



Identificação dos gargalos na produção de bijuterias na Baixada Fluminense

Augusto da Cunha Reis¹
Alessandro Magno Silva dos Santos²
Luca do Couto Barcelos Vieira³
Gustavo Lopes Olivares⁴
Mario Santos de Oliveira Neto⁵

Resumo

Este artigo tem origem na necessidade de uma empresa manufatureira de bijuterias, localizada na baixada fluminense, em priorizar e aperfeiçoar seus processos de produção, permitindo que a empresa aumente sua vantagem competitiva, fidelize mais clientes e alcance uma maior participação no mercado. Assim, utilizou-se uma ferramenta de auxílio à decisão para eleger a melhor estratégia. Este é um estudo de caso de caráter qualitativo, que visa descrever e analisar os problemas que impedem o balanceamento da linha de produção da empresa estudada e propor soluções ao seu sistema de produção. O desenvolvimento da pesquisa foi realizado a partir da obtenção de

Recebimento: 23/3/2013 • Aceite: 4/4/2014

¹ Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, docente do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: acreis_1@yahoo.com.br

² Graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, , Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: magno.magno@gmail.com

³ Graduação em Engenharia de Produção pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, , Rio de Janeiro, RJ, Brasil. E-mail: lucadocouto@yahoo.com.br

⁴ Doutor em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil(2011). Professor Adjunto I da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ – Brasil. E-mail: olivaresgl@ufrj.br

⁵ Mestrado em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Brasil(2009). Professor Contratado do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca. E-mail: mario.neto@msonconsultoria.com.br

dados através de questionário aplicado ao gestor da empresa, bem como através de visitas *in loco* e entrevistas com funcionários do setor de produção, com a utilização de *software*, buscando a hierarquização das restrições que impedem o balanceamento de sua linha de produção. De acordo com a aplicação do método, foi possível identificar as restrições que afetavam o ritmo da produção e, posteriormente, priorizar a mais crítica.

Palavras-chave: PCP; AHP; Bijuterias; Hierarquização.

Identification in jewelry production problems in the Baixada Fluminense

Abstract

This article originates from the need for a manufacturing company of jewelry on the lowland in Rio prioritize and optimize their production processes, enabling the company to increase its competitive advantage, Retain more customers and achieve greater market share. Thus, we used a decision aid tool to decide the best strategy. This is a case study of a qualitative nature, which aims to describe and analyze the problems that hinder the balancing of the production line of the company studied and propose solutions to your production system. The development of the research was conducted based on the data obtained through a questionnaire applied to the manager of the company, as well as through site visits and interviews with employees of the manufacturing sector, with the use of software, finding the ranking of constraints that prevent balancing the production line of the company. According to the application of the method was possible to identify the constraints that affected the pace of production and subsequently prioritize the most critical.

Keywords: PCP; AHP; Jewelry; Hierarchy.

Introdução

As organizações buscam alcançar suas metas, traçando suas estratégias, implementando métodos e outros meios, numa tentativa de alcance do sucesso empresarial. De acordo com Mesquita e Alliprandini (2003), há uma carência nas empresas quanto à coordenação das atividades de melhoria em seus processos existentes, demonstrando assim o mau emprego da estratégia ou a inexistência desta, muitas vezes por falhas em suas decisões.

Segundo Rocha (2010), os métodos de apoio à decisão são úteis, quando se tem dificuldade na obtenção de informações oriundas de dados probabilísticos. A utilização de uma metodologia multicritério é interessante em problemas complexos em que existam diversos tipos de decisões, possuindo, muitas vezes, objetivos conflitantes e de difícil mensuração. Isso dá uma dimensão da oportunidade oriunda da utilização de métodos multicritérios na decisão a ser tomada, embora haja pouca aplicação entre os gestores.

Paula e Tubino (2000) afirmam que o panorama industrial brasileiro é constituído, dentre alguns fatores, de: abertura comercial e alta velocidade tecnológica. Muitas vezes, empresas de pequeno porte possuem limitações de ordem financeira e técnica, o que influencia suas decisões, muitas vezes sob aspectos conflitantes, com consequências determinantes em seus custos. Na empresa alvo deste estudo, há uma limitação orçamentária, impedindo seu gestor de identificar as restrições no seu PCP.

Neste contexto, esta pesquisa visa especificar e propor soluções para balancear a linha de produção da empresa estudada, utilizando o método de hierarquização AHP, buscando como objetivos específicos identificar as restrições na produção, definir as alternativas e os critérios relevantes para o problema de decisão, avaliar as alternativas em relação aos critérios propostos, determinar a avaliação global de cada alternativa escolhida e analisar de que maneira poderiam ser mitigados, ou mesmo eliminados, os pontos de estrangulamento (gargalos). A partir dos resultados obtidos com este estudo, foi possível sinalizar para a empresa qual o melhor investimento a ser feito para a eliminação das restrições que impactam seu sistema produtivo, buscando, assim, um aumento de sua eficácia e um aumento de sua participação de mercado.

Este artigo está dividido em seis partes, das quais a primeira realiza uma introdução e contextualização. Na segunda parte, é apresentada uma revisão teórica sobre os fundamentos do PCP, da TOC e também é fornecida uma explicação mais detalhada sobre o

método AHP. Sua terceira parte consiste na apresentação da metodologia, detalhando o método de pesquisa utilizado e suas limitações. A seguir, é apresentada a caracterização da empresa estudada. Na quinta parte, é realizada uma análise e discussão dos resultados. Na sexta parte, as considerações finais e recomendações relacionadas à pesquisa.

Referencial Teórico

Esta seção faz um apanhado na literatura acadêmica sobre os principais temas desenvolvidos neste trabalho a fim de fundamentá-lo academicamente.

Planejamento e Controle da Produção (PCP)

O sistema de planejamento e controle da produção (PCP) possui grande importância quanto às informações que sustentam os processos de compra de matérias-primas e elaboração dos planos de produção. De acordo com Slack *et al.* (2009), o Planejamento e Controle da Produção ocupa-se de gerenciar as atividades da operação produtiva de modo a satisfazer continuamente a demanda dos consumidores. PCP é a atividade de decidir sobre o melhor emprego dos recursos de produção, assegurando, assim, a execução do que foi previsto. Conforme Oliveira Neto *et al.* (2010) e Sacomano e Resende (2000), as atividades do PCP devem ser executadas seguindo uma ordem de Previsão de Demanda, Planejamento de Recursos de Longo Prazo, Planejamento Agregado de Produção, Planejamento Mestre da Produção, Planejamento de Materiais, Planejamento e Controle da Capacidade, Programa e Sequenciamento da Produção e Controle da Produção e Materiais.

Teoria das Restrições – Theory of Constraints

A Teoria das Restrições teve seu início a partir da evolução de um Sistema de Administração da Produção desenvolvido pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt, que deu base ao *software Optimized Production Technology* – OPT. A partir da evolução do OPT, foram criados princípios com base na produção otimizada, que deram origem à *Theory of Constraints* – TOC (Teoria das Restrições), na década de 1980, segundo Gibbon *et al.* (2008).

Há ocorrência de gargalos produtivos quando alguma etapa apresenta obstruções do seu fluxo normal de produção, sendo assim

considerado um erro de planejamento produtivo, que vem a acarretar redução da capacidade produtiva e, em consequência disso, perda de eficiência e recursos, tanto financeiros, quanto humanos.

Assim, Gibbon *et al* (2008) declara que o recurso gargalo é aquele que define o processo produtivo, tendo em vista ser inviável aos demais recursos trabalharem em sua capacidade máxima, pois a produção estará limitada ao recurso restritivo.

De acordo com Goldratt (2002), a limitação do processo de menor capacidade em um sistema produtivo determina sua capacidade. Segundo o autor, este processo de menor capacidade recebe o nome de gargalo, cuja capacidade é igual ou menor do que a demanda colocada nele. Goldratt (2002) definiu uma sequência para obtenção do melhor resultado no gerenciamento da capacidade produtiva: a identificação das restrições do sistema, a decisão sobre como explorar as restrições do sistema, a subordinação de todo o sistema às restrições, a remoção das restrições e o retorno ao primeiro passo e refazer a sequência caso haja mudança de restrições. Desta forma, a TOC considera que o sistema deva trabalhar no ritmo do gargalo.

Métodos de Auxílio à Tomada de Decisão por Múltiplos Critérios

Existem diversos métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios (MCDM – *Multiple Criteria Decision Making*), que apresentam complicados modelos matemáticos, e dependem de realização de complicadas rotinas matemáticas (GUGLIELMETTI *et al*, 2003).

O AHP (*Analytic Hierarchy Process*) é considerado como o mais amigável dentre todos os métodos de auxílio à tomada de decisão por múltiplos critérios, devido a seu entendimento ser mais fácil em relação a outros métodos.

AHP (Analytic Hierarchy Process)

O Método de Análise Hierárquica (MAH) ou AHP (*Analytic Hierarchy Process*) foi desenvolvido na década de 1970, pelo professor Thomas L. Saaty, da Universidade da Pensilvânia, tendo como objetivo facilitar a incorporação de considerações qualitativas e subjetivas dentro de fatores quantitativos para o processo de tomada de decisão (SILVA *et al*, 2006). Segundo Bornia e Wernke (2001), a ordenação hierárquica possibilita ao decisor ter uma visualização do sistema

como um todo e seus componentes, bem como interações destes e os impactos que eles exercem sobre o sistema. De acordo com Saaty (1991), existem quatro vantagens em se utilizar um modelo de hierarquias: a) a representação hierárquica de um sistema pode ser usada para descrever como as mudanças em prioridades nos níveis mais altos afetam a prioridade dos níveis mais baixos; b) os sistemas naturais montados hierarquicamente desenvolvem-se mais eficientemente do que aqueles montados de um modo geral; c) as hierarquias oferecem detalhes de informação sobre a estrutura e as funções de um sistema nos níveis mais baixos, permitindo uma visão geral dos atores e de seus propósitos nos níveis mais altos; d) o modelo de hierarquias é estável e flexível, ou seja, é estável porque pequenas modificações têm efeitos pequenos, e flexíveis porque adições a uma hierarquia bem estruturada não perturbam o desempenho.

Assim, o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) apresenta a possibilidade de identificar, além de levar em consideração, as inconsistências pessoais dos tomadores de decisão. Como inconsistência, entende-se que os tomadores de decisão raramente são consistentes em seus julgamentos, respeitando os aspectos qualitativos.

Segundo Costa (2002), o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) objetiva a seleção/escolha de alternativas, que se baseia em três princípios de pensamento analítico:

- **Construção de hierarquias:** o problema é estruturado em níveis hierárquicos, a fim de buscar uma melhor compreensão e avaliação do mesmo, em que a construção de hierarquias é uma etapa fundamental do processo de raciocínio humano;
- **Definição de prioridades:** o ajuste das prioridades no AHP fundamenta-se na habilidade do ser humano de perceber o relacionamento entre objetos e situações; e
- **Consistência lógica:** no AHP, é possível avaliar o modelo de priorização construído quanto à sua consistência.

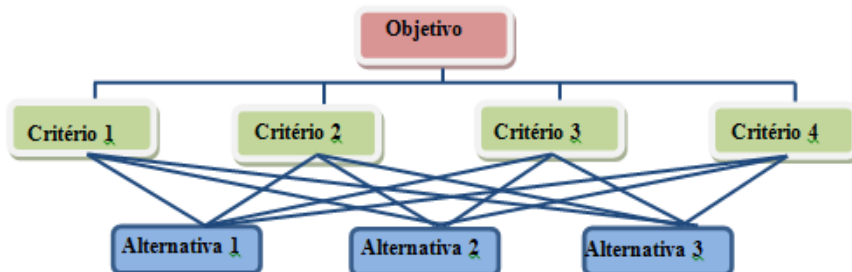
Ainda, este método ajuda o tomador de decisão a enxergar melhor seu problema, mas não elimina a necessidade do apoio de especialistas, fornecendo informações para complementar o cenário a ser analisado pelo tomador de decisão (NUNES JUNIOR e CHAMON, 2006).

Funcionamento do AHP

De acordo com Costa (2002), não existem regras rígidas para a construção de hierarquias, mas o AHP procura decompor um

problema em uma estrutura hierárquica descendente, semelhante a uma árvore genealógica, de acordo com a Figura 1.

Figura 1: Estrutura hierárquica genérica de problemas de decisão



Fonte: Adaptado de SAATY, 1991

Os critérios para a construção de uma hierarquia são obtidos de respostas através de perguntas como a importância do critério 1 em relação ao critério 2, por exemplo, num procedimento conhecido como comparação par a par, em que, segundo Saaty (1991), o AHP consiste das etapas de definição das alternativas, definição dos critérios relevantes para o problema proposto, avaliação das alternativas em relação aos critérios, avaliação da importância de cada critério e determinação da avaliação global de cada alternativa.

Após a construção da hierarquia, especialistas devem fazer comparações par a par, de cada elemento em um nível hierárquico dado, criando, assim, uma matriz quadrática, que será representada, baseada em uma escala pré-definida por Saaty, sua preferência entre os elementos comparados, visto sob o enfoque do nível imediatamente superior. Desta forma, será gerada uma matriz quadrática recíproca positiva, conhecida como Matriz Dominante, que expressa o número de vezes em que uma alternativa domina ou é dominada pelas demais. As alternativas são comparadas par a par, utilizando-se uma escala linear própria, que varia de 1 a 9, denominada Escala Fundamental (SAATY, 1991), como visto na Tabela 1.

Tabela 1: Escala Fundamental de Saaty

1	Igual importância	As duas atividades contribuem igualmente para o objetivo.
3	Importância pequena de uma sobre a outra	A experiência e o julgamento favorecem levemente uma atividade em relação à outra.
5	Importância grande ou essencial	A experiência e o julgamento favorecem fortemente uma atividade em relação à outra.
7	Importância muito grande ou demonstrada	Uma atividade é muito fortemente favorecida em relação à outra.
9	Importância absoluta	A evidência favorece uma atividade em relação à outra com o mais alto grau de certeza.
2, 4, 6, 8	Valores intermediários	Quando se procura uma condição de compromisso entre as duas definições

Fonte: SAATY, 1991

Os elementos fundamentais do AHP são os atributos e propriedades, um conjunto de alternativas comparado em relação a um conjunto de propriedades (critérios), sua Correlação Binária, quando dois elementos são comparados baseados em uma propriedade, realizando-se uma comparação binária, na qual um elemento é preferível ou indiferente ao outro, sua Escala Fundamental, onde a cada elemento associa-se um valor de prioridade sobre outros elementos em uma escala numérica, e a Hierarquia, que é um conjunto de elementos ordenados por ordem de preferência e homogêneos em seus respectivos níveis hierárquicos.

Uma das etapas fundamentais do método AHP é a coleta dos julgamentos paritários, onde se deve buscar o desenvolvimento de mecanismos simples e de fácil entendimento para que o especialista possa concentrar-se especificamente na emissão dos julgamentos. Após a coleta dos julgamentos, efetua-se a comparação par a par de cada alternativa dentro de cada critério do nível imediatamente superior, aplicando-se a Escala Fundamental de Saaty.

O conjunto de atividades é definido como x_1, x_2, \dots, x_n . Os julgamentos quantificados dos pares de atividades (x_i, x_j) são representados por uma matriz $A_{(n \times n)}$, onde:

$A = (a_{ij})$, para $i, j = 1, 2, \dots, n$, devendo atender às seguintes regras, vistas nas Equações 1, 2 e 3:

$$1. \quad a_{ij} = \alpha \quad (1) \quad a$$

$$a_{ji} = \alpha;$$

$$2. \quad a_{ij} = 1/\alpha \quad (2) \quad a$$

$$a_{ji} = 1/\alpha;$$

$$3. \quad a_{ij} = 1 \quad (3) \quad a$$

$$a_{ji} = 1$$

em que: a = comparação paritária entre os critérios e α = valor de intensidade de importância.

Assim, é gerada uma matriz A , denominada por Saaty (1991) de Matriz Dominante, e tem a seguinte forma (Equação 4):

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & 1 & \dots & \dots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

A resolução da matriz A resulta no autovetor de prioridades, que expressa as importâncias relativas de cada critério, ou pesos. De posse das importâncias relativas dos critérios, é testada a integridade dos julgamentos, em que essas devem estar suportadas por medidas confiáveis, ou seja, precisas. Caso haja uma não existência de uma estrutura que identifique e gerencie o conjunto de medições do sistema, ocorre o risco de a qualidade das decisões a serem tomadas a partir delas não ser confiável.

A importância relativa dos critérios é calculada por um índice de inconsistência, que pode ser calculado, segundo Dias *et al* (1996), pela Equação 5, que calcula o Índice de Consistência (IC).

$$IC = \frac{|\lambda_{\text{máx}} - N|}{N - 1},$$

onde N e $\lambda_{\text{máx}}$ representam, respectivamente, a ordem e o maior autovalor da matriz de julgamentos paritários. Saaty propôs o uso da Razão de Consistência (RC), que permite avaliar a inconsistência em função da ordem da matriz de julgamentos. Caso o índice de inconsistência seja maior que 0,10, segundo Saaty (1991), o decisor ou grupo de decisores é encorajado a rever seus julgamentos, buscando torná-los consistentes; esta consistência é atingida com um índice menor ou igual a 0,10.

A Razão de Consistência é calculada pela Equação 6:

$$RC = \frac{IC}{IR},$$

onde IR é o Índice Randômico de IR matriz recíproca gerada aleatoriamente e varia de acordo com o valor da matriz, segundo a Tabela 2.

Tabela 2: Índices de Consistência Randômicos

Ordem da matriz	Valores de IR
2	0,00
3	0,58
4	0,90
5	1,12
6	1,24
7	1,32
8	1,41
9	1,45

Fonte: SAATY, 1991

Assim, quanto mais próximo de zero for esta razão, mais consistente será a matriz. Tais procedimentos resultaram na ordenação e mensuração da importância relativa dos critérios e, caso exijam a existência de subcritérios para sua descrição, todo o processo de avaliação descrito repetir-se-á também nesse nível hierárquico.

A fase de avaliação do problema prossegue com a comparação paritária das alternativas em cada um dos critérios, para a determinação do nível de preferência das alternativas; para isto, procede-se da mesma forma como foi descrito para a obtenção da importância relativa dos critérios. Com as importâncias relativas dos critérios e os níveis de preferência das alternativas, parte-se, então, para a valoração global de cada uma das alternativas, segundo o método da soma ponderada, assim calculado, pela Equação 7:

$$V(a) = \sum_{j=1}^n p_j v_j(a) \quad , \text{ com } \sum_{j=1}^n p_j = 1 \text{ e } 0 < p_j < 1 \text{ (j = 1, \dots, n), onde:} \quad (7)$$

$V(a)$ – valor global da alternativa analisada

p_j – importância relativa do critério j

v_j – nível de preferência da alternativa analisada no critério j .

De acordo com Amaral (2006), o nível mais alto de uma hierarquia reflete o objetivo geral ou o foco do problema de decisão, e o nível mais baixo na hierarquia contém alternativas competitivas através dos quais o objetivo final deve ser atendido.

Assim, o ponto de partida da modelagem de um problema decisório, segundo Costa (2002), é estabelecer qual o foco principal, ou seja, definir o objetivo central. No método AHP, a eficácia dos resultados está associada à competência dos avaliadores em emitir os julgamentos de valor.

Metodologia

Segundo Yin (2001), um estudo de caso é uma investigação empírica, que não é nem uma tática para a coleta de dados, nem meramente uma característica do planejamento em si, mas uma estratégia de pesquisa abrangente. Ainda, segundo Gil (2002) e Berto e Nakano (2000), um estudo de caso trata-se de uma análise aprofundada de um ou mais objetos (casos) para que se permita seu amplo e detalhado conhecimento. Reis (2010) menciona que a abordagem qualitativa da pesquisa tem como objetivo interpretar e dar significados aos fenômenos analisados sem empregar os métodos e as técnicas estatísticas como base do processo de análise de um problema.

Assim, este estudo foi realizado em uma empresa manufatureira de jóias na baixada fluminense (Nova Iguaçu), estado do Rio de Janeiro, sendo os dados referentes à pesquisa obtidos por meio de entrevistas, dentro de um período de um ano e, como aponta Vergara (2005), o método possui limitações como tempo, omissão de dados, entre outros. Foram utilizadas também observações diretas (*in loco*) dos processos produtivos.

Com menos de 4 anos no mercado, a empresa pesquisada apresenta uma demanda considerável e, assim, devido à ociosidade produtiva em partes de seu sistema produtivo, indicando a existência de restrições em seus processos, encontra dificuldades financeiras.

Visando a uma orientação mercadológica, buscou-se a aplicação do AHP (*Analytic Hierarchy Process*), visando ao balanceamento de sua linha de produção a fim de diminuir esta ociosidade. E, considerando a relevância do AHP (*Analytic Hierarchy Process*) no processo de tomada de decisões, visto que é considerado de fácil utilização por sua simplicidade e maleabilidade, o presente trabalho buscou utilizar o AHP no auxílio à resolução de restrições nos processos produtivos da empresa, alvo desta pesquisa.

O AHP apresenta vantagens em comparação com outros métodos na elaboração de soluções, por tratar variáveis a princípio sem ligação, como critérios quantificáveis e critérios qualificáveis. Assim, o AHP foi considerado como a ferramenta adequada à tomada dessa decisão, levando em consideração fatores atenuantes para a empresa, como custo, sua estratégia, tempo de implementação da solução proposta, otimizando, assim, sua atuação em seus mercados e diminuindo custos gerais e, conseqüentemente, aumentando o retorno no investimento.

Segundo Gil (2002), o questionário constitui-se de uma das mais importantes técnicas disponíveis para a obtenção de dados nas pesquisas. Entre suas vantagens, o questionário permite que o entrevistado responda no momento em que julgar conveniente e garante o anonimato das respostas. Entre suas limitações, o questionário nem sempre é facilmente aplicado por causa das falhas e ambigüidades das perguntas formuladas, além de não garantir a veracidade das respostas (GIL, 2002). Assim, para obtenção inicial de dados neste trabalho foi utilizado formulário previamente definido. Neste questionário, buscou-se a obtenção de dados referentes ao PCP da empresa e seu impacto nas decisões estratégicas dos gestores.

Para a análise dos dados deste trabalho e modelagem do problema, foi utilizado o *software Expert Choice* versão 11.5, desenvolvido por Thomas L. Saaty, da Universidade da Pensilvânia e Ernest H. Forman, da Universidade de Washington. Este programa é baseado na metodologia AHP (*Analytic Hierarchy Process*), sendo uma ferramenta facilitadora na utilização do método AHP.

Este trabalho é voltado para uma empresa de manufatura de joias, sendo realizado através de um estudo de caso, dependente de toda informação cedida pela empresa. Adicionalmente, pelo fato de ser um único estudo de caso, seus resultados não podem ser generalizados para todo o setor de manufatura de joias.

Este estudo de caso tem restrições, como limite de tempo e acesso a informações estratégicas da empresa estudada e envolve os

desafios relativos ao desenvolvimento empírico de métodos teóricos e a aplicação destes no ambiente das micro e pequenas empresas.

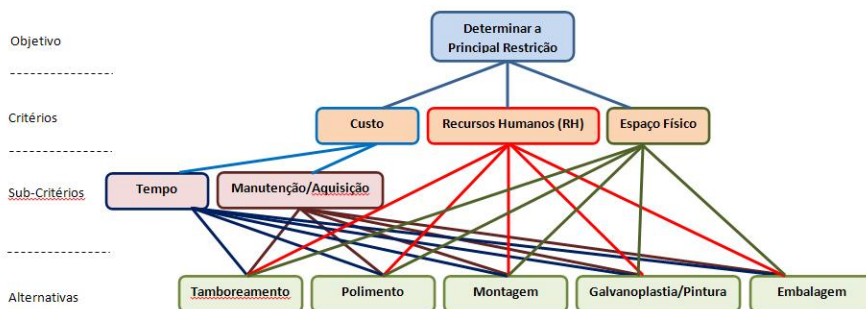
A empresa deste estudo fabrica bijuterias desde 1970. Com o atual crescimento econômico, começaram a surgir problemas, tais como falta de materiais, resultando em paradas da produção, estoque em excesso, devido a compras sem um planejamento correto, pois, muitas vezes, como não havia um sistema informatizado, isso dependia de pessoas para calcular as quantidades necessárias, gerando erros. Outra dificuldade é que a empresa trabalha com moda, que é sazonal, e quando alguns materiais eram comprados, e havia mudança da moda, havia grande volume no estoque.

Análise dos Resultados

A fim de que fossem obtidos resultados, buscou-se como primeiro passo, definir o objetivo principal do projeto e, em seguida, foram determinados os critérios, baseados nas alternativas, adquiridas em entrevistas com o gestor da empresa estudada. Foram determinadas cinco alternativas, cada uma desmembrada em três critérios comuns, para a consecução do objetivo principal.

A partir desta etapa inicial, foi proposta a estrutura hierárquica, que pode ser vista na Figura 2.

Figura 2: Estrutura Hierárquica



Fonte: Autores, 2011.

Foi formado um grupo composto de dois especialistas em PCP (Planejamento e Controle da Produção), um especialista em Recursos Humanos e um especialista na área de atuação da empresa, sendo este o gestor da empresa e principal interessado, que possui amplo conhecimento de todo o processo produtivo da empresa.

Assim, baseado nesta hierarquia, foi utilizado o programa *Expert Choice*, versão 11.5, para a modelagem do problema e inserção dos dados.

Como determinado por Saaty (1991), os critérios foram avaliados par a par, a fim da determinação da importância relativa ou influência de um sobre o outro e a influência que esse elemento exerce sobre os elementos no nível imediatamente posterior, além de seu peso relativo na meta global.

Com as comparações efetuadas pelos decisores, esses dados foram lançados no programa, que efetuou a probabilidade numérica de cada alternativa, a fim de que fosse descoberta a probabilidade de que cada critério, subcritério e alternativa tem de atender, de maneira local, para determinação da meta estabelecida. Assim, quanto maior for essa probabilidade, maior é a contribuição desta alternativa para a obtenção da principal restrição do sistema produtivo da empresa.

As Tabelas 03, 04 e 05, a seguir, foram utilizadas para obtenção das matrizes comparativas de critérios, a fim da obtenção da média local e global.

Tabela 3: Matriz comparativa dos critérios

Matriz comparativa dos critérios			
	Homem-hora	Recursos Humanos	Espaço Físico
Homem-hora	1		
Recursos Humanos		1	
Espaço Físico			1

Tabela 4: Matriz comparativa dos subcritérios

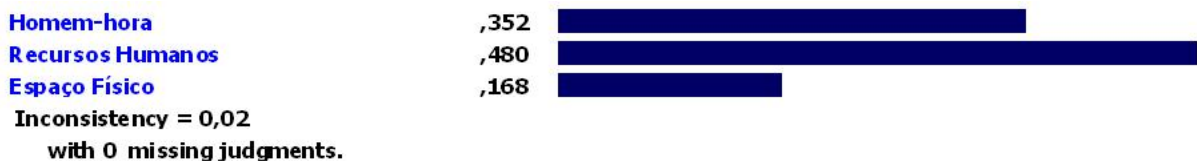
Matriz comparativa dos subcritérios		
	Tempo	Maquinário
Tempo	1	
Maquinário		1

Tabela 5: Matriz comparativa das alternativas

Matriz comparativa das alternativas					
	Tamboreamento	Polimento	Montagem	Galvanoplastia/Pintura	Embalagem
Tamboreamento	1				
Polimento		1			
Montagem			1		
Galvanoplastia/Pintura				1	
Embalagem					1

A seguir, serão analisados os resultados agregados dos julgamentos obtidos. Para este fim, utilizou-se a técnica do AIP para agregação dos resultados, e foram obtidos os seguintes gráficos:

Na Figura 03, estão os resultados do peso dos critérios à luz do objetivo principal.

Figura 3: Julgamentos agregados à luz do objetivo principal

Fonte: Autores, 2011

O resultado, à luz do critério principal, escolhido através da combinação de resultados, foi o critério Recursos Humanos, que apresentou 48% da totalidade da meta local para obtenção do objetivo, com uma inconsistência sólida, de apenas 2%, ratificando, assim, a solidez dos julgamentos.

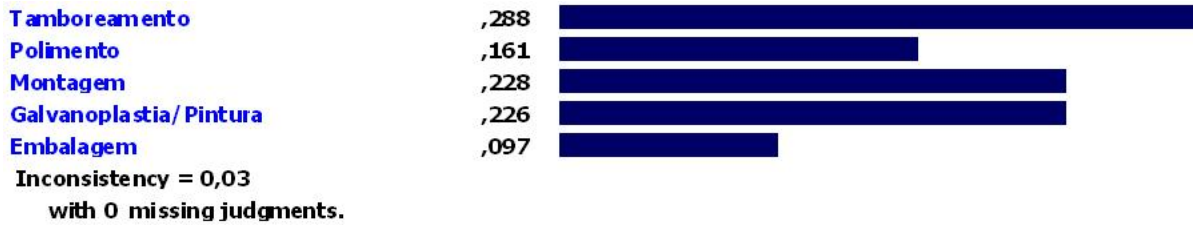
Figura 4: Julgamentos agregados à luz do critério Homem-hora

Fonte: Autores, 2011.

Como visto na Figura 04, dentro do julgamento dos subcritérios Tempo e Maquinário, a resposta final, à luz do critério Homem-hora,

apresentou-se como predominante no Tempo, uma vez que esse subcritério é bastante variável, pois o custo da produção pode variar de acordo com o pedido e influenciar diretamente nos custos gerais. Sua predominância sobre o subcritério Maquinário foi bastante significativa, com 82,5% da preferência dos julgadores.

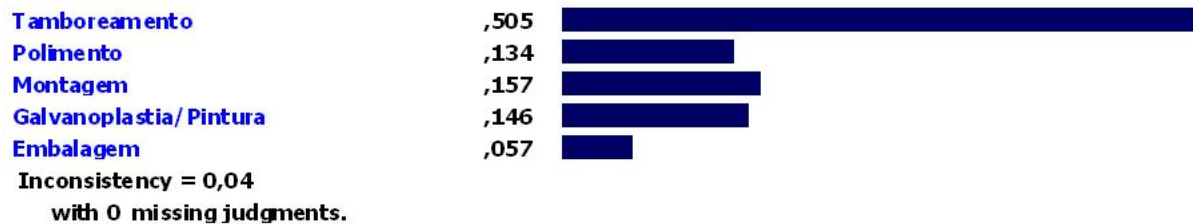
Figura 5: Julgamentos agregados à luz do subcritério Tempo



Fonte: Autores, 2011.

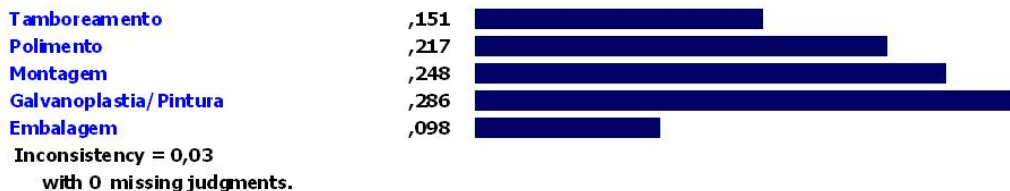
Na Figura 5, é verificado que à luz do subcritério Tempo, a alternativa Tamboreamento foi a que alcançou maior margem, com 28,8% de contribuição local na obtenção da principal restrição nos julgamentos combinados dos decisores, com uma inconsistência alcançada de apenas 3%.

Figura 6: Julgamentos agregados à luz do subcritério Maquinário



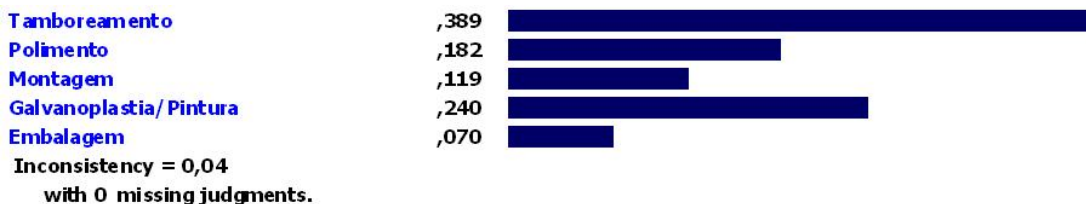
Fonte: Autores, 2011

De acordo com a Figura 06, os resultados combinados à luz do subcritério Maquinário, o Tamboreamento se mostrou novamente predominante, com 50,5%, denotando, assim, a utilização maciça de máquinas nessa área da produção e a especialização dos funcionários deste setor, o que torna o processo oneroso no custo geral da produção.

Figura 7: Julgamentos agregados à luz do critério Recursos Humanos

Fonte: Autores, 2011

A Figura 07 demonstra que os resultados dos julgamentos combinados, à luz do critério Recursos Humanos, viabilizam a alternativa Galvanoplastia/Pintura. Esse critério foi o que mais se mostrou equilibrado, de acordo com a preferência de cada julgador e, assim, visto que a produção da empresa é bastante dependente da mão de obra, essa distribuição foi esperada, juntamente com sua inconsistência.

Figura 8: Julgamentos agregados à luz do critério Espaço Físico

Fonte: Autores, 2011

De acordo com as Figura 08, é possível a visualização da dificuldade da empresa em lidar com o espaço físico, pois as alternativas mais expressivas foram o Tamboreamento e a Galvanoplastia/Pintura, atividades que demandam grande utilização do espaço físico disponível. As áreas onde esse critério não é tão aplicado, como Embalagem, têm uma contribuição extremamente pequena.

Figura 9: Julgamentos agregados finais

Overall Inconsistency = ,03



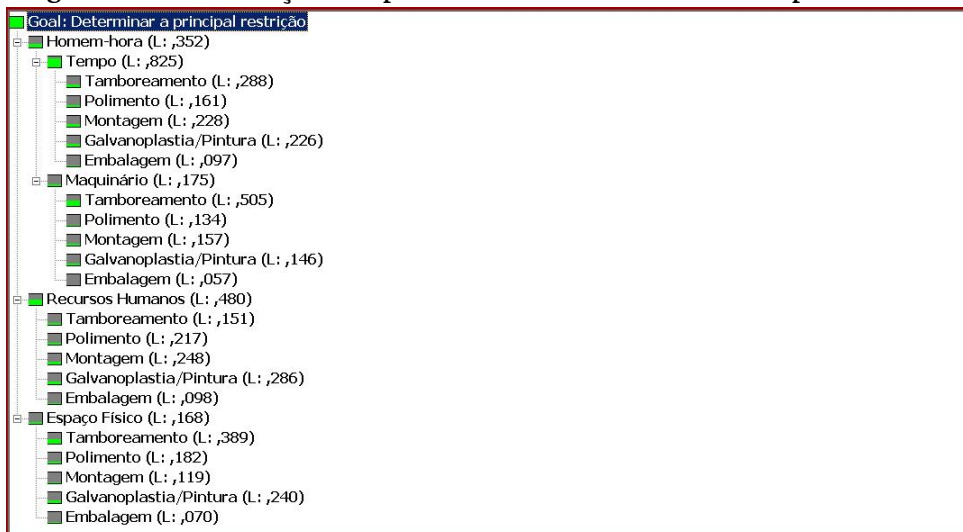
Fonte: Autores, 2011

O resultado final, segundo a Figura 09, demonstrou que a principal restrição na linha de produção na empresa estudada é a alternativa Galvanoplastia/Pintura, o que está de acordo com o que foi percebido nas visitas e entrevistas, com 25,6% de contribuição no alcance da meta global.

Observa-se, pelas inconsistências determinadas, que a síntese dos julgamentos está de acordo com o valor aceitável e que a alternativa determinada como principal restrição contribui quase três vezes mais que a alternativa Embalagem (9,3%).

A partir da Figura 10, é possível a visualização geral dos pesos de cada critério, subcritério e alternativa utilizada na hierarquização do problema proposto, obtidos através do programa utilizado para os respectivos cálculos.

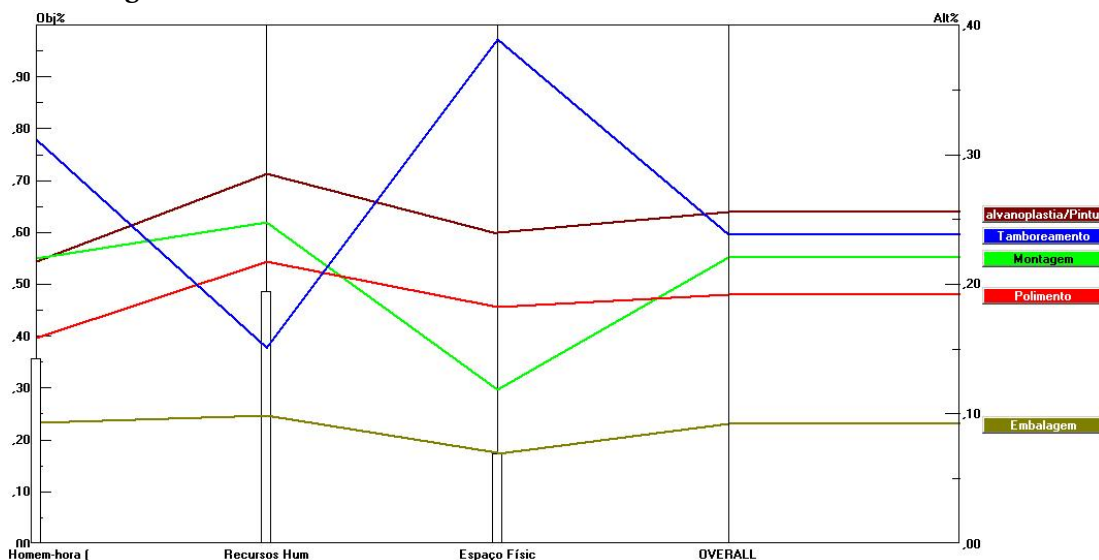
Figura 10: Visualização dos pesos relativos de cada item do problema



Fonte: Autores, 2011

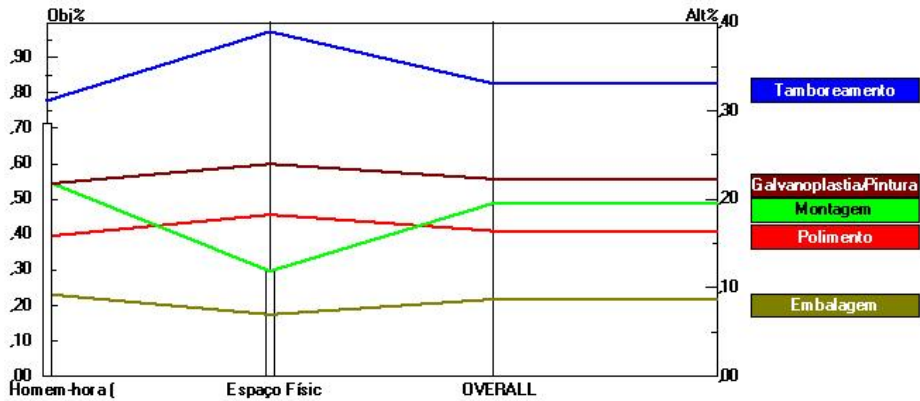
Para a validação do resultado, é necessária a verificação de quão sensível são as prioridades em relação a pequenas variações dos valores dos julgamentos. Assim, utilizou-se a análise de sensibilidade, que objetiva o quanto alterações nos julgamentos podem alterar a decisão. Na Figura 11, há a confirmação gráfica de qual critério mais impacta na decisão final, sendo este o de Recursos Humanos, com 48% do peso total.

Figura 11: Análise de Sensibilidade dos resultados



Fonte: Autores, 2011.

Desta forma, foi escolhido o critério Recursos Humanos como o critério que sofrerá alterações de modo a verificar o quão sensível é a priorização das alternativas. É necessário saber se a alteração neste critério, Recursos Humanos, acarretará alguma mudança em relação a esta alternativa. É possível visualizar essa mudança a partir da Figura 12.

Figura 12: Análise de Sensibilidade dos resultados alterados.

Fonte: Autores, 2011

Verifica-se a mudança de comportamento das alternativas Tamboreamento, que passa a ser o principal gargalo, e a alternativa Galvanoplastia/Pintura. Também é possível visualizar que o principal critério passa a ser o Homem-Hora, coerente com o possível novo gargalo, pois esse critério implica o custo de produção de peças, decorrente da utilização de máquinas que despedem grande tempo de uso e, conseqüentemente, de manutenção.

Essa análise é importante, pois apresenta ao decisor qual a direção que determinada mudança nos critérios ou até mesmo nas alternativas desenvolvidas pode acarretar em sua decisão final.

Na Figura 13, no gráfico dinâmico, é mais claramente visível a distribuição de peso das alternativas e critérios sem nenhuma mudança. E, na Figura 14, é possível essa mesma dinâmica com as mudanças sugeridas na análise de sensibilidade.

Figura 13: Gráfico Dinâmico da Análise de Sensibilidade dos resultados

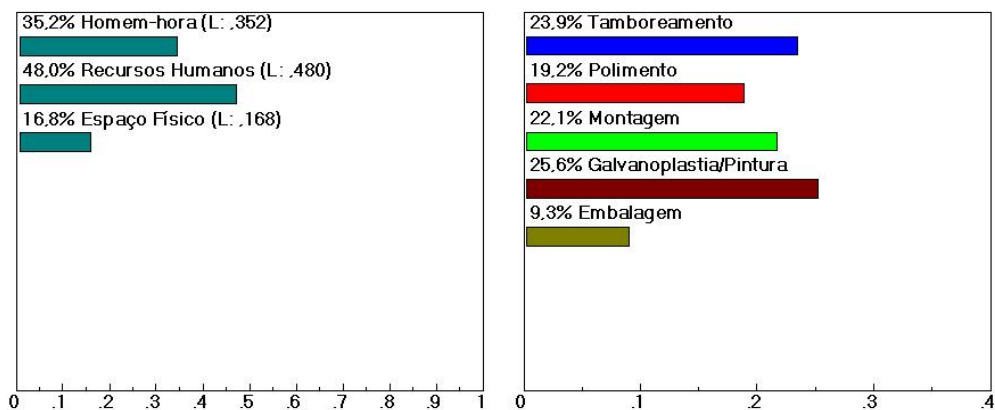
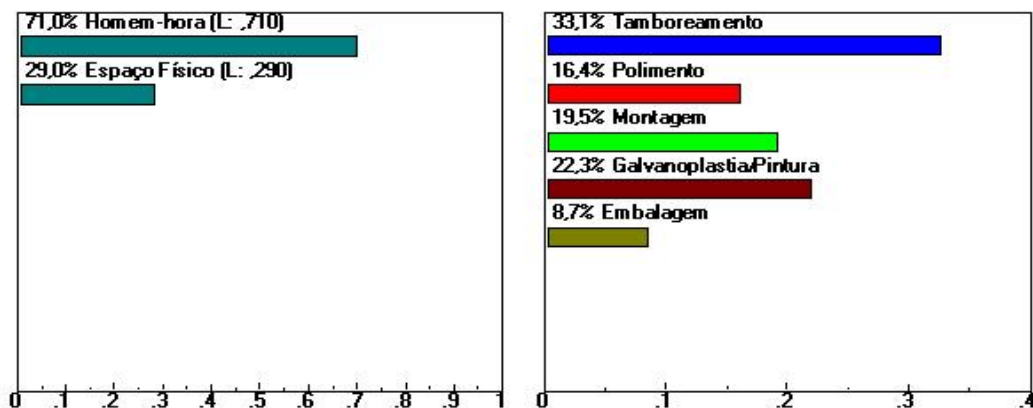


Figura 14: Gráfico Dinâmico da Análise de Sensibilidade dos resultados alterados



Fonte: Autores, 2011

Isso indica que, como não há grande variação entre as alternativas, apenas com a mudança de ordenação entre as alternativas Galvanoplastia/Pintura e Tamboreamento ou eliminação do principal critério, o estudo demonstrou possuir uma base sólida, mesmo com mudanças nos julgamentos, ratificando, assim, a necessidade de verificação, principalmente nestas duas alternativas, já demonstradas

durante os julgamentos em forma individual, em que estas duas prevaleceram na maior parte dos mesmos.

Conclusões e Recomendações

Esta pesquisa teve como objetivo principal a identificação e priorização da restrição mais crítica, dentro da empresa estudada, que impediria o balanceamento de sua linha de produção e, para tal, utilizou-se o método AHP na hierarquização de todos os gargalos encontrados a fim de eleger, dentre estes gargalos, aquele que possui um maior impacto no balanceamento da linha.

Foi utilizado o software *Expert Choice*, versão 11.5, para a identificação das inconsistências de cada julgamento, preocupando-se com o valor limite dessa inconsistência. Foram verificadas inconsistências em três dos quatro julgamentos. Após essa verificação, os julgamentos foram corrigidos junto aos especialistas, como determinado em Saaty (1991).

Foi verificada, com auxílio do *software*, que a principal restrição encontra-se no setor de Galvanoplastia/Pintura, ocasionada devido ao processo ser contínuo e por demandar muito tempo para sua execução. Um reduzido número de funcionários e de tanques formam um gargalo, gerando uma fila à jusante da linha de produção, prejudicando o tempo total de atendimento do pedido. Este problema se intensifica em períodos sazonais, tais como Natal, Dia dos Namorados e outros feriados, em que há grande apelo por peças produzidas neste setor.

Foi orientado ao gestor da empresa para que seja aumentado o tempo de trabalho, abrindo assim um segundo turno ou hora extra, investindo em um sistema de mão de obra flexível, a fim de que haja uma rotação entre os setores, evitando dependência de funcionários específicos ou ainda a contratação de funcionários temporários para os períodos sazonais, sendo esta uma recomendação a ser analisada de forma mais crítica, devido a limitações de espaço físico, aumentando, assim, a oferta de serviços nesse setor, visando à diminuição da restrição.

Foi demonstrado que o principal critério é o de Recursos Humanos, em que a mão de obra torna-se especializada no exercício da função, forçando atrasos destes funcionários em outros setores, quando necessário. Foi recomendada a adoção de um programa de *job rotation*, ou seja, um sistema de rodízio de funções a fim de que o funcionário possa adquirir conhecimentos em setores diferentes e acumular experiências nos diversos setores da produção, obtendo assim uma

maior flexibilidade em seu quadro de funcionários da área de produção.

Recomendou-se também o estudo do espaço físico da área de produção a fim de determinar a melhor maneira de o fluxo produtivo seguir e diminuir o tempo em que as peças transitam entre os setores.

Assim, conclui-se que o objetivo principal desta pesquisa foi atingido, visto que as restrições foram identificadas e hierarquizadas, facilitando a identificação do melhor investimento a ser feito para eliminar o gargalo mais crítico no sistema produtivo. Além disso, pôde-se evidenciar a viabilidade da aplicação do método AHP no problema proposto, confirmando a sua facilidade de uso em situações diversas.

Este estudo limitou-se à identificação e proposta de melhorias apenas nas restrições em seus processos produtivos, não contabilizando os processos de aquisição e fornecimento.

Seu desenvolvimento apontou oportunidades futuras para análise da aplicação do método de decisão em outras áreas da empresa, bem como o desenvolvimento de modelos de decisão para outros processos, tais como os de aquisição e fornecimento, visando a uma maior obtenção do mercado de bijuterias, com a possibilidade de aprofundamento do estudo de aplicação de métodos de decisão em empresas do mesmo segmento e até mesmo de segmentos diferentes da empresa deste estudo, além da possibilidade de realização de estudos utilizando outros métodos multicritérios, como ELECTRE ou MAHP.

Referências

AMARAL, J. F. S. **Aplicação do processo analítico hierárquico como suporte à decisão na produção bovina de corte na região de Betim/MG**. 2006. 215 f. Dissertação (Mestrado em Administração)– Faculdade de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis de Belo Horizonte, Universidade FUMEC, Belo Horizonte, 2006.

BERTO, R. M. S.; NAKANO, D. N. A produção científica nos anais do Encontro Nacional de Engenharia de Produção: um levantamento de métodos e tipos de pesquisa. **Revista Produção**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 2, p. 65-76, 2000.

BORNIA, A. C.; WERNKE, R. A contabilidade gerencial e os métodos multicriteriais. **Revista Contabilidade & Finanças**, São Paulo, v. 14, n. 25, p. 60-71, jan/abr. 2001.

COSTA, H. G. Introdução ao método de análise hierárquica: análise multicritério no auxílio à decisão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE

PESQUISA OPERACIONAL, 36., 2004, São João Del-Rei, MG. **O impacto da pesquisa operacional nas novas tendências multidisciplinares.** Disponível em:

<<http://www.din.uem.br/sbpo/sbpo2004/pdf/arq0279.pdf>>. Acesso em: 25 abr. 2011.

COSTA, H. G. **Estruturas de suporte à decisão: métodos discretos tradicionais: monocritério e multicritério.** Niterói: UFF, Escola de Engenharia, Departamento de Engenharia de Produção, 2005. 83 p.

DIAS, L. M. C.; COSTA, J. P.; CLÍMACO, J. C. N. O processamento paralelo e o apoio multicritério à decisão: algumas experiências computacionais. **Revista Investigação Operacional**, Coimbra, Portugal, v. 16, p. 181-199, 1996.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIBBON, A. R. O; GONÇALVES, T. L; RODRIGUES, J. M. Teoria das restrições: um estudo de caso em uma empresa de prestação de serviço de limpeza. In: CONGRESSO UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA: CONTROLADORIA E FINANÇAS & INICIAÇÃO CIENTIFICA, 2., 2008, Florianópolis, SC. **Anais...** Florianópolis: UFSC, 2008.

GOLDRATT, E. M.; COX, J. **A meta: um processo de melhoria contínua.** 2. ed. São Paulo: Nobel, 2002.

LUSTOSA, L. et al. **Planejamento e controle da produção.** 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 2008.

MESQUITA, M.; ALLIPRANDINI, D. H. Competências essenciais para melhoria contínua da produção: estudo de caso em empresas da indústria de autopeças. **Revista Gestão & Produção**, v.10, n. 1, p. 17-33, abr. 2003.

NUNES JUNIOR, L. F.; CHAMON, M. A. Método AHP: pesquisa-ação na pequena empresa. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., 2006, Bauru. **Anais...** Bauru: Unesp, 2006.

OLIVEIRA NETO, G. C.; CHAVES, L. E. C.; SACOMANO, J. B. Planejamento e controle da produção na indústria de borracha voltada para a mineração – um estudo de caso. In: CONGRESSO NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 6., 2010, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: Sistema FIRJAN, 2010.

PAULA, O. F.; TUBINO, D. F. Estruturando o PCP de micro e pequenas empresas industriais. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2000, São Paulo, 2000.

REIS, L. G. **Produção de monografia da teoria à prática: o método educar pela pesquisa (MEP)**. 3. ed. Brasília: SENAC-DF, 2010.

ROCHA, P. S. **Avaliação multicritério de alternativas de integração para melhoria da eficiência do sistema de trens de subúrbios da cidade do Salvador**. 2011. 174 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental Urbana)-Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2011.

SAATY, T. L. **Método de análise hierárquica**. Tradução revisada e ampliada por: Wainer da Silveira e Silva. São Paulo: McGraw-Hill Makron, 1991.

SACOMANO, J. B.; RESENDE, M. O. **Princípios dos sistemas de planejamento e controle da produção**. São Carlos: Publicações EESC-USP, 2000.

SILVA, J. T. M.; CABRERA, P. A. L.; TEIXEIRA, L. A. aplicação do método de análise hierárquica no processo de tomada de decisão: um estudo com o empreendedor agrícola da região de Divino/MG. **Revista Gestão e Planejamento**, Salvador, ano 7, n. 14, p. 19-30, jul/dez. 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2005.

VILAS BOAS, C. L. Método multicritério de análise de decisão (MMAD) para as decisões relacionadas ao uso múltiplo de reservatórios: analytic hierarchy process (AHP). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HIDRÍCOS, 16., 2005, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: Associação Brasileira de Recursos Hídricos, 2005.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.