores Intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre duas definições

2.5. MATRIZES DE DECISÃO

As comparações par a par, exemplificada na tabela 1 devem ser organizadas na forma de uma matriz quadrada, que é denominada matriz de decisão. Saaty definiu as regras para construir a matriz de decisão de forma que:

- O elemento $a_{ij} = 1/a_{ji}$.
- Todos os elementos $a_{ii} = 1$, ou seja, toda alternativa ou critério comparado com ele próprio sempre terá igual importância na escala fundamental.

Na figura 2 é apresentada a matriz de decisão quadrada e positiva do exemplo descrito nas comparações par a par da tabela 1.

Figure 2 - Matriz de Decisão do exemplo da Tabela 1

	A1	A2	A3
A1	1	1/7	1
A2	7	1	5
A3	1	1/5	1

2.6. AUTOVETORES E AUTOVALORES DAS MATRIZES DE DECISÃO

Gomes, Araya e Carignano (2004) afirmam ser necessário analisar com cuidado a forma de obter o vetor de prioridade da matriz de comparações par a par, mesmo porque, existem vários métodos propostos. Neste trabalho é utilizado o método numérico da potência, com iterações de vetores, para o cálculo do autovetor e autovalor de forma a obter um valor estável dos mesmos após k iterações. A ideia principal é obter $X_{k+1} = cAX_k$, sendo c uma constante para prevenir que X_{k+1} seja muito grande e desta forma deve-se fazer iterações até que o autovalor se estabilize. A tabela 3 apresenta o cálculo do autovalor e autovetor, após 7 iterações, do exemplo apresentado na figura 2.

Tabela 3 - Autovetor e Autovalor Após 7 Iterações

Itarações		Autovetor		Autovalor
7	0,1193	0,7470	0,1335	3,0126

2.7. RAZÃO DE CONSISTÊNCIA DAS MATRIZES DE DECISÃO

A Razão de Consistência (RC) foi definida através do Índice de Consistência (IC) e do índice Aleatório (RI - *Random Index*), ou seja, $(RC=IC/RI)$. Para RC menor que (0,1) a matriz deve ser considerada consistente, caso contrário o decisor deve ter atenção e eventualmente rever sua avaliação. O valor (0,1) de análise de RI foi obtido de forma empírica.

A equação do Índice de Consistência é definida por $(IC=(\text{Autovalor} - n)/(n-1))$ e Gomes, Araya e Carignano (2004) lembram que pequenas variações de “ a_{ij} ” implicam em pequenas variações do autovalor, em que o desvio do autovetor em relação à “ n ” (número de ordem da matriz) pode ser utilizado como medida de consistência. Desta forma segundo Saaty (1980) a matriz somente será consistente se o autovalor for maior ou igual a “ n ”,

Saaty também propôs os Índices Aleatórios de forma a validar matrizes de acordo com seu tamanho. A tabela 4 apresenta os índices propostos para matrizes de ordem 1 a 10.

Tabela 4 - Índice Aleatório (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	.52	.89	1.11	1.25	1.35	1.40	1.45	1.49

3. CONTROLE ESTATÍSTICO DO PROCESSO - CEP

O CEP busca analisar o desempenho dos processos produtivos de forma a sinalizar sobre a necessidade de investimento na produção para assegurar a capacidade do processo em manter as especificações de projeto. Para Baptista, (1996, p.V) o “CEP é um instrumento de análise do processo, uma radiografia que nos permite verificar o que está acontecendo e, assim, tomar decisões para corrigir falha do processo ou melhorá-lo.”

3.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS

Martins (2005, p. 503) remete ao início do século XX o despertar para o problema da qualidade nas organizações, destacando que qualidade “consiste no desenvolvimento de sistemas que monitoram o projeto, o processo de fabricação, a assistência técnica de um produto ou de um serviço”. Ballestero-Alvarez (2001) lembra que os primeiros trabalhos específicos sobre o tema datam de 1920 a 1930, quando várias contribuições abriram uma perspectiva diferente sobre o tema

e mesmo o surgimento do Gerenciamento da Qualidade Total (TQC – *Total Quality Control*) com grande contribuição de W. D. Deming e J. M. Jurandentre outros.

Costa, Epprecht e Carpinetti (2005) esclarecem que as linhas de produção apresentam a imagem de que todos os produtos produzidos são sempre iguais, porém se observado com mais atenção, será notado que não existem duas peças exatamente iguais no processo e esta desigualdade pode ser analisada através da estatística. Esta idéia é aceita por Martins (2005, p.524) que destaca não haver “dois produtos exatamente iguais, já que os processos que os geram podem apresentar inúmeras fontes de variação”. O processo produtivo varia, porém, se as variações forem conhecidas, controladas e reduzidas, o nível de defeitos produzidos será diminuído. O CEP facilita a identificação de causas de variação da qualidade advindas de causas comuns ou especiais ao processo, permitindo seu controle ou apontando necessidades de investimento em novas tecnologias e processos que possam suportar as especificações determinadas.

3.2. CAUSAS DE VARIAÇÃO

Para Martins (2005) as causas de variação do processo produtivo são classificadas em dois grupos: causas de variação comuns (não assinaláveis) e causa de variação especiais (assinaláveis). As causas de variação comuns são aleatórias e inevitáveis e devem ser conhecidas, pois definem a capacidade do processo. Quando o processo apresenta somente variações comuns sua distribuição é normal e por isso administrável por meio do uso da estatística. Já as causas especiais são ocasionadas por motivos identificáveis e precisam ser eliminadas, evitando que alterem os parâmetros do processo.

3.3. CAPACIDADE DO PROCESSO

Para Meredith (2002, p.88) a “capacidade do processo mede até que ponto o sistema de produção de uma organização consegue atender às especificações do projeto. Nesse sentido se faz necessário a inspeção das operações porque tanto máquinas como homens podem começar a deteriorar e produzir defeitos.”

Costa, Epprecht e Carpinetti (2005, p. 124) afirmam que “os índices de capacidade de processo (ICPs) são parâmetros adimensionais que indiretamente medem o quanto o processo consegue atender as especificações.” Afirmam ainda que os ICPs mais usuais são os indicadores de capacidade

do processo, que serão denominados Cp e Cpk, que como regra geral, quanto maior forem estes indicadores, melhor o processo estará atendendo a especificação. As fórmulas abaixo apresentam a estruturação básica do Cp e Cpk, que serão utilizados neste trabalho:

$$CP=(LSE-LIE)/6Desvios$$

$$Cpk= \text{valor mínimo entre } [(LSE-Média)/3Desvios] \text{ ou } [(Média-LIE)/3Desvios]$$

Sendo:

- LSE – Limite Superior de Especificação
- LSI – Limite inferior de Especificação
- Desvio – Desvio Padrão do Processo Produtivo
- Média – Média do Processo Produtivo

O Cpk está relacionado diretamente ao número de peças defeituosas encontradas em um milhão de peças fabricadas (ppm), neste trabalho um processo novo pode ser considerado capaz se seu Cpk for maior ou igual a 1,33.

4. DESENVOLVIMENTO INTEGRADO DE PRODUTO – ENGENHARIA SIMULTÂNEA

Na atualidade o desenvolvimento integrado de produto passa a ter função vital na competitividade das organizações manufatureiras, onde ele deixa de ser a simples integração do projeto do produto e do processo em toda a empresa, para promover o desenvolvimento de toda a cadeia de suprimentos. Em busca da competitividade, as organizações buscam diferenciação em pelo menos um dos aspectos abaixo:

- Inovação de produtos - com velocidade e eficácia no desenvolvimento de produtos;
- Eficiência operacional – na busca da otimização dos processos de gestão e redução dos custos;
- Foco na maior proximidade com toda cadeia – envolvendo a busca por alianças e ganhos compartilhados com clientes e fornecedores.

Neste sentido, investimentos são feitos visando à estruturação do processo de desenvolvimento de novos produtos, o problema é que além da velocidade necessária para vencer a corrida entre os competidores, há também a crescente complexidade dos novos produtos, envolvendo alta tecnologia, grande número de componentes e quebra de paradigmas nas técnicas de produção.

Na busca destes objetivos, a engenharia simultânea tem sido adotada como solução técnica neste ambiente competitivo, Loiola, Bastos e Teixeira (2004) classifica a engenharia simultânea como sendo uma das práticas que compõe as “Práticas Inovadoras de Gestão da Produção”, destacando assim a importância de se considerar essa prática na formatação de um processo produtivo inovador para a organização da produção.

Neste trabalho será utilizada a abordagem do DFX (*Design for X*) proposta por Huang (1996) com foco especial no projeto das dimensões e tolerâncias (*DDC – Design for Dimensional Control*).

4.1. HISTÓRICO E CONCEITOS BÁSICOS

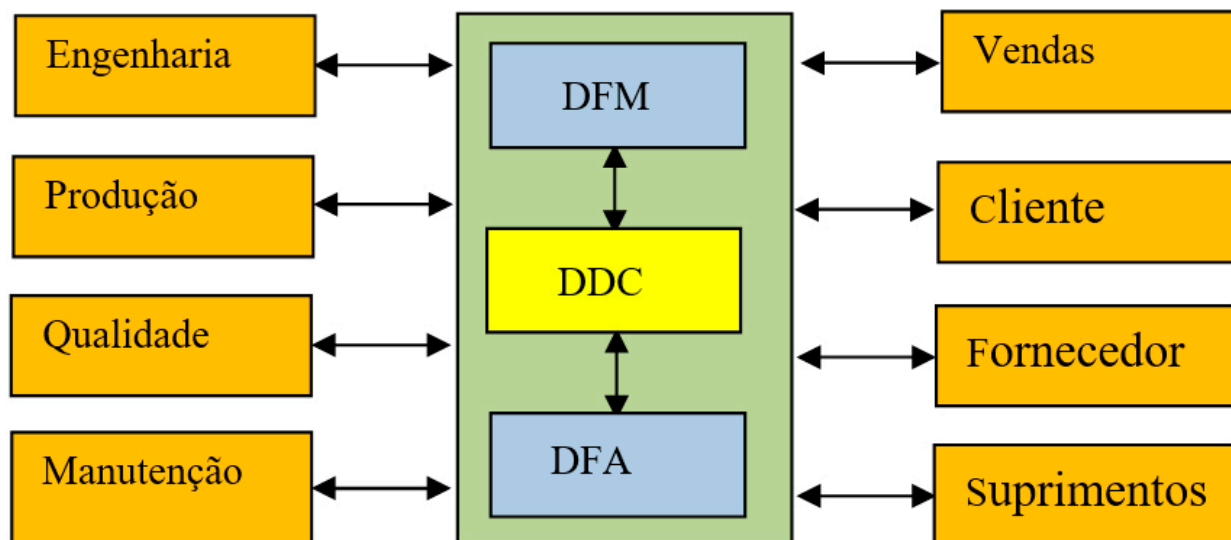
Corrêa (2006) afirma que ferramentas metodológicas, juntamente com um suporte computacional, vinculadas a Engenharia simultânea contribuirão para a redução do tempo de desenvolvimento, eliminando ciclos de retrabalho e impactando de forma positiva na produção. Nesse sentido Huang (1996) apresenta a proposta do DFX como sendo uma das ferramentas mais efetivas para implementar a Engenharia Simultânea, na busca da qualidade total. Sendo o “DF” em DFX o projeto para... (*design for*), e o “X” as diversas fases da engenharia simultânea, por exemplo: DFM (*Design For Manufacturing*), DFA (*Design For Assembly*), etc..

4.2. DDC (DESIGN FOR DIMENSIONAL CONTROL) – PROJETO PARA O CONTROLE DAS DIMENSÕES

A fase de projeto para o dimensionamento do produto é considerada uma das fases mais problemáticas do projeto, pois, em um simples produto pode haver centenas de dimensões para serem especificadas e definidas as suas tolerâncias. Nesta fase é avaliada a interação de todas as dimensões com os componentes que farão interface, além de verificar a disponibilidade dos processos produtivos para manter estas especificações. Huang (1996, p. 173) afirma que “de uma forma ou de outra DDC é importante para todos os produtos manufaturados” complementando que o DDC incorpora uma gama de técnicas e ferramentas de forma a gerar um gerenciamento apropriado dos esforços de engenharia onde o “objetivo do não é eliminar a variação dimensional, pois isto é impossível, mas sim gerenciá-la”.

Uma das dificuldades encontradas pela engenharia, nesta fase, é o conhecimento da relação entre os processos existentes e o novo produto que está sendo criado. A figura 3 apresenta de forma esquemática a interação das áreas e processos durante o DDC que neste trabalho estará intimamente ligado ao Projeto para a Fabricação (DFM) e Montagem (DFA).

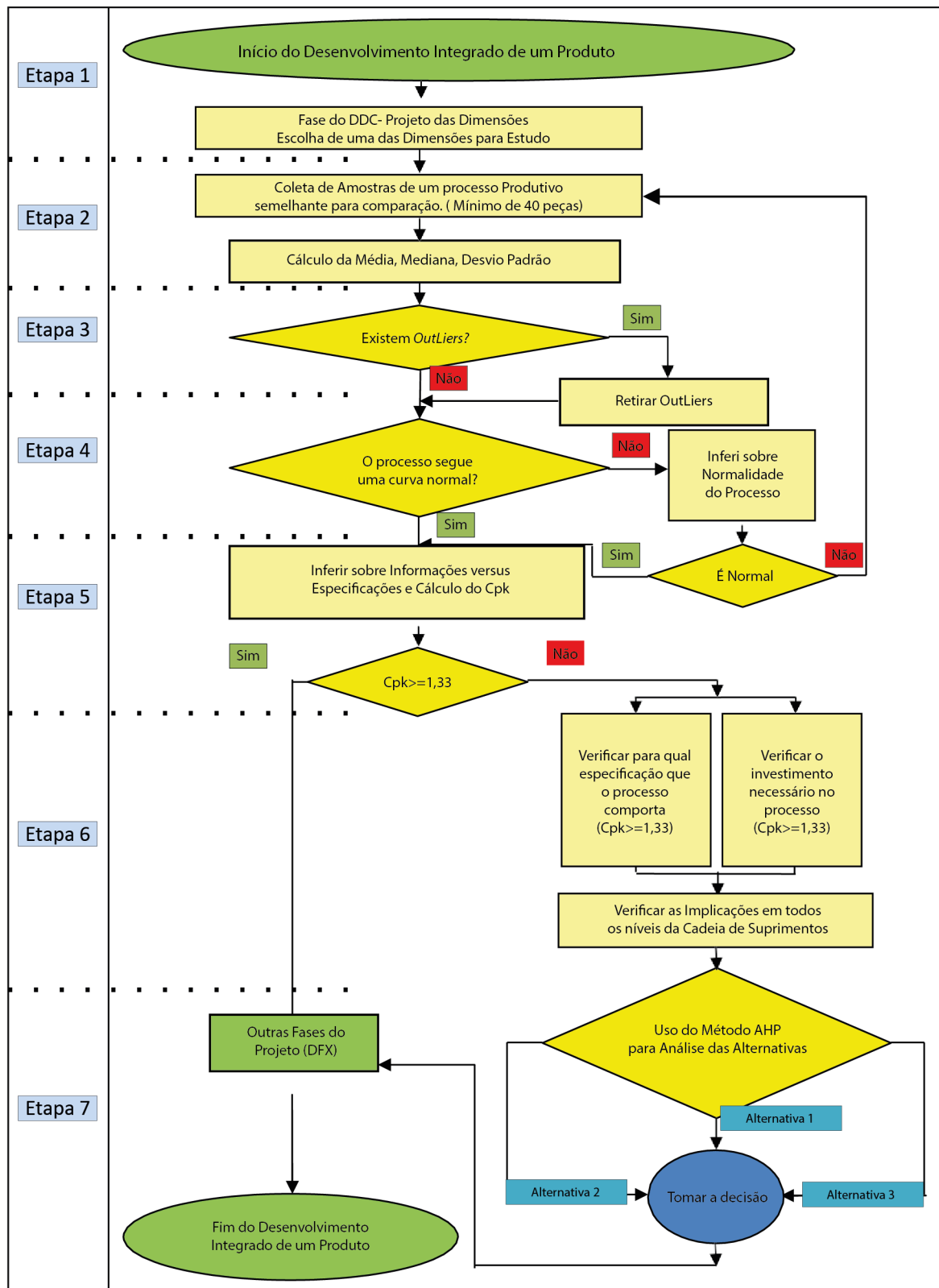
Figura 3 - Interface na Cadeia de Suprimentos durante o DDC – Engenharia Simultânea



5. O MODELO PROPOSTO E SUA OPERACIONALIZAÇÃO

A utilização da engenharia simultânea no desenvolvimento de produtos está alinhada aos objetivos estratégicos não somente das empresas isoladamente, mas de forma global em toda a cadeia de suprimentos. O modelo proposto, ilustrado na figura 4, será detalhado na sequência, apresentando de forma organizada dados dimensionais que darão subsídios aos gestores para fazer análises de alternativas com a utilização do método AHP.

Figura 4 - O Modelo Proposto para DIP na Cadeia de Suprimentos



5.1. CRITÉRIOS PARA A ESTRUTURAÇÃO DO MODELO PROPOSTO

Todas as ferramentas oferecidas para apoio à decisão na cadeia de suprimentos, devem levar em conta sua grandeza e necessidade de integração. O modelo proposto busca, através da coleta e inferência de informações estatísticas, facilitar a análise de diversas alternativas na busca de decisões coerentes durante o Desenvolvimento Integrado de Produtos, minimizando a possibilidade de decisões equivocadas.

5.2. A OPERACIONALIDADE DO MODELO PROPOSTO

O modelo busca focar a cadeia de suprimentos como um todo, de forma a minimizar custos e maximizar os benefícios no desenvolvimento integrado de produtos, apesar do mesmo poder ser utilizado em qualquer fase do processo, mesmo quando um produto já se encontra em regime de produção. Dentre as muitas fases do processo de engenharia simultânea, este trabalho utilizará somente a fase DDC, pois, além de ser uma das fases mais trabalhosas no desenvolvimento de produtos, o dimensionamento frequentemente itera com outros produtos que serão fabricados por outros membros da cadeia de suprimentos.

Como apresentado na figura 4, o modelo proposto é composto por 7 etapas, sendo elas: escolha da dimensão a ser analisada na fase DDC, coleta de amostras, verificação de “OutLiers”, verificação do tipo de distribuição, inferências estatísticas, definição das alternativas e critérios e finalizando com o uso do método AHP para apoio a tomada de decisão.

5.2.1. ETAPA 1 - ESCOLHA DA DIMENSÃO A SER ANALISADA

Nesta Etapa cabe ao projetista a escolha das dimensões a serem analisadas, de forma a avaliar se o processo disponível na empresa terá capacidade para manter as tolerâncias especificadas. A escolha da dimensão é empírica e dependerá da experiência do projetista que analisará uma dimensão em cada ciclo de 7 etapas, devendo-se repetir o processo para todas as dimensões que foram selecionadas.

5.2.2. ETAPA 2 - COLETA DAS AMOSTRAS

A coleta de amostra é muito importante para o sucesso do modelo, pois, conforme Devore (2006, p. 6) “se os dados não são coletados de forma correta, um investigador pode não ter condições de responder às questões em consideração com um nível de confiança razoável”, portanto, a amostra deve ser aleatória e representativa com mais de 40 peças. As amostras devem ser obtidas de um processo produtivo similar ao processo requerido pelo desenvolvimento integrado do produto em questão. Uma determinada dimensão será observada e com os valores obtidos deve-se calcular a média, a mediana além dos valores máximo e mínimo.

5.2.3. ETAPA 3 - VERIFICAÇÃO DE “OUTLIERS”

Um ponto importante é a busca de “*outliers*”, ou seja, medições totalmente fora do padrão e que possivelmente tenham ocorrido por falha de verificação ou mesmo transposição de dados. Para verificação destes possíveis “*outliers*” este trabalho sugere que seja utilizado o método de Grubbs (GRUBBS, 1969).

5.2.4. ETAPA 4 - VERIFICAÇÃO DA DISTRIBUIÇÃO

Para possibilitar qualquer inferência sobre os dados coletados, já extraídos os “*outliers*”, a amostra deve seguir uma distribuição normal e para tanto deve-se fazer um teste de aderência. O mais usual e considerado um dos mais robustos é o teste KS (Kolmogorov Smirnov), porém como o teste de normalidade pelo método de Qui2 é de fácil visualização para análise dos problemas da distribuição, neste trabalho é proposto que sejam feitos ambos os testes.

Na possibilidade do processo não ter uma distribuição normal, o decisor pode verificar as divergências que tornam a distribuição do processo irregular e decidir se pode considerar como normal e continuar o processo de avaliação ou, caso contrário, o decisor deve solicitar novas amostras com critérios de aleatoriedade e representatividade mais robustos.

5.2.5. ETAPA 5 - INFERÊNCIAS ESTATÍSTICAS

Nesta fase o decisor deve fazer inferências sobre os resultados e verificar se a média está muito deslocada da mediana, o que não deverá ocorrer em um processo estável, também é importante a verificação se a média da amostra corresponde a média da especificação. Outro aspecto é se os

valores mínimo e máximo correspondem com o mínimo e máximo da especificação e a expectativa de ppm do processo para aquela determinada especificação. Caso os parâmetros acima estiverem bons, o valor de Cp e Cpk serão maiores ou iguais à 1,33.

Caso o Cp e Cpk atendam a expectativa de (1,33), não existe problema e o projeto deve continuar com esta especificação, porém caso contrário o decisor deverá analisar os aspectos relativos a produção e engenharia em toda a cadeia de suprimentos, envolvendo fornecedores, clientes dentre outros. Os principais aspectos a serem observados referem-se a uma mudança de especificação, onde elevaria o Cp e Cpk para os níveis desejados, porém sem se esquecer de verificar em todas as interfaces na cadeia de suprimentos (envolvendo clientes e fornecedores) qual será o investimento em engenharia necessário para atender esta nova especificação. Outro aspecto é relativo ao investimento necessário para a adequação do processo atual à especificação inicial, ou como uma solução intermediária onde uma pequena mudança de especificação associada a uma pequena mudança de processo atenderão os objetivos. Finalizando com a análise de quais os benefícios poderão ser obtidos em cada uma das situações acima.

5.2.6. ETAPA 6 - DEFINIÇÃO DAS ALTERNATIVAS E CRITÉRIOS

Dezenas alternativas e critérios poderiam ser propostas, porém no desenvolvimento integrado de produtos pode haver a necessidade de avaliação de centenas de dimensões e o decisor nem sempre tem o tempo necessário para analisar cenários muito complexos. Este trabalho limitou as alternativas em três e os critérios em dois, de forma a facilitar seu uso em ambiente manufatureiro.

As alternativas para o decisor:

1. Alterar a especificação de projeto;
2. Alterar parcialmente a especificação de projeto e investir simultaneamente no processo produtivo de forma a atender o objetivo;
3. Investir somente no processo produtivo, mantendo a especificação de projeto.

Os critérios:

1. Custos – Qual das alternativas resultará em um menor custo. Este critério é de fácil avaliação por ser quantitativa a base da análise;
2. Benefícios – o decisor irá analisar todos os possíveis benefícios das três alternativas propostas.

5.2.7. ETAPA 7 - USO DO MÉTODO AHP

Após as definições iniciais concluídas, este modelo propõe a utilização do método AHP para auxiliar o decisor(s) na tomada de decisão. Desta forma, após a estruturação hierárquica do problema, as três alternativas serão avaliadas e pontuadas à luz dos dois critérios e finalmente os dois critérios analisados e também pontuados sobre sua importância no atendimento ao objetivo principal (obter $Cpk \geq 1,33$).

6. CONCLUSÃO

Inicialmente foi caracterizado o problema referente à necessidade de sistemas de suporte para auxiliar no desenvolvimento integrado de produtos diante da real necessidade do mercado, referenciando o foco apresentado neste trabalho, qual seja: Proposta de um Sistema para otimizar a cadeia de suprimentos no que tange a fase de dimensionamento durante o desenvolvimento integrado de produto. Operando em um ambiente globalizado e competitivo, as empresas manufactureiras, em sua maioria, ainda têm dificuldade para implementar um modelo eficiente em todas as fases da engenharia simultânea capaz de suprir suas necessidades e desta forma garantir o desenvolvimento de vantagens competitivas sustentáveis. Estas considerações permitem elaborar algumas conclusões deste trabalho:

- Em um ambiente cada vez mais competitivo e globalizado, torna-se imprescindível, para as indústrias, a manutenção de um sistema de desenvolvimento integrado de produtos que proporcione agilidade e competitividade sustentáveis.
- O novo ambiente tecnológico requer novos modelos de gestão, pois, os atuais modelos têm tentado evoluir e resolver os atuais problemas incrementando o paradigma existente ao invés de provocar uma ruptura com os mesmos.
- Este modelo, apesar de aparentemente simples, necessita de um conhecimento muito detalhado da operação de toda a cadeia de suprimentos, o que nem sempre é facilmente obtido. A coleta de amostras de processos similares ao do desenvolvimento nem sempre é uma tarefa fácil e a falta de conhecimento dos processos atuais também pode levar as empresas que utilizam este modelo aos mesmos problemas de gestão apontados anteriormente.

A procura de uma proposta viável, que possa ser utilizada nas empresas apresentadas por este trabalho, surge à efetiva contribuição científica deste trabalho:

- É possível a estruturação de um modelo que utiliza a inferência estatística aliada a um modelo de tomada de decisão, aqui proposto o método AHP, para ajudar no desenvolvimento integrado de produtos em uma de suas fases mais críticas: o projeto das dimensões e tolerâncias. O modelo resultou em um robusto sistema de informações que busca, de forma global, a melhora dos resultados em toda a cadeia de suprimentos, reduzindo o tempo de lançamento de produtos através da minimização de erros.
- Finalmente é possível concluir que o modelo proposto procurou utilizar as ferramentas estatísticas disponíveis e ao mesmo tempo um método de apoio à decisão e desta forma apresentar ferramentas, de simples utilização, que possam atender às necessidades dos gestores na busca do sucesso para suas empresas. Vale ressaltar que, embora o sistema seja aparentemente simples, requer a utilização de diversas ferramentas matemáticas, que, em um ambiente industrial, somente se viabilizará através da utilização de ferramentas de TI (Tecnologia da Informação) e sua validação deverá ocorrer através de um estudo de caso em futuros trabalhos.

REFERÊNCIAS

- BALLESTERO-ALVAREZ, Maria E. **Administração de qualidade da produtividade**. São Paulo: Atlas, 2001.
- BAPTISTA, Nilson. **Introdução ao estudo de controle estatístico de processo**. CEP, Rio de Janeiro: Qualitymark, 1996.
- CORBETT NETO, Thomas. **Contabilidade de Ganhos**. São Paulo: Nobel, 1997.
- CORRÊA, Cássia V. **A Aplicação da Engenharia Simultânea na Dinâmica de Elaboração e Implantação de Projetos para Produção de Alvenaria de Vedação na Construção Civil**. 2006. 158 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.
- COSTA, Antonio F. Branco; EPPRECHT, Eugenio K. e CARPINETTI, Luiz Cesar R. **Controle Estatístico de Qualidade**. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2005.
- DEVORE, Jay L. **Probabilidade e Estatística para Engenharia e Ciências**. São Paulo: Thomson Pioneira, 2006.
- GOMES, L.F.A.M.; ARAYA, M. e CARIGNANO, C. **Tomada de Decisões em Cenários Complexos**. São Paulo: Editora Thomson Learning, 2004.
- GRUBBS, Frank. **Procedures for Detecting Outlying Observations in Samples**, Technometrics, February 1969, Vol. 11, No. 1, pp. 1-21.
- HANSEN, Don R.; MOWEN, Maryanne M. **Gestão de Custos, Contabilidade e Controle**. São Paulo: Thomson Pioneira, 2001.
- HUANG, G.Q. **Design for X – Concurrent Engineering Imperatives**. Great Britain: Chapman & Hall, 1996.
- LOIOLA, Elizabeth, BASTOS, Antonio V. B. e TEIXEIRA, João C. A. A adoção de Práticas Inovadoras de Organização e Produção no Brasil, X SIMPEP, 2004.
- MARTINS, Petrônio Garcia. **Administração da produção**, São Paulo: Saraiva, 2005.
- MEREDITH, Jack R. **Administração da produção para MBAs**, Porto Alegre: Bookman Editora, 2002.
- PORTER, Michael E. **Estratégia Competitiva: técnicas para análise da indústria e da concorrência**. Rio de Janeiro: Campus, 1991.
- SAATY, T.L. **The Analytic Hierarchy Process**. USA: McGraw-Hill, 1980.
- VIEIRA, Gabriela Heimbach. **Análise e Comparação dos Métodos de Decisão Multicritério AHP Clássico e Multiplicativo**. 2006. 53 f. Trabalho de Graduação (Engenharia Mecânica e Aeronáutica) – Instituto Tecnológico de Aeronáutica ITA, São José dos Campos.