

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CAA**

**APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO NA PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS PARA  
MANUFATURA A PARTIR DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO**

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À UFPE  
PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE MESTRE  
POR

**RENATA ZARZAR PINHEIRO DE ALMEIDA**

Orientador: Prof. Márcio José das Chagas Moura, Doutor

Co-Orientador: Prof. Marcelo Hazin Alencar, Doutor

CARUARU, AGOSTO / 2015

Catálogo na fonte:  
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

- A447a Almeida, Renata Zarzar Pinheiro de.  
Apoio multicritério a decisão na priorização de projetos para manufatura a partir da estratégia de produção. / Renata Zarzar Pinheiro de Almeida. - Caruaru: O Autor, 2015. 77f. il. ; 30 cm.
- Orientador: Márcio José das Chagas Moura.  
Coorientador: Marcelo Hazin Alencar  
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, 2015.  
Inclui referências bibliográficas
1. Apoio multicritério a decisão. 2. Estratégia de produção. 3. Manufatura - Projetos. 4. PROMETHEE. I. Moura, Márcio José das Chagas. (Orientador). II. Alencar, Marcelo Hazin (Coorientador). III. Título.

658.5 CDD (23. ed.)

UFPE (CAA 2015-195)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO  
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA  
DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE  
MESTRADO ACADÊMICO DE  
**RENATA ZARZAR PINHEIRO DE ALMEIDA**

*“Apoio multicritério à decisão na priorização de projetos para manufatura a partir da estratégia de produção”*

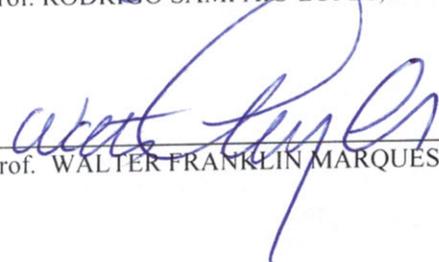
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: OTIMIZAÇÃO E GESTÃO DA PRODUÇÃO

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do(a) primeiro(a), considera a candidata **RENATA ZARZAR PINHEIRO DE ALMEIDA**, **aprovada**.

Caruaru, 24 de agosto de 2015.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. MARCELO HAZIN ALENCAR, Doutor (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. RODRIGO SAMPAIO LOPES, Doutor (UFPE)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. WALTER FRANKLIN MARQUES CORREIA, Doutor (UFPE)

“É melhor obter sabedoria do que ouro! É melhor obter entendimento do que prata!”

*Provérbios 16:16*

*À minha família, em especial ao meu esposo que me incentivou e me apoiou durante toda trajetória deste trabalho.*

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por ter me proporcionado e ter me dado forças para seguir essa trajetória de graduação, pós graduação lato sensu e agora o mestrado, onde todos esses desafios foram enriquecedores para consolidar a profissão que escolhi e que desempenho com muito amor.

Ao meu esposo, o Prof. Adiel Filho, que sempre me incentivou desde que nos conhecemos no colégio e decidimos fazer vestibular para engenharia de produção. Com ele compartilhei intensamente minhas alegrias e angústias, inclusive durante a realização das disciplinas, e mesmo com a sobrecarga do seu trabalho abriu mão dos seus momentos de descanso para sanar minhas dúvidas e compartilhar seus conhecimentos e experiências, que muito contribuíram para a realização deste curso, e que irei levar para o resto da minha vida profissional.

À minha filha, Manuela, que chegou na minha vida durante a realização deste trabalho. Devido sua chegada tive que mudar significativamente o meu ritmo, no entanto não me arrependo em nenhum momento! Foi minha companheira nesta fase final, e me permitiu hoje ter um novo olhar em relação à vida, redefinindo meu senso de prioridades.

Aos meus pais, Fernando e Ivone, que com muita dedicação nunca mediram esforços para o meu engrandecimento como cidadã, e aos meus irmãos e sócios, que aguardaram com paciência a minha ausência nos negócios e depositaram toda a confiança na realização deste trabalho.

Aos meus orientadores, Prof. Marcelo Hazin e Prof. Márcio Moura, pela atenção dispensada e pelas importantes e inestimáveis contribuições através do conhecimento e ensinamentos compartilhados.

Às minhas amigas, principalmente Elaine e Patrícia, que sempre reclamaram da minha ausência.

Às amigas (NERDAS!!!) que conquistei durante o curso, com as quais compartilhei muitas risadas e vivenciei o companheirismo nos momentos de dificuldades... hoje podemos celebrar esta vitória.

Meus agradecimentos a todos que fazem parte do PPGEP-CAA, em especial aos professores que aceitaram este desafio e se esforçaram diante de todas as dificuldades para a criação deste curso e os resultados alcançados em tão pouco tempo. É um grande orgulho poder dizer que fui aluna deste grupo e que fiz parte da primeira turma deste programa.

## RESUMO

Diante da necessidade de alinhamento entre a estratégia corporativa, a estratégia de produção e as decisões tomadas no âmbito da função produção, neste trabalho é apresentada uma proposta de modelo de decisão para priorização de projetos na manufatura sob uma ótica multicritério para integrar os aspectos estratégicos relevantes que devem ser priorizados conforme a estratégia de produção. A literatura apresenta procedimentos que permitem a identificação e definição de uma estratégia de produção alinhada com os objetivos da estratégia corporativa e requisitos da manufatura, para que esta possa alcançar os níveis de desempenho requeridos para atender à estratégia corporativa. A partir de procedimentos encontrados na literatura, a proposta deste trabalho busca integrar através de um modelo de apoio multicritério a decisão a priorização de projetos no âmbito da função produção e demais funções de apoio tomando por base as prioridades identificadas na estratégia de manufatura ou de produção da empresa. A motivação para desenvolver um modelo que pudesse ser aplicável em diferentes contextos levou à proposição de um modelo multicritério de apoio a decisão através da estruturação de um framework que pode ser facilmente adaptado para viabilizar sua aplicação em empresas com diferentes particularidades e requisitos de desempenho em relação aos objetivos estratégicos de produção. Para ilustrar a proposta deste trabalho, é apresentado um estudo de caso tomando por base uma indústria de transformação de plástico situada no Agreste pernambucano. Através da aplicação do modelo proposto, os resultados obtidos através do método PROMETHEE II com apoio da metodologia ROC indicam a prioridade entre os projetos para a manufatura e validam o modelo.

*Palavras Chave: Estratégia de Produção, Projetos para Manufatura, Apoio Multicritério a Decisão, PROMETHEE II, ROC.*

## ABSTRACT

Due to the need of alignment amongst the corporate strategy, manufacturing strategy and the decision made within the system's production function, this work presents a proposal for a decision model for establishing priorities over projects for manufacture considering multiple criteria to integrate strategic aspects, which should be prioritized according to the manufacturing strategy. The literature offers procedures that allow identifying and defining a manufacturing strategy aligned with the objectives defined in the corporate strategy considering manufacture requisites in order to achieve the required performance levels that shall meet the corporate strategy. Based on the procedures found on the literature, this work seeks to integrate through an MCDM model the prioritization of projects for the system's production function and support functions based on the priorities identified on the manufacturing strategy. The motivation to develop a model that could be suitable for different contexts lead to the proposition of an MCDM model through a framework that can be easily adapted to enable its application in different types of companies regarding its particularities and performance requisites. To illustrate the proposal of this work is presented a case study on a plastic transformation manufacture located in midlands of Pernambuco. Through the case study, it was possible to observe the regional needs for projects and techniques that enable a management, control and improvements in order to achieve higher levels of productivity and quality for example. From the proposed model application, the results obtained by means of the PROMETHEE II method and the ROC technique reflects the priorities amongst the manufacture projects.

*Keywords: Manufacturing Strategy, Projects for Manufacture, Multi Criteria Decision Aid, PROMETHEE II, ROC.*

# SUMÁRIO

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>INTRODUÇÃO .....</b>   | <b>1</b>  |
| 1.1      | JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA .....  | 2         |
| 1.2      | OBJETIVOS DO TRABALHO .....   | 3         |
| 1.2.1    | <i>Objetivo Geral</i> .....   | 3         |
| 1.2.2    | <i>Objetivos Específicos</i> .....  | 3         |
| 1.3      | ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO .....  | 3         |
| <b>2</b> | <b>BASE CONCEITUAL.....</b>   | <b>5</b>  |
| 2.1      | FUNÇÃO PRODUÇÃO.....  | 5         |
| 2.2      | ESTRATÉGIA DE MANUFATURA.....   | 6         |
| 2.2.1    | <i>Classificação dos objetivos de desempenho</i> .....                                      | 9         |
| 2.3      | APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO .....   | 10        |
| 2.3.1    | <i>Métodos PROMETHEE</i> .....  | 11        |
| 2.3.1.1  | <i>Método PROMETHEE II</i> .....  | 11        |
| 2.4      | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....  | 13        |
| <b>3</b> | <b>REVISÃO DA LITERATURA.....</b>   | <b>14</b> |
| 3.1      | ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO .....  | 14        |
| 3.2      | MODELOS DE APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO BASEADOS NA ESTRATÉGIA DE MANUFATURA .....         | 17        |
| 3.3      | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....  | 18        |
| <b>4</b> | <b>METODOLOGIA E MODELO PROPOSTO .....</b>  | <b>19</b> |
| 4.1      | METODOLOGIA.....  | 19        |
| 4.2      | MODELO DE PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS PARA A MANUFATURA .....                                   | 21        |
| 4.2.1    | <i>Caracterização do Decisor</i> .....  | 21        |
| 4.2.2    | <i>Identificação de Objetivos</i> .....   | 22        |
| 4.2.3    | <i>Estabelecimento dos Critérios</i> .....  | 24        |
| 4.2.4    | <i>Definição da Problemática e do Conjunto de Ações</i> .....                               | 29        |
| 4.2.5    | <i>Modelagem de Preferências</i> .....  | 29        |
| 4.3      | SÍNTESE DO MODELO PROPOSTO.....   | 29        |
| 4.4      | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....  | 32        |
| <b>5</b> | <b>ESTUDO DE CASO .....</b>   | <b>33</b> |
| 5.1      | APRESENTAÇÃO DO CONTEXTO ANALISADO: UMA INDÚSTRIA DE PLÁSTICO DO AGRESTE PERNAMBUCANO ..... | 33        |
| 5.2      | FORMULAÇÃO DA ESTRATÉGIA DE PRODUÇÃO .....  | 35        |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 5.2.1    | <i>Projetos para Manufatura</i> .....                                       | 37        |
| 5.3      | CARACTERIZAÇÃO DO DECISOR .....   | 42        |
| 5.4      | IDENTIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS E ESTABELECIMENTO DOS CRITÉRIOS .....           | 42        |
| 5.5      | DEFINIÇÃO DA PROBLEMÁTICA E DO CONJUNTO DE AÇÕES .....                      | 44        |
| 5.6      | AVALIAÇÃO INTRACRITÉRIO – ESPECIALISTA .....                                | 45        |
| 5.7      | MODELAGEM DE PREFERÊNCIAS E ESCOLHA DO MÉTODO MULTICRITÉRIO.....            | 46        |
| 5.8      | AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS: PRIORIZAÇÃO DE PROJETOS PARA A MANUFATURA ..... | 48        |
| 5.9      | ANÁLISE DOS RESULTADOS .....  | 52        |
| 5.10     | CONCLUSÕES DO CAPÍTULO .....  | 56        |
| <b>6</b> | <b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....</b>                   | <b>58</b> |
| 6.1      | CONCLUSÕES .....  | 58        |
| 6.2      | SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....                                      | 60        |
|          | <b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>                                      | <b>62</b> |

## LISTA DE FIGURAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Figura 2.1 – Valor dos Benefícios Competitivos de Critérios Ganhadores, Qualificadores e Menos Importantes, Adaptado de Slack et al. (2007).....</b> | <b>10</b> |
| <b>Figura 2.2 – Critérios ou Funções de Preferência para Avaliação das Alternativas no PROMETHEE, Fonte: Brans &amp; Mareschal (2002) .....</b>         | <b>12</b> |
| <b>Figura 4.1 – Procedimento Metodológico de Apoio Multicritério a Decisão, Adaptado de de Almeida, (2013).....</b>                                     | <b>20</b> |
| <b>Figura 4.2 – Síntese do Modelo Proposto, Fonte: Esta pesquisa. ....</b>  | <b>31</b> |
| <b>Figura 5.1 – Tela do Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa .....</b>  | <b>51</b> |
| <b>Figura 5.2 – Apresentação do Ranking do PROMETHEE II no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa.....</b>  | <b>53</b> |
| <b>Figura 5.3 – Resultados do Módulo Walking Weights no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa ....</b>   | <b>55</b> |
| <b>Figura 5.4 – Representação do Plano GAIA disponível no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa ..</b>   | <b>55</b> |
| <b>Figura 5.5 – Parâmetros do “Cérebro” do Decisor com 50% de Liberdade disponível no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa .....</b>                  | <b>56</b> |

## LISTA DE TABELAS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabela 4.1 – Critérios Estabelecidos .....</b>                         | <b>27</b> |
| <b>Tabela 5.1 – Conjunto de Alternativas .....</b>                        | <b>45</b> |
| <b>Tabela 5.2 – Matriz de Avaliação.....</b>                              | <b>46</b> |
| <b>Tabela 5.3 – Ranking de Prioridade dos Critérios .....</b>             | <b>48</b> |
| <b>Tabela 5.4 – Pesos dos Critérios Obtidos pela Metodologia ROC.....</b> | <b>50</b> |
| <b>Tabela 5.5 – Parâmetros para o PROMETHEE II.....</b>                   | <b>50</b> |
| <b>Tabela 5.6 – Avaliação das Alternativas.....</b>                       | <b>52</b> |
| <b>Tabela 5.7 – Ranking dos Projetos para Manufatura .....</b>            | <b>54</b> |

## LISTA DE EQUAÇÕES

|                     |    |
|---------------------|----|
| Equação (2.1) ..... | 11 |
| Equação (2.2) ..... | 12 |
| Equação (2.3) ..... | 13 |
| Equação (2.4) ..... | 13 |
| Equação (5.1) ..... | 49 |

## 1 INTRODUÇÃO

O alinhamento entre a estratégia corporativa e as decisões tomadas nas funções gerenciais que compõe uma empresa é essencial para que os objetivos desta estratégia possam ser alcançados.

A literatura referente à administração da produção e operações apresenta as funções gerenciais da empresa divididas conforme o nível de decisão e o contexto da decisão dentro da empresa. Na visão apresentada por Slack et. al (2007) com o foco na função produção, esta se relaciona com as funções de desenvolvimento de produto, engenharia/suporte técnico, marketing/vendas, sistemas de informação/tecnologia da informação, contábil/financeira, recursos humanos; além de outras funções a depender das particularidades da empresa estudada.

Nesta visão apresentada por Slack et. al (2007) existe uma interação entre estas funções para dar apoio à função produção para que esta possa alcançar os níveis de desempenho requeridos para atender à estratégia corporativa.

Diante desta visão já consolidada na literatura de administração da produção e operações, apresentada por Slack et. al (2007) este trabalho busca integrar através de um modelo de apoio multicritério a decisão a priorização de projetos no âmbito da função produção e destas funções de apoio tomando por base as prioridades identificadas na estratégia de manufatura ou de produção da empresa.

Diante da motivação para desenvolver um trabalho dentro do contexto da região do Agreste pernambucano e que tenha relevância internacional por se basear no estado da arte, o tema abordado e o modelo proposto nesta dissertação pode ser facilmente adaptado ao contexto de qualquer empresa e em qualquer nível de competitividade ou classe mundial. O problema abordado neste trabalho é encontrado em diversas empresas, não só nas empresas do Agreste pernambucano, e portanto, o modelo proposto pode ser aplicado com as modificações necessárias para priorizar alternativas que contribuam para a competitividade através da melhoria de desempenho da função produção e das demais funções de apoio.

Diante do contexto regional onde este trabalho foi desenvolvido e validado, observa-se a necessidade de implantação de projetos para implantação de técnicas de gerenciamento e controle no âmbito da operação das empresas para que estas alcancem maiores patamares de produtividade e qualidade por exemplo.

Há de se entender que a simples constatação de que há muito a ser feito não é suficiente para estas empresas. É importante apontar aqueles projetos que são mais prioritários e que portanto precisa ser implantados primeiro de modo atender aqueles pontos mais sensíveis e que possuem maior potencial de aumento competitivo com o intuito de garantir a sobrevivência da empresa.

A partir desta perspectiva, foi formulado um problema de decisão e proposta uma abordagem baseada na metodologia de modelagem proposta por Ackoff & Sasieni (1971) e de Almeida (2013) para a proposição de um modelo de decisão.

Para demonstrar uma situação que contemple o modelo proposto dentro da realidade do Agreste pernambucano, foi aplicado um estudo de caso numa indústria situada nesta região. A partir do estudo de caso pode-se perceber as situações de conflito que existem diante da decisão entre projetos associados à função produção e demais funções de apoio que não podem ser implementados imediatamente nem simultaneamente, o que representa restrições que limitam o número de projetos a serem implementados, requerendo um modelo de decisão para estabelecer prioridades entre estes projetos conforme a estratégia de manufatura da empresa.

## 1.1 Justificativa e Relevância

A justificativa deste trabalho decorre da necessidade constante de melhoria e aumento da competitividade das empresas. Diante disto, não importa o tamanho nem o nível de competitividade de uma empresa, todas estas possuem recursos limitados e que devem ser aplicados de forma eficiente para atender aos requisitos estratégicos da empresa.

A associação com a estratégia de manufatura e a priorização de projetos a serem implantados na função produção e demais funções de apoio são de grande relevância para permitir que esta decisão seja tomada de forma estratégica e englobando não só a função produção, mas também as demais funções de apoio.

É comum nas empresas a aplicação de técnicas de aprendizado e melhoria como “*Kaizen*”, no entanto a formalização e a priorização destes projetos normalmente é feita apenas com o foco no setor onde o projeto foi identificado ou até apenas baseada em indicadores de desempenho que possivelmente não refletem de forma integrada os aspectos da estratégia de manufatura adotada.

A abordagem proposta neste trabalho busca dar maior importância a estes projetos e melhorar o processo decisório que envolve a priorização de projetos para a manufatura tomando por base uma visão integrada da função produção e demais funções de apoio para que estes esforços possam ser eficazes a nível de sistema de produção, trazendo de fato vantagem competitiva para a empresa e permitindo que a função produção possa impulsionar a estratégia da empresa.

## **1.2 Objetivos do Trabalho**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

O objetivo geral deste trabalho é a formulação, proposição e aplicação de um modelo de apoio multicritério a decisão para a priorização de projetos para a manufatura tomando por base a estratégia de manufatura formulada.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Para alcançar o objetivo geral deste trabalho, os objetivos específicos foram:

- Escolher um procedimento para identificação da estratégia de manufatura;
- Aplicar a metodologia de estruturação e formulação de modelos de apoio multicritério a decisão para definição do modelo de decisão para priorização de projetos para a manufatura;
- Definir um modelo de apoio multicritério a decisão para priorização de projetos para a manufatura;
- Identificar uma empresa no Agreste pernambucano com potencial para a aplicação do modelo proposto;
- Validar o modelo proposto;
- Analisar os resultados do modelo e discutir as limitações do modelo proposto.

## **1.3 Estrutura da Dissertação**

Esta dissertação foi estruturada conforme os pontos a seguir:

- O primeiro capítulo trata de uma introdução ao tema abordado, ressaltando os objetivos e a relevância do trabalho;

- O segundo capítulo apresenta o referencial teórico contemplando os principais conceitos utilizados e referências de suporte;
- O terceiro capítulo apresenta uma revisão da literatura destacando os trabalhos recentes que abordaram a seleção de projetos com apoio multicritério à decisão a partir da estratégia de manufatura;
- O quarto capítulo apresenta a metodologia e o modelo de decisão proposto neste trabalho;
- O quinto capítulo apresenta um estudo de caso com a aplicação do modelo proposto a uma empresa do Agreste pernambucano;
- O sexto capítulo encerra o texto apresentando as conclusões do trabalho, limitações e sugestões de trabalhos futuros.

## 2 BASE CONCEITUAL

Este capítulo apresenta os principais conceitos aplicados neste trabalho, abordando aspectos de administração da produção, estratégia de manufatura e apoio multicritério a decisão.

### 2.1 Função Produção

A literatura apresenta um sistema produtivo como um conjunto de atividades e operações inter-relacionadas envolvidas na produção de bens ou serviços. Segundo essa definição, um sistema produtivo é um sistema sócio técnico, que sofre influências internas e externas que afetam o seu desempenho (MOREIRA, 2008; SLACK *et al.*, 2007).

No ambiente interno são encontradas áreas funcionais que englobam as diversas funções necessárias para suportar esse sistema, tais como marketing, finanças, recursos humanos, destacando-se a produção que diz respeito ao processo de transformação dos recursos produtivos em bens ou serviços (SLACK *et al.*, 2007).

A gerência, responsável pelas decisões tomadas na empresa, divide-se de acordo com o grau de impacto das consequências das decisões tomadas. As atividades de Planejamento caracterizam o nível estratégico, que envolve horizontes de longo prazo, o que aumenta o grau de incerteza e os riscos associados às decisões tomadas por esta gerência. O nível tático é um nível intermediário, onde são tomadas decisões dentro do contexto da alocação e o planejamento da utilização dos recursos que envolvem horizontes de médio prazo e um grau de risco moderado, pois as decisões tomadas nesse nível não são afetadas por variáveis externas, a não ser a demanda. O nível subsequente é o nível operacional, que envolve decisões rotineiras, como a alocação de carga aos departamentos produtivos e a programação da produção, cujas consequências isoladas não são consideradas tão graves quanto as consequências dos dois níveis anteriores (MOREIRA, 2008; SLACK *et al.*, 2007).

A função produção pode desempenhar alguns papéis importantes dentro da organização, um destes papeis é apoiar a estratégia empresarial (SLACK, 2002; SLACK *et al.*, 2007).

Para que isto ocorra, a produção precisa se preparar para atingir a estratégia estabelecida, seja através:

- Mão de obra;

- Bom maquinário;
- Processos bem desenhados;
- Insumos e fornecedores apropriados.

Assim, a função produção também pode ser implementadora (SLACK, 2002; SLACK *et al.*, 2007), quando realmente coloca em prática e realiza a estratégia estabelecida, seja capacitando a mão de obra focada na estratégia formulada, adequando seus maquinários a realidade da nova estratégia, adquirindo insumos diferentes para melhorar o desempenho da função produção ou desenvolvendo os seus processos (SLACK, 2002; SLACK *et al.*, 2007).

Por fim, temos a função produção como impulsionadora da estratégia (SLACK, 2002; SLACK *et al.*, 2007), ou seja, quando a produção trabalha de maneira mais eficiente e com isso o mercado enxerga na empresa uma vantagem competitiva dentre os concorrentes.

De acordo com Wheelwright (1984), a função produção será julgada conforme a visão de cada organização e para isto eles desenvolveram quatro estágios para avaliar o papel competitivo das empresas, são eles:

- Neutralidade Interna: neste estágio a função produção tem pouco a contribuir quanto a competitividade da empresa para o mercado, apenas reage as mudanças solicitadas para que atinja o mínimo aceitável pelo mercado;
- Neutralidade Externa: a função produção neste estágio começa a se comparar ao mercado e mesmo sem criatividade adota práticas que deram certo em empresas do mesmo seguimento;
- Apoio Interno: para este estágio a empresa busca ser ou estar entre as melhores e desenvolve a produção para que seja implementadora, trabalhando de maneira mais eficiente e buscando incansavelmente sanar as dificuldades que limitam a mesma a atingir a liderança competitiva no segmento;
- Apoio Externo: neste estágio a função produção é considerada de suma importância para o sucesso competitivo a longo prazo, a mesma estará sempre à frente do mercado agindo de maneira criativa e proativa.

## 2.2 Estratégia de Manufatura

A literatura define estratégia de produção como sendo uma coleção de modelos de escolha que determinam a estrutura, os recursos e a infraestrutura do sistema de produção. No entanto, Miller & Hayslip (1989) definem estratégia de produção como o padrão projetado

para as alternativas de produção formuladas para melhorar a performance nos objetivos de desempenho, e para apoiar as estratégias do negócio.

Segundo Wheelwright (1984), o principal objetivo da estratégia de produção é desenvolver e apoiar vantagens competitivas duradouras, portanto, uma estratégia eficaz nem sempre resulta numa produção com eficiência máxima, mas naquela que se ajusta às necessidades do negócio. Nesse sentido, as decisões a serem tomadas devem considerar um contexto de apoio multicritério a decisão, não fazendo sentido apenas considerar uma solução ótima proveniente da otimização de um único objetivo, mas um meio termo entre as soluções ótimas dos objetivos que representam as necessidades do negócio.

Estas necessidades do negócio estão relacionadas às necessidades dos clientes de um setor específico e se dividem em aspectos que representam o desdobramento dos cinco objetivos de desempenho da produção.

O fato de existirem diversas nomenclaturas e definições para o contexto de estratégia de produção justificou o desenvolvimento e análise de uma taxonomia de estratégias de produção apresentada por Miller & Roth (1994). Nesse trabalho, Miller & Roth (1994) utilizaram métodos de análise através de *clusters* que observam a importância relativa associada a onze aspectos que oferecem vantagem competitiva em manufatura e definem o papel estratégico da função produção. Estes aspectos são resultado do desdobramento dos cinco objetivos de desempenho da produção, representados pelo Custo, Flexibilidade de Design, Flexibilidade de Volume de Produção, Conformidade, Performance dos Produtos, Velocidade na Entrega, Confiança, Serviço Pós-Venda, Publicidade, Ampla Rede de Distribuição e Distribuição de uma ampla rede de produtos.

Dessa forma, a literatura apresenta de forma básica e generalizada apenas cinco objetivos de desempenho para obter vantagem baseada em produção. Os objetivos são Custo, Qualidade, Rapidez, Flexibilidade e Credibilidade (HILL, 1993; SLACK *et al.*, 2007; SLACK, 2002).

Slack (2002) apresenta uma abordagem em que “vantagem em manufatura significa fazer melhor”. Para Slack, “fazer melhor” significa cinco coisas:

- **Fazer Certo** – não cometer erros; produtos sem erros e sempre de acordo com as especificações de projeto (Vantagem em Qualidade).

- **Fazer Rápido** – fazer com que o intervalo de tempo entre o início do processo de manufatura e a entrega do produto ao cliente seja menor do que o da concorrência (Vantagem de Velocidade).
- **Fazer Pontualmente** – cumprir os prazos de entrega, o que implica estar apto a estimar datas de entrega com acuidade (Vantagem de Credibilidade).
- **Mudar o que está sendo feito** – ser capaz de variar e adaptar a operação, seja porque as necessidades dos clientes são alteradas, seja por mudanças no processo de produção (Vantagem da Flexibilidade).
- **Fazer Barato** – fazer produtos a custos mais baixos que os concorrentes conseguem administrar (Vantagem de Custo).

Portanto os Objetivos de Desempenho buscam representar fatores competitivos advindos da função produção.

O **Objetivo de Desempenho da Qualidade** busca elevar a qualidade dos produtos através da elevação do índice de conformidade, do aumento da performance dos produtos, de altas especificações (luxo), especificações apropriadas (adequação ao uso, abordagem de Garvin (2002)) e demais conceitos e abordagens para qualidade.

O **Objetivo de Desempenho Rapidez ou Velocidade**, busca maximizar a velocidade da entrega, minimizar o *lead time* de produção, aumentar a velocidade nas compras de matérias primas, inclusive, influenciar na dinâmica de lançamento de novos produtos, aumentando a velocidade com a qual são desenvolvidos e lançados novos produtos no mercado.

O **Objetivo de Desempenho Credibilidade**, procura fazer com que as entregas sejam feitas na data devida e que seja mantida a integridade do produto acabado até que esteja sob a responsabilidade do cliente.

O **Objetivo de Desempenho Flexibilidade**, busca proporcionar um número maior de opções para o cliente através de mais opções de modelos (Flexibilidade de Design, Mix de Produtos), maior capacidade de se adaptar a diferentes níveis de demanda (sazonalidade), maior capacidade de atender o mercado (ampla rede de distribuição), capacidade de atender clientes especiais (Flexibilidade para expedir pedidos prioritários), capacidade para adaptar produtos e serviços aos requisitos específicos dos consumidores, intercambiabilidade na produção para poder atender futuras gerações de produtos, entre outros que podem contribuir como fatores competitivos.

O **Objetivo de Desempenho Custo**, busca a minimização do preço do produto final como um fator competitivo, podendo ser alcançado através de ganhos de escala e da redução da variedade dentro dos processos e das atividades de produção.

### 2.2.1 Classificação dos objetivos de desempenho

Para traduzir as necessidades dos consumidores e determinar a importância relativa entre os fatores competitivos, uma forma para classificar os objetivos de desempenho foi estabelecida por Hill (1993). Analisando o comportamento dos consumidores é possível decidir se é realmente necessário “fazer melhor” que a concorrência para obter vantagem em manufatura.

O que Hill propõe é que sejam determinados quais objetivos de desempenho são importantes para o sucesso competitivo. A abordagem proposta por Hill pretende determinar quais aspectos da competitividade nos quais o desempenho da produção deve estar acima de determinado nível para ser considerado pelo cliente, pois abaixo deste nível de desempenho a empresa sequer passa a ser considerada como fornecedora. Os Objetivos de Desempenho que representem esses aspectos de competitividade são classificados por Hill como **Qualificadores de Pedido**, onde o nível crítico de desempenho passa a ser um Critério Qualificador de Pedidos. Portanto qualquer melhora nos fatores qualificadores acima do nível qualificador não acrescentará benefício competitivo relevante.

Alguns aspectos da competitividade tornam-se mais importantes por não haver um determinado nível de saciedade para estes. Diferentemente do que ocorre com os **Qualificadores de Pedido**, onde existe um nível crítico de desempenho a ser atingido e após este nível o consumidor apresenta um comportamento de saciedade, alguns aspectos são classificados como **Ganhadores de Pedido**, pois são considerados pelos consumidores como razões-chaves para comprar o produto ou serviço (SLACK *et al.*, 2007). Aspectos ganhadores de pedido tornam-se Critérios Ganhadores de Pedidos uma vez que foram satisfeitas as condições para que a empresa seja classificada como fornecedora (Critério Qualificador de Pedidos). A empresa que apresentar melhor desempenho nesses aspectos competitivos será escolhida pelo cliente. Slack *et al.* (2007) considera que os Critérios Ganhadores de Pedido são os que direta e significativamente contribuem para a realização de um negócio, portanto aumentar o desempenho em um Critério Ganhador de Pedidos aumenta a probabilidade de que sejam realizados mais pedidos.

Dessa forma, Hill (1993) estabelece uma forma de classificar os aspectos da competitividade mais importantes e os aspectos menos importantes, dando uma interpretação dos Objetivos de Desempenho como critérios a serem levados em consideração pelos clientes antes de efetuarem a compra.

A representação gráfica desta classificação dos objetivos de desempenho está ilustrada na Figura 2.1.

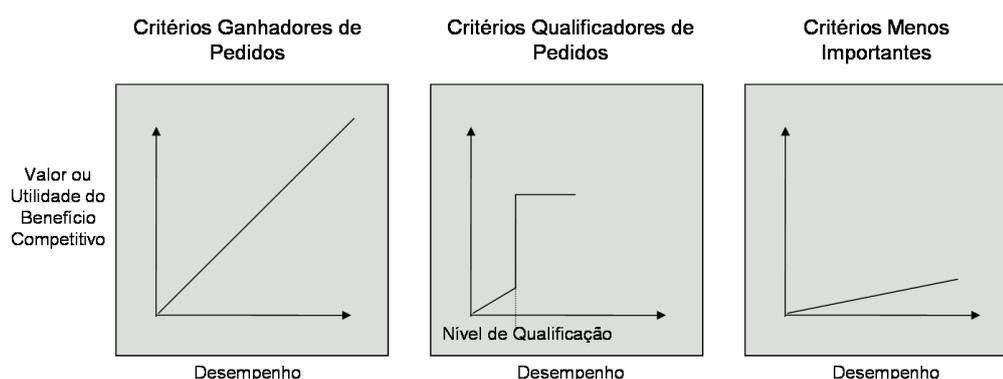


Figura 2.1 – Valor dos Benefícios Competitivos de Critérios Ganhadores, Qualificadores e Menos Importantes, Adaptado de Slack et al. (2007)

Através da classificação proposta por Hill (1993), pode-se visualizar o que seria o formato de uma função valor ou utilidade de cada objetivo de desempenho para o mercado cliente da empresa, onde cada uma destas funções representaria uma forma de mensurar a satisfação proporcionada aos clientes em diversos níveis de cada um dos aspectos da competitividade.

### 2.3 Apoio Multicritério a Decisão

Até a década de 50, utilizava-se basicamente a esperança matemática para tomada de decisões em condições onde a incerteza era considerada. A experiência adquirida na década de 50 com o uso de Pesquisa Operacional aplicada aos problemas logístico-militares, deu ênfase a um tipo de abordagem que observava apenas as necessidades imediatas como otimizar custos, despesas e lucros. Nessa época, foram desenvolvidos métodos estritamente matemáticos para se encontrar a solução ótima de um problema (de ALMEIDA, 2013).

Os métodos multicritério voltados para problemas discretos de decisão começaram a surgir a partir da década de 70. Estes métodos utilizam uma abordagem diferenciada para essa classe de problemas, passando a atuar como apoio a decisão não só objetivando a

representação multidimensional dos problemas, mas incorporando também diversas características bem definidas quanto a sua metodologia (de ALMEIDA, 2013), como:

- A análise do processo de decisão ao qual a metodologia é aplicada, sempre buscando identificar informações / regiões críticas;
- Melhor compreensão do problema e de suas dimensões.
- A possibilidade de se terem diferentes formulações válidas para o problema;
- O uso de representações explícitas de uma estrutura de preferências, em vez de representações numéricas definidas artificialmente, pode muitas vezes ser mais apropriado a um problema de tomada de decisão.

### 2.3.1 Métodos PROMETHEE

Os métodos da família PROMETHEE são classificados como métodos de sobreclassificação, que baseiam-se na comparação par-a-par das alternativas (BRANS & MARESCHAL, 2002).

#### 2.3.1.1 Método PROMETHEE II

Os métodos da família PROMETHEE são classificados como métodos de sobreclassificação, que baseiam-se na comparação par-a-par das alternativas. Duas fases compõem o procedimento para tomada de decisão com o PROMETHEE II (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013).

A construção da relação de preferência entre as alternativas constitui a primeira fase, na qual é exigido que decisor de alguma forma defina os pesos de cada critério  $i$ , chamado  $w_i$ , que denotam os respectivos graus de importância dentro do contexto da decisão. A soma desses pesos deve ser igual a 1 (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013).

Os pesos são multiplicados pelas funções de preferência,  $F_i(a, b)$ , definidas para cada critério e utilizadas para o cálculo do grau de sobreclassificação  $\pi(a, b)$  (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013), representada na Equação (2.1).

$$\pi(a, b) = \sum_{i=1}^n w_i F_i(a, b) \quad \text{Equação (2.1)}$$

$F_i(a, b)$  é a diferença entre os desempenhos das alternativas  $a$  e  $b$  considerando o critério  $i$ , ou seja  $g_i(a) - g_i(b)$ . Na forma mais básica  $F_i(a, b) = 1$  quando  $a$  possui uma performance melhor que  $b$  e  $F_i(a, b) = 0$  caso contrário. Quando a função é descrita dessa

maneira, trata-se de um problema com critério usual (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013).

Outros tipos de critérios podem ocorrer de acordo com a estrutura de preferências do decisor, estas funções estão representadas na Figura 2.2.

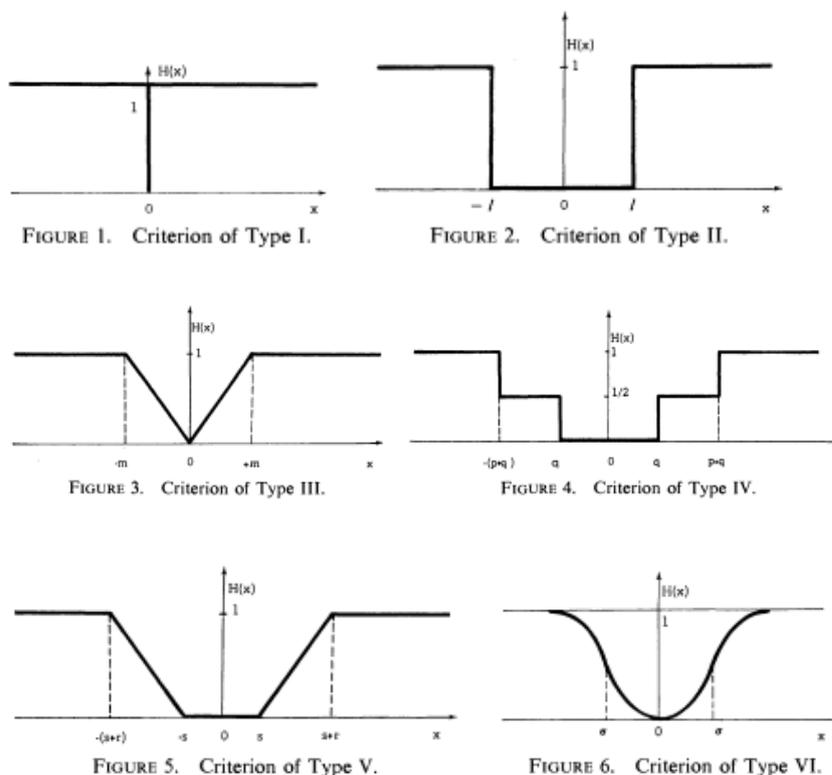


Figura 2.2 – Critérios ou Funções de Preferência para Avaliação das Alternativas no PROMETHEE, Fonte: Brans & Mareschal (2002)

A segunda fase do método envolve os cálculos dos fluxos de sobreclassificação (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013). Esses fluxos medem a intensidade da força de cada alternativa frente aos critérios considerados pelo decisor.

Quando uma alternativa sobreclassifica outras, seu valor é contabilizado no fluxo positivo  $\varphi^+$  e as vezes que esta é sobreclassificada por outras alternativas são contabilizadas através do fluxo negativo de sobreclassificação  $\varphi^-$  (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013).

Na Equação (2.2) e na Equação (2.3) são comparadas duas alternativas  $a$  e  $b$ , dentro do conjunto  $A$ , onde  $n$  representa a quantidade de critérios considerados na decisão.

$$\varphi^+(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(a, b) \tag{Equação (2.2)}$$

$$\varphi^-(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \in A} \pi(b, a) \quad \text{Equação (2.3)}$$

Analisando os fluxos, percebe-se que as melhores alternativas são aquelas com maiores  $\varphi^+$  e menores  $\varphi^-$ .

Sob esta visão, o PROMETHEE II gera uma ordem das alternativas conforme a magnitude do fluxo líquido  $\varphi(a)$ , obtido pela diferença entre os fluxos positivo e negativo (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013), como apresentado na Equação (2.4).

$$\Phi(a) = \varphi^+(a) - \varphi^-(a) \quad \text{Equação (2.4)}$$

Em outras palavras,  $a$  é preferido a  $b$ , desde que  $\varphi(a) > \varphi(b)$ . Se  $\varphi(a) = \varphi(b)$ , é estabelecida uma relação de indiferença entre  $a$  e  $b$  (BRANS & MARESCHAL, 2002; de ALMEIDA, 2013). Então o PROMETHEE II tem como resultado uma pré-ordem completa das alternativas.

## 2.4 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foram apresentados os principais aspectos referente aos conceitos utilizados para fundamentar este trabalho. Nos próximos capítulos são apresentados desenvolvimentos da literatura recente referente ao tema, a metodologia e modelo proposto, seguido do estudo de caso.

### 3 REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo apresenta os artigos desenvolvidos em temas correlatos ao trabalho desenvolvido nesta dissertação, a partir de uma pesquisa realizada como foco maior na base de dados “*Web of Knowledge*”, disponibilizada pela base de periódicos da Capes.

Dentre os tópicos pesquisados, buscou-se por trabalhos que envolvessem modelos de apoio multicritério a decisão aplicados à estratégia de manufatura, com o objetivo maior de buscar trabalhos que relacionassem a priorização de projetos para a função produção tendo por base de orientação a estratégia de manufatura adotada.

A busca principal foi realizada utilizando os termos “*manufacturing strategy*” e “*manufacture strategy*”, sendo adicionados os filtros “*article*” para o tipo de documento e outros filtros para delimitar os tópicos de interesse: “*mcdm*”, “*mcdm*”, “*multicriteria*”, “*project selection*” e “*multi criteria*”, buscando trabalhos que tivesse um foco mais próximo do tema desta dissertação.

As seções a seguir apresentam a evolução cronológica da literatura agrupada a partir dos tópicos estratégia de produção e modelos de apoio multicritério a decisão baseados na estratégia de manufatura.

#### 3.1 Estratégia de Produção

Platts & Gregory (1990) apresentaram uma metodologia para diagnosticar e avaliar estrategicamente a função produção. Neste artigo é apresentada esta metodologia que ficou conhecida na literatura como metodologia Platts-Gregory para formulação de estratégia de produção. O procedimento proposto por Platts & Gregory (1990) é baseado em uma literatura consolidada de estratégia de produção, considerando os fundamentos propostos por Hill (1985), Hayes & Wheelwright (1984), Wheelwright (1984), Wheelwright (1978), Skinner (1969) entre outros.

Em continuidade a esta linha de trabalho, Platts (1993) aponta que apesar de muitos trabalhos relacionados a estratégia apenas focam em comentar aspectos estratégicos ou pesquisar decisões estratégicas específicas, é possível a realização de pesquisas que considerem a estratégia como um processo, para o qual devem ser elaborados estágios em termos de procedimentos para análise da situação e a proposição de recomendações. No entanto, Platts (1994a) alerta que embora as empresas aceitem que há uma necessidade de

desenvolver e formular as estratégias de produção para melhorar o desempenho competitivo, há uma grande dificuldade no entendimento das metodologias e processos para o desenvolvimento e formulação da estratégia de produção.

Para identificar os níveis de integração na função produção face a perspectiva estratégica, foi proposta por Platts (1994b) uma abordagem para classificar a função produção conforme o nível de integração desempenhado considerando o ponto de vista interno e externo a função produção. Do ponto de vista interno, o framework proposto por Platts (1994b) envolve as características do produto, qualidade, performance na entrega (rapidez e credibilidade), flexibilidade (mix e volume) e os custos de produção. Em relação a integração interna, Platts (1994b) considera características da planta industrial, capacidade produtiva, nível de verticalização, forma como os processos de transformação são organizados, recursos humanos, controle de qualidade, filosofia de planejamento da produção, gerenciamento de fornecedores, desenvolvimento de novos produtos e sistemas de avaliação de desempenho. Na proposta de Platts (1994b) a avaliação dos níveis de integração da função produção é realizada mediante a avaliação da influência entre os fatores internos e externos.

Tendo em vista a necessidade de revisão contínua dos processos de estratégia de produção, Mills et al. (1994) apresentaram um framework para acompanhamento contínuo do processo de formulação da estratégia de manufatura. As linhas gerais do framework proposto por Mills et al. (1994) envolvem a análise do conteúdo e dos processos de estratégia de produção associada a avaliação do desempenho estratégico da função produção.

Com o objetivo de estabelecer um procedimento de ligação entre a estratégia de negócio e os diferentes tipos de sistemas de gerenciamento da produção, Carrie et al (1994) propuseram um framework para associar estilos de gestão organizacional, a partir de classificações disponíveis na literatura, a diferentes tipos de sistemas de gerenciamento da produção a fim de obter um modelo de referência para indicar a compatibilidade entre o estilo de gestão organizacional e o tipo de sistema de gerenciamento da produção.

O aumento da importância dada pela literatura ao tema estratégia de produção motivou o desenvolvimento de uma revisão da literatura apresentada por Dangayach & Deshmukh (2001), que classificaram a literatura referente a este tema envolvendo cerca de 260 artigos publicados em trinta e um periódicos além de congressos internacionais.

No trabalho desenvolvido por Pun et al. (2004) foram investigados fatores determinantes para a formulação de uma estratégia de produção através de um estudo

empírico envolvendo a análise de empresas de Hong Kong no período de 1994 a 2001. Os resultados encontrados por Pun et al. (2004) apontam como fatores de sucesso preponderantes o acesso das empresas ao mercado, disponibilidade de capital e mão-de-obra, localização, reputação, entre outros. Dentre as ameaças apontadas por este estudo, destacam-se problemas de fluxo de caixa, efeitos do protecionismo econômico, a falta de opções de fornecimento, rotatividade da mão-de-obra, entre outros.

Raymond & Cotreau (2009) apresentaram um pesquisa baseada numa amostra de 150 empresas de médio porte Canadenses com o propósito de identificar os resultados provenientes do alinhamento estratégico em relação a produtividade e a rentabilidade destas empresas, verificando também como estes resultados incidem independentemente do tipo de estratégia adotada, apontando que tipo de estratégia de produção possui maior sinergia com determinadas estratégias de negócio.

No contexto de tecnologia da informação (TI), Ibrahim (2010) propôs uma metodologia para o desenvolvimento de uma estratégia de operações, ou seja, uma estratégia para a produção de um serviço, ilustrada através de um estudo de caso na BTC-Egito.

Já a proposta de Jia & Bai (2011) considera uma abordagem para definição da estratégia de produção baseada na ferramenta QFD (Quality Function Deployment), integrando os processos de desenvolvimento de estratégia de produção com as características da ferramenta QFD.

Na mesma direção de Raymond & Cotreau (2009), Gonzalez-Benito & Lannelongue (2014) apresentaram um estudo envolvendo 148 empresas espanholas divididas entre os segmentos de produção de máquinas industriais, eletrônicos, equipamentos elétricos e transporte de equipamentos. Neste estudo, Gonzalez-Benito & Lannelongue (2014) investigaram as implicações do alinhamento interno da função produção com os resultados de performance da organização.

Löfving et al. (2014) desenvolveram um framework de um processo para dar suporte a um facilitador no processo de formulação de estratégia de produção para pequenas e médias empresas (PME). Dentre as contribuições de Löfving et al. (2014) pode-se ressaltar a análise de 15 diferentes alternativas de framework para formulação de estratégia de produção sob a ótica do contexto de PMEs.

Em relação ao objetivo de desempenho flexibilidade e a dificuldade em sua mensuração, Mishra et al. (2014) apresenta uma proposta framework para mensuração e

avaliação de flexibilidade. Mishra et al. (2014) realizaram uma revisão da literatura sobre o tema e a partir desta revisão propuseram um framework conceitual.

No âmbito do contexto brasileiro, Alves Filho et al. (2015) apresentaram uma análise das estratégias de produção adotadas por seis dentre os sete produtores de motores automotivos no Brasil. Através de entrevistas semi-estruturadas Alves Filho et al. (2015) explicitaram as principais ações desenvolvidas no âmbito destas empresas em termos de estratégia de produção.

### **3.2 Modelos de Apoio Multicritério a Decisão Baseados na Estratégia de Manufatura**

Em relação ao desenvolvimento de modelos de apoio multicritério a decisão para avaliação, o primeiro modelo identificado na literatura com base nas pesquisas realizadas foi apresentado por Borenstein (1998).

O modelo proposto por Borenstein (1998) considerava o uso de uma função valor aditiva para considerar uma hierarquia de objetivos que representam o desdobramento dos objetivos de desempenho de estratégia de produção. O problema abordado por Borenstein (1998) envolvia a seleção de projetos para sistemas de manufatura flexível.

Para modelar os *tradeoffs* entre os objetivos de desempenho de estratégia de produção, Silveira (2005) apresentou como proposta uma heurística baseada em árvores de decisão para avaliar de forma dinâmica os *payoffs* associados a diferentes alternativas em relação a estratégia de produção. O modelo proposto por Silveira (2005) foi ilustrado através de um estudo de caso em uma indústria britânica.

Em relação a seleção de projetos, Kornfeld & Kara (2011) apresentaram uma revisão da literatura sobre problemas de portfólio multicritério para a seleção de projetos de melhoria contínua no âmbito de projetos *six sigma*. No entanto, não é possível afirmar que o trabalho de Kornfeld & Kara (2011) tenha um foco voltado para a estratégia de produção.

No que diz respeito a decisões de reconfiguração do sistema de manufatura, é frequente na literatura a proposição de modelos baseados apenas em simulação de processos. Nessa direção, Rehman & Rehman (2013) propuseram um modelo de apoio multicritério a decisão baseado nos métodos PROMETHEE I e II para a escolha entre diferentes configurações de sistema de manufatura.

Lekurwale et al. (2015) propuseram um modelo baseado no método AHP para avaliação da função produção considerando seis grupos de critérios que numa representação hierárquica foram desdobrados em trinta e três critérios considerando aspectos estratégicos para a produção. Para ilustrar o modelo proposto, Lekurwale et al. (2015) apresentaram um exemplo numérico indicando como aplicar o modelo apresentado no trabalho.

### **3.3 Conclusões do Capítulo**

Através deste capítulo foi possível observar a evolução da literatura relacionada a formulação e o desenvolvimento da estratégia de produção e de modelos que integram o apoio multicritério a decisão no contexto de estratégia de produção, O fato de surgirem poucos trabalhos relacionados a proposição de modelos de apoio multicritério a decisão reflete as possibilidades que este tema ainda permite explorar.

No próximo capítulo será realizada a apresentação da metodologia adotada neste trabalho e o modelo proposto nesta dissertação.

## **4 METODOLOGIA E MODELO PROPOSTO**

Este capítulo apresenta a metodologia utilizada neste trabalho e o desenvolvimento do modelo de decisão proposto para priorização de projetos para a manufatura. Inicialmente é apresentada a metodologia básica para formulação de problemas de decisão e elaboração de modelos proposta primeiramente por Ackoff & Sasieni (1971) e consolidada pela literatura de pesquisa operacional.

Após a descrição da metodologia empregada, é apresentado o modelo de decisão desenvolvido nesta dissertação de mestrado.

### **4.1 Metodologia**

Conforme discutido por Ackoff & Sasieni (1971), existe um grande debate sobre o método científico envolvendo a necessidade de realização ou caracterização de experimentos. Quando observada no sentido restrito da manipulação física das variáveis, o uso de procedimentos e métodos científicos é impossível ou impraticável no contexto de problemas de decisão envolvendo instituições privadas ou governamentais. Em determinadas situações restritas é possível a elaboração de experimentos, no entanto este tipo de abordagem torna-se inviável devido a possibilidade de prejuízos e falências devido à realização de uma “experiência com êxito”.

Diante das restrições inerentes ao estudo de sistemas de produção, a metodologia científica da pesquisa operacional desenvolveu-se de modo que não dependa da experimentação no sentido restrito, evitando a manipulação física do objeto em estudo.

O método científico aqui constitui-se da construção de representações do sistema e de seu comportamento através de modelos que orientam a pesquisa através de um processo hipotético-dedutivo que através de representações lógicas possa no conjunto representar um modelo do sistema e do problema que se pretende resolver, o que constitui um modelo de sistema e um modelo de decisão (ACKOFF & SASIENI, 1971).

Portanto, o modelo é utilizado como uma forma de construir uma representação exata ou aproximada dos valores ótimos das variáveis controladas tendo por base as interações com as variáveis não controladas.

Assim, esta metodologia é dividida em cinco fases (ACKOFF & SASIENI, 1971):

1. Formulação do problema;

2. Construção do modelo;
3. Obtenção da solução;
4. Teste do modelo e avaliação da solução;
5. Implantação e acompanhamento da solução.

Esta metodologia inicialmente proposta por Ackoff & Sasieni (1971) tem evoluído e incorporado as particularidades de cada área da pesquisa operacional mas preservando as características seminais, seja esta a simulação ou otimização por exemplo. No âmbito do apoio multicritério a decisão é necessário considerar também particularidades referentes à modelagem de preferências do decisor, questões de escala de avaliação para os critérios, agregação, entre outras particularidades que são destacados na metodologia proposta por de Almeida (2013).

A metodologia de apoio multicritério a decisão adotada neste trabalho é apresentada em de Almeida (2013) e de Almeida *et al.* (2015). Esta metodologia é composta por três fases principais, sendo a primeira uma fase preliminar, a segunda a modelagem de preferências e escolha do método e a terceira uma fase de finalização. A característica fundamental desta metodologia é a flexibilidade e os refinamentos sucessivos, permitindo a recursividade quando necessário. A Figura 4.1 ilustra o procedimento metodológico adotado.

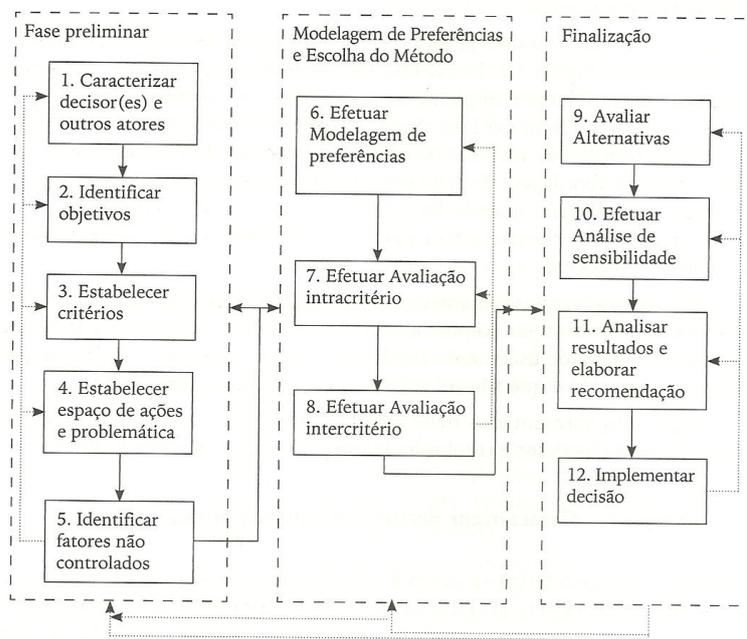


Figura 4.1 – Procedimento Metodológico de Apoio Multicritério a Decisão, Adaptado de de Almeida, (2013)

Parte das etapas apresentadas na Figura 4.1 serão aplicadas na seção 4.2 para elaboração do modelo de decisão proposto nesta dissertação. As demais etapas serão aplicadas ao longo do capítulo 5 para a aplicação do modelo proposto através de um estudo de caso.

A depender das particularidades do problema abordado não se faz necessário a execução de todas as etapas da metodologia (de ALMEIDA, 2013; de ALMEIDA *et al.*, 2015), assim, serão destacadas apenas as etapas relevantes para o problema abordado.

## **4.2 Modelo de Priorização de Projetos para a Manufatura**

Esta seção apresenta o desenvolvimento do modelo proposto nesta dissertação para a priorização e escolha de projetos para a manufatura.

### **4.2.1 Caracterização do Decisor**

A escolha e priorização de projetos para a manufatura normalmente ocorre no âmbito da diretoria de produção e operações de uma empresa. Em situações em que estas decisões são tomadas em conjunto com outras diretorias, uma metodologia de decisão em grupo pode ser aplicada para considerar as visões dos decisores que participarão deste processo decisório. Mesmo que a decisão seja tomada apenas no âmbito da diretoria de produção e operações, uma abordagem de decisão em grupo pode ser recomendada se atores do processo, tais como gerentes e engenheiros, possuam uma maior participação neste processo.

Nestas situações em que existe mais de um decisor, uma abordagem de decisão em grupo pode ser utilizada através de um processo participativo onde os decisores podem ser agregados ou num processo de decisão em grupo com um supradecisor (de ALMEIDA *et al.*, 2012).

O modelo proposto nesta dissertação assume que a escolha e a priorização dos projetos para manufatura é de responsabilidade da direção de produção e operações, logo pode-se caracterizar que o decisor é a pessoa responsável pela diretoria de produção e operações, onde os demais (gerentes, engenheiros e outras diretorias) atuam como atores do processo decisório. Assim, o modelo proposto nesta dissertação busca abordar o caso geral, e as particularidades envolvendo situações onde há um processo de decisão em grupo podem ser facilmente incorporadas a este modelo geral através de adaptações que incorporem a consolidação das visões individuais de outros decisores a partir desta modelagem proposta através de uma abordagem de decisão em grupo.

#### 4.2.2 Identificação de Objetivos

O modelo proposto neste trabalho se baseia na premissa de que os aspectos da estratégia de manufatura são essenciais para a priorização de projetos na manufatura. Diante disso, o decisor deve buscar satisfazer os objetivos estratégicos de produção (custo, qualidade, credibilidade, rapidez e flexibilidade) além de outros objetivos associados à priorização destes projetos.

A literatura de estratégia de produção aponta duas metodologias como as principais ferramentas para estruturação da estratégia de produção (SLACK *et al.*, 2007):

- Metodologia Hill: a metodologia proposta por Hill (1993) é uma das mais influentes abordagens para formulação de estratégia de produção. Esta metodologia busca incorporar a partir dos objetivos corporativos e da estratégia corporativa, desdobrando a estratégia corporativa em 5 etapas para a obtenção da estratégia de produção.
- Metodologia de Platts-Gregory: a proposta de Platts & Gregory (1990) é composta por 3 etapas. A primeira etapa busca uma auto avaliação da função produção e da posição de mercado da empresa, seguindo um viés de “oportunidades e ameaças”. Desta forma, busca-se identificar os fatores exigidos pelo mercado e uma avaliação de benchmark entre a performance desejada pelo mercado e aquela desempenhada pela empresa. A partir desta análise realizada na primeira etapa, é feita numa segunda etapa uma avaliação das condições atuais da manufatura, e na terceira etapa é elaborada uma estratégia de produção para alcançar as melhorias necessárias.

A partir da estratégia de produção levantada, os objetivos estratégicos de produção podem ser classificados conforme o desempenho atual da manufatura e do potencial de incremento em termos de vantagem competitiva a partir da análise de performance nos respectivos objetivos estratégicos de produção.

Diante da prioridade estabelecida na definição da estratégia de manufatura, outros critérios podem ser considerados para permitir a diferenciação e avaliação do potencial de cada projeto a ser implantado na manufatura, por exemplo, o tempo de retorno de determinado projeto. Mesmo que dois projetos contribuam da mesma maneira para o aumento da competitividade da empresa através de sua função produção, aquele projeto que tiver o menor tempo de retorno poderá ser considerado o melhor projeto; ou até, numa outra situação,

é comum a escolha de uma alternativa que mesmo sendo inferior a outra, que esta seja preferível uma vez tem um tempo menor de retorno.

Portanto, fica claro que os objetivos estratégicos de produção classificados como ganhadores de pedido devem ser considerados como critérios do modelo de decisão, todavia, sem perda de generalidade, neste modelo proposto serão considerados de partida todos os objetivos estratégicos de produção como objetivos do modelo de decisão proposto, no entanto, aqueles objetivos que forem identificados como qualificadores de pedido na estratégia de produção devem receber peso igual a zero uma vez que não acrescentam vantagem competitiva ao *status quo*.

Destarte, como objetivos para o modelo de decisão proposto serão considerados os objetivos estratégicos da produção (primeiros cinco objetivos) e outros objetivos discutidos na estruturação do problema de decisão junto à diretoria da empresa. Os objetivos levantados foram:

- Custo;
- Qualidade;
- Credibilidade;
- Rapidez;
- Flexibilidade;
- Imagem da empresa perante os clientes: a partir de projetos e processos implantados na empresa, grandes clientes associam uma imagem à empresa, mesmo sem nunca terem realizado um pedido nesta. Grandes clientes e que possuem potencial de fazer um contrato de fornecimento solicitam que seja realizado um cadastro do fornecedor, no qual investigam processos e procedimentos da empresa, inclusive os projetos que foram implantados recentemente e o horizonte de tempo para implantação de outros projetos, como certificação de algum processo específico por exemplo. A partir da percepção dos clientes sobre a imagem da empresa estes decidem sobre a inclusão ou exclusão em seu cadastro de fornecedores, podendo levar até à assinatura de um contrato de fornecimento com uma programação de produção de compra mínima pré-estabelecida por período;
- Tempo de retorno / Payback simples: este objetivo reflete o tempo de retorno do investimento. Apesar de não ser um critério com potencial de mensuração

econômica e financeira (Ferreira, 2009), este critério permite avaliar o tempo a partir do qual será possível iniciar outro projeto para manufatura sem comprometer o orçamento deste centro de custos ou a rentabilidade da empresa, uma vez que já houve o retorno do investimento. Diante da dificuldade de explicitar o fluxo de caixa destes projetos e da imprecisão inerente às estimativas obtidas para cada projeto, optou-se por considerar o payback simples uma vez que esta medida por si só já representa uma medida proxy para o desempenho de um projeto do ponto de vista financeiro uma vez que não reflete a rentabilidade do projeto. O impacto de não considerar a rentabilidade do projeto através do Valor Presente Líquido (VPL) ou da Taxa Interna de Retorno (TIR), por exemplo não é significativo tendo em vista que os projetos serão avaliados através do viés estratégico, não apenas financeiro, e que no contexto deste problema a imprecisão para o valor estimado de VPL ou TIR de um determinado projeto poderia trazer inconsistências maiores. Projetos que envolvem grandes investimentos e para os quais a rentabilidade deve ser melhor avaliada, geralmente não são aprovados apenas no âmbito da diretoria de produção, além de que, pelo fato de envolverem grandes investimentos, estes são estruturados e formulados através de procedimentos mais elaborados visando reduzir a imprecisão destas estimativas. Outra vantagem de considerar o payback simples como objetivo é a possibilidade de avaliar de forma conjunta o tempo requerido para implantação de determinado projeto, que na maioria das vezes ocorre antes do tempo de retorno do investimento;

- Investimento do projeto: este objetivo está associado ao custo total envolvido na implantação do projeto.

A partir destes objetivos, é necessário o estabelecimento da forma como as alternativas serão mensuradas conforme cada objetivo. Na próxima seção é apresentada a forma adotada para estabelecimento dos critérios.

#### 4.2.3 Estabelecimento dos Critérios

Diante da necessidade de mensuração da performance das alternativas em cada um dos objetivos, é necessário que sejam estabelecidos critérios para viabilizar a mensuração da performance de cada alternativa nos objetivos considerados pelo decisor.

O estabelecimento dos critérios envolve a escolha da escala a ser adotada. Para viabilizar a mensuração da performance das alternativas nos objetivos estabelecidos junto ao decisor muitas vezes é necessário a construção de um critério ou até a escolha de um proxy para viabilizar a mensuração da performances das alternativas quando não é possível o estabelecimento de um critério natural (KEENEY, 1992; de ALMEIDA, 2013).

A partir dos objetivos estabelecidos, foram estabelecidos os seguintes critérios:

- **Custo do produto:** este objetivo está associado à melhorias em termos do custo do produto, portanto refere-se ao potencial de redução no custo do produto. Portanto, uma forma de avaliar os projetos no âmbito deste objetivo é através do cálculo da razão entre o custo médio atual de produção e o custo médio estimado após a implantação do projeto e suas melhorias específicas. Desta forma, tem-se um critério construído (KEENEY, 1992; de ALMEIDA, 2013) que mede o impacto do projeto face ao objetivo estratégico custo de produção. Todavia, em algumas situações pode ser bastante difícil oferecer uma projeção confiável em relação ao patamar de redução no custo médio de produção proveniente de um determinado projeto. Nesses casos, é mais recomendável considerar através de uma escala verbal a opinião do especialista sobre o potencial de redução de custo do projeto;
- **Qualidade:** do ponto de vista da estratégia da produção, o objetivo qualidade remete à “fazer certo”, ou seja, é uma visão simples e não tão abrangente da qualidade, a partir da qual se busca que a produção seja capaz de produzir conforme as especificações, ou seja, a avaliação dos demais significados associados ao conceito de qualidade estabelecido no gerenciamento da qualidade ficam a cargo das “especificações”, assim, cabe à função produção prover apenas o resultado que foi solicitado, seja qual for a qualidade “especificada”. Como alternativa para a mensuração da contribuição no objetivo qualidade pode ser adotada a fração de itens não conformes, assim, as alternativas podem ser avaliadas neste objetivo considerando uma projeção da eventual redução provocada pelo projeto em termos do valor atual de não conformidades, representado pelas não conformidades identificadas na produção e acrescidas das devoluções por não conformidade. Similarmente à observação realizada para o critério anterior, para ter uma mensuração mais assertiva, uma escala verbal

pode também ser utilizada para avaliar a percepção do especialista sobre o potencial do projeto em termos de redução de não conformidades;

- **Credibilidade:** a credibilidade é avaliada em termos da competência da função produção em cumprir com os prazos pré-estabelecidos. Em algumas atividades de manufatura é comum que haja a segmentação de clientes, permitindo a priorização de clientes especiais para que estes possam receber maiores benefícios visando a fidelização e o aumento de vendas para este cliente face às vantagens oferecidas para este segmento de clientes, que podem receber por exemplo um prazo menor de entrega para seus pedidos. O objetivo credibilidade é importante principalmente do ponto de vista logístico de cadeia de suprimento, além de que uma boa credibilidade ajuda na redução de custos de armazenagem e de setup para processos subsequentes, uma vez que há uma redução na incerteza, é possível diminuir algumas barreiras de proteção física, em especial os níveis de estoque. Diante das incertezas associadas à capacidade de cumprimento de prazos devido à fontes que fogem ao controle da função produção, além de questões associadas à desequilíbrios entre capacidade e demanda a elaboração de estimativas quantitativas referentes ao percentual de melhoria no índice de pedidos entregues dentro do prazo a partir de uma das alternativas está muito sujeita a erros. Desta forma, visando obter uma mensuração mais precisa do desempenho das alternativas neste objetivo, será adotado um critério construído de forma qualitativa através de uma escala verbal para avaliar o impacto da implantação de uma alternativa no desempenho da função produção em termos de credibilidade;
- **Rapidez:** a rapidez pode ser medida em termos do tempo decorrido
- **Flexibilidade:** a flexibilidade é um objetivo estratégico da produção que pode ser avaliado conforme diferentes enfoques, que são enfatizados conforme o contexto de aplicação. Tendo em vista a natureza não estruturada da avaliação da flexibilidade da manufatura, será adotado um critério construído para a flexibilidade através de uma escala verbal, a qual pode ser obtida do especialista de forma agregada ou desagregada diante das dimensões consideradas para a flexibilidade em estratégia de produção (SLACK *et al.*, 2007):
  - Flexibilidade de Produto

- Flexibilidade de Mix
- Flexibilidade de Volume
- Flexibilidade de Entrega
- Imagem da empresa perante os clientes: conforme discutido na seção anterior, a imagem da empresa perante os clientes é uma questão bastante subjetiva, no entanto, especialistas que atuam na função produção podem estabelecer julgamentos de valor e estimativas a partir do conhecimento que possuem sobre o *status quo* e os requisitos de seus clientes. Frequentemente o setor comercial é solicitado a dar informações sobre a manufatura, passando questionamentos àqueles ligados à função produção para fundamentar a resposta dos questionários e formulários de cadastro de fornecedor. Diante disso, a gestão tem conhecimento daquilo que é esperado, daquilo que é exigido e o que pode vir a se tornar um diferencial competitivo. Além disso, através das visitas técnicas os especialistas que atuam na função produção obtém conhecimento sobre a situação de concorrentes em relação à empresa para subsidiar sua percepção em relação ao desempenho da empresa. Adicionalmente, ao gerenciar ocorrências tomam conhecimento sobre fatores que afetam a imagem da empresa. Portanto, os especialistas que atuam na função produção são capazes de estabelecer estimativas sobre a performance das alternativas através de uma escala verbal sobre objetivo. Então, para o objetivo da imagem será adotado um critério construído através de uma escala verbal a ser respondida por especialistas que atuam na função produção;
- Payback Simples: será representado pela estimativa do tempo de retorno de cada alternativa;
- Investimento do projeto: será representado pela estimativa do custo associada a cada alternativa.

A Tabela 4.1 sumariza os critérios estabelecidos:

Tabela 4.1 – Critérios Estabelecidos

| Objetivos | Critérios             | Tipo | Símbolo         | Escala |   |
|-----------|-----------------------|------|-----------------|--------|---|
| Custo     | % de redução de Custo | Max  | %C <sub>p</sub> | %      | $\frac{[C_{p\text{-statusquo}} - (C_p a_i)]}{C_{p\text{-statusquo}}}$ |

|                                       |                                  |     |                 |        |                                   |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----|-----------------|--------|-----------------------------------|
|                                       | Impacto na redução de Custo      | Max | ImpactCprod     | verbal | Likert                            |
| Qualidade                             | % de redução de n-conforme       | Max | %RedDefeit      | %      | $[\%Def - (\%Def_{a_i})] / \%Def$ |
|                                       | Impacto na redução de n-conforme | Max | ImpactN-conform | verbal | Likert                            |
| Credibilidade                         | Impacto na Credibilidade         | Max | ImpactCred      | verbal | Likert                            |
| Rapidez                               | Impacto na Rapidez               | Max | ImpactRap       | verbal | Likert                            |
| Flexibilidade                         | Flex-Agregada                    | Max | ImpactFlexAg    | verbal | Likert                            |
|                                       | Flex-Produto                     | Max | ImpactFlexProd  | verbal | Likert                            |
| Flexibilidade                         | Flex-Mix                         | Max | ImpactFlexMix   | verbal | Likert                            |
|                                       | Desagregada                      | Max | ImpactFlexVol   | verbal | Likert                            |
| Imagem da empresa perante os clientes | Flex-Entrega                     | Max | ImpacFlexEnt    | verbal | Likert                            |
|                                       | Impacto Imagem p/ Clientes       | Max | ImagClient      | verbal | Likert                            |
| Payback Simples                       | Payback Simples                  | Min | PBS             | meses  | T                                 |
| Investimento do projeto               | Custo-prj                        | Min | $C(a_i)$        | R\$    |                                   |

Fonte: Esta Pesquisa

Conforme descrito na Tabela 4.1, em determinadas situações, pode ser interessante abordar o critério flexibilidade de forma desagregada, viabilizando uma estrutura hierárquica de pesos para facilitar o processo de elicitação dos pesos e da performance das alternativas. Portanto a depender do contexto de aplicação a forma como o objetivo flexibilidade será abordado de forma global ou fragmentada.

Para mensurar os objetivos credibilidade, rapidez, flexibilidade (agregada ou não), e imagem da empresa perante os clientes é proposto o uso de uma escala verbal, sugerindo a escala de Likert (1932) por ser uma escala amplamente aceita pela literatura e compatível com a capacidade cognitiva humana de fazer distinção entre níveis de avaliação (de ALMEIDA, 2013). Esta escala consiste em cinco níveis de mensuração permitindo um nível de avaliação central e mais quatro níveis de desempenho.

#### 4.2.4 Definição da Problemática e do Conjunto de Ações

Segundo de Almeida (2013), nesta etapa deve ser estabelecida a estrutura do espaço de ações, definida a problemática e o processo de geração de alternativas.

Portanto, o espaço de alternativas pode ser considerado discreto, uma vez que devido à natureza dos projetos a serem considerados, todos serão representados através de alternativas discretas a serem priorizadas. A depender da forma como for abordado o problema na definição da problemática, o conjunto de alternativas pode ser representado de forma globalizada ou fragmentada, conforme definição de Vincke (1992). Quando considera-se um conjunto de alternativas de forma fragmentada, é possível escolher uma combinação das alternativas, assim, o conjunto de alternativas é uma representação reduzida de todas as possíveis combinações destas.

A partir das problemáticas identificadas por Roy (1996), é necessário alinhar o tipo de resposta que se deseja obter a partir da modelagem do problema. Caso seja desejável apenas associar as alternativas disponíveis a classes de prioridades, pode ser adotada uma metodologia de classificação para alocar as alternativas à classe correspondente. No entanto, caso seja desejável uma ordenação em função da prioridade de cada alternativa, uma metodologia de ordenação deve ser adotada. Se o objetivo for a escolha de um subconjunto de alternativas, uma metodologia com este propósito deve ser empregada.

No estudo de caso apresentado no próximo capítulo será apresentada a aplicação deste modelo de decisão proposto considerando a ordenação das alternativas conforme o grau de prioridade.

#### 4.2.5 Modelagem de Preferências

Nesta etapa sugerida por de Almeida (2013) é necessário testar a estrutura de preferências do decisor para avaliar que metodologia de agregação melhor se ajusta aos requisitos impostos pela estrutura de preferências do decisor. Dependendo do tipo de racionalidade identificada, uma abordagem compensatória ou não-compensatória deve ser utilizada, restringindo as metodologias de agregação a serem utilizadas.

### 4.3 Síntese do Modelo Proposto

Com o objetivo de apresentar o modelo proposto de forma sintetizada, é apresentada nesta seção uma figura ilustrando o modelo através de um fluxograma.

O fluxograma apresentado a seguir foi aplicado num estudo de caso numa indústria do agreste pernambucano para priorização de projetos para a manufatura incorporando a estratégia de produção identificada. Buscando o maior alinhamento com a função produção, e para minimizar os riscos de viés devido à falhas no processo de elaboração da estratégia corporativa da empresa, optou-se pelo uso da abordagem proposta por Platts & Gregory (1990) para formalização da estratégia de produção.

Além da abordagem de Platts & Gregory (1990) ser consolidada, amplamente difundida e aceita na literatura (JIA & BAI, 2011; MARTINS et al. 2015; CHATHA & BUTT, 2015), esta abordagem permite a reflexão e o questionamento por parte da função produção a respeito dos *gaps* e falhas existentes entre aquilo que é esperado da função produção e o *status quo*. Através da abordagem de Platts & Gregory (1990) é possível motivar e envolver a gestão envolvida no âmbito da função produção na formulação da estratégia de produção, diferentemente do ocorrido na abordagem proposta por Hill (1993), derivada da estratégia corporativa.

A Figura 4.2 apresenta a metodologia envolvendo o modelo proposto, em síntese, busca-se o envolvimento do decisor para identificação dos objetivos para a decisão a ser tomada considerando os elementos definidos na formulação da estratégia de produção.

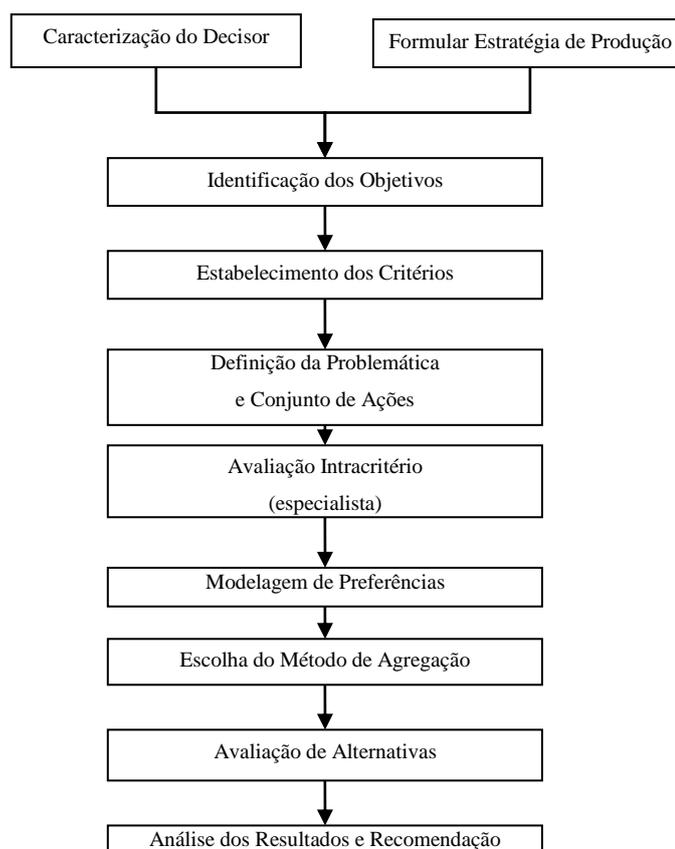


Figura 4.2 – Síntese do Modelo Proposto, Fonte: Esta pesquisa.

Após a identificação dos objetivos, são estabelecidos os critérios que servirão para mensurar o desempenho das alternativas face aos objetivos identificados pelo decisor para o problema. Neste caso, devem ser considerados os objetivos estratégicos da produção (custo, qualidade, flexibilidade, rapidez e credibilidade) conforme o contexto do problema, acrescentando-se outros objetivos que forem identificados na estruturação do problema.

Subsequentemente a definição do conjunto de ações (alternativas), é necessário que a performance destas seja avaliada diante dos critérios estabelecidos. Devido à natureza dos projetos em questão, as metas e resultados esperados de cada um dos projetos é reavaliada por especialistas relacionados à função produção da organização, buscando eliminar o viés por superestimar o potencial de determinado projeto ou por subestimar.

A partir da modelagem de preferências e da escolha do método de agregação, as alternativas são avaliadas no âmbito do método de apoio multicritério escolhido para realizar

a agregação das preferências dos decisores em relação à performance das alternativas nos critérios estabelecidos.

#### **4.4 Conclusões do Capítulo**

Este capítulo apresentou a metodologia empregada no trabalho e uma proposta de modelo de apoio multicritério a decisão para avaliação de projetos para a manufatura considerando as prioridades da estratégia de produção.

A partir dos objetivos estabelecidos e dos critérios para mensurar a performance das alternativas, as particularidades do modelo de decisão podem ser definidas tendo por base a metodologia adotada neste trabalho, apresentada por Almeida (2013).

No capítulo seguinte é apresentado um estudo de caso com a aplicação do modelo proposto.

## **5 ESTUDO DE CASO**

Neste capítulo é apresentado um estudo de caso para ilustrar o modelo proposto através de uma situação real. Para constituir o estudo de caso, buscou-se uma indústria situada no agreste pernambucano para mostrar que a pesquisa desenvolvida no âmbito do PPGE-CAA pode ser aplicada no âmbito da região, interagindo com a realidade socioeconômica a qual o programa de pós-graduação está inserido, sem perder de vista a relevância internacional da pesquisa.

O modelo proposto neste trabalho pode ser aplicado em indústrias nacionais e internacionais com as devidas adaptações necessárias assim como realizado neste estudo de caso em virtude das particularidades da indústria em estudo. O problema de priorização de projetos para a manufatura é um problema enfrentado em qualquer que seja a indústria, diferenciando-se principalmente em função das alternativas a serem consideradas e da estratégia de produção a ser formulada.

### **5.1 Apresentação do Contexto Analisado: Uma Indústria de Plástico do Agreste Pernambucano**

O contexto do estudo de caso para aplicação do modelo proposto se dá numa empresa familiar, fundada na década de 1980 em Gravatá. O setor principal de atuação da empresa é o segmento de embalagens plásticas, no entanto, a partir de 2005, esta empresa passou a atuar também no segmento de propaganda, sendo 87,5% de seu faturamento referente a produção de embalagens plásticas flexíveis.

Apesar de atuar em dezessete estados do Brasil, a maior parte de seu faturamento corresponde ao mercado local, com 75,4% do seu faturamento proveniente de sua atuação no estado de Pernambuco.

O principal insumo desta indústria é o polietileno de baixa densidade, que através de um processo industrial pode ser transformado em diversos produtos, tais como sacos, sacolas, bobinas técnicas para empacotamento automático e bobinas para propaganda.

Além de produzir embalagens plásticas flexíveis, a empresa também atua no segmento de embalagens plásticas rígidas. Neste segmento, o principal insumo é o polietileno de alta densidade que é transformado em garrafas plásticas, sendo os principais produtos deste segmento representados por garrafas plásticas de 200ml até 5l.

Devido a flexibilidade dos processos de transformação de resina plástica e das inúmeras possibilidades de combinações de especificações técnicas (espessura, densidade, corte, impressão e outros), o mix de produtos da empresa é bastante amplo, o que dificulta a estratégia *make-to-stock*. O mix de produtos da empresa consiste em mais de 5 mil produtos, levando a uma estratégia de produção sob encomenda sem estoques de produto acabado, a não ser que haja uma programação de pedidos oriunda de um contrato de fornecimento.

A clientela da empresa é formada por indústrias e comércios, contudo, os principais clientes são do segmento alimentício, que representam 65,8% do faturamento. O elevado número de clientes do segmento alimentício faz com que a empresa tenha como requisitos várias normas e procedimentos para segurança alimentar, além de outras especificações técnicas que são requeridas para o fornecimento de embalagens para o produto final de outras indústrias.

Por se tratar de uma empresa familiar e que foi constituída no agreste pernambucano, existem valores e uma cultura que influencia bastante nas decisões tomadas no âmbito da empresa. Em algumas situações estes valores tornam-se restrições e limitam algumas decisões, o que torna ainda mais interessante do ponto de vista do apoio multicritério a decisão por levar a diferentes ponderações, e a considerar outros aspectos além do aspecto financeiro.

Desde o início de suas atividades há cerca de 35 anos, a empresa em questão tem buscado o desenvolvimento da região e concentra esforços na formação de pessoal. Os resultados alcançados pela empresa até hoje são um reflexo da atuação dinâmica e das políticas de responsabilidade social desenvolvidas para colaborar com o futuro da região.

Diante desta perspectiva, a empresa busca parcerias com diversas entidades para o desenvolvimento de projetos com foco social e que permitam a valorização de seus funcionários e da comunidade local.

Através de parcerias com o Sindicato da Indústria de Material Plástico do Estado de Pernambuco (SIMPEPE), com o Serviço Nacional da Indústria (SENAI) e com a Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST) a empresa busca incorporar novos processos, qualificação de mão-de-obra, uso de materiais (resinas plásticas, tintas, etc) mais modernos e práticas mais sustentáveis.

Diante destes valores e por atuar num segmento com grande potencial de reciclagem, ao longo de sua trajetória a empresa iniciou projetos com foco na preocupação ambiental, e o que

inicialmente seria uma unidade de reciclagem para o refugo do processo industrial da empresa, tornou-se uma outra unidade de manufatura exclusiva com material reciclado, que atualmente conta com aproximadamente 90 colaboradores, e dá suporte a associações de catadores de plástico garantindo a reciclagem e a compra do material coletado através destas associações com responsabilidade social.

## 5.2 Formulação da Estratégia de Produção

A aplicação da metodologia de Platts-Gregory para formulação da estratégia de produção divide-se em 3 etapas. A primeira consiste em definir:

- Ameaças e Oportunidades;
- Características desejadas pelo mercado;
- Desempenho da função produção (*status quo*).

Para a realização da primeira etapa da metodologia de Platts-Gregory foi organizado um workshop envolvendo a diretoria de produção e a diretoria comercial da empresa. Este workshop teve um dia de duração e foi organizado conforme as etapas a seguir:

- Período da manhã:
  - Módulo I: Durante o primeiro módulo foi feita a recepção dos participantes e a apresentação da metodologia de Platts-Gregory;
  - Módulo II: Foi realizada a divisão dos participantes em grupos de trabalho (sempre com membros de mais de uma diretoria por grupo) para a análise e discussão de indicadores gerenciais dos últimos quatro anos agrupados conforme a série mensal e anual. A partir da discussão inicial, os grupos foram encarregados da estruturação dos pontos a serem definidos na primeira etapa da metodologia de Platts-Gregory;
- Período da tarde:
  - Módulo III: Apresentação dos resultados de cada grupo de trabalho;
  - Módulo IV: Consolidação das visões de cada grupo de trabalho;
- Período da noite:
  - Módulo V: Definição dos perfis de performance exigidos pelo mercado e das metas a serem atingidas pela empresa;

A segunda etapa da metodologia de Platts-Gregory corresponde a análise das capacidades da função produção em termos de (SLACK et al., 2007; PLATTS & GREGORY, 1990):

- Instalações;
- Capacidade de produção;
- Amplitude de processos;
- Processos industriais;
- Recursos humanos;
- Qualidade;
- Políticas de controle;
- Fornecedores;
- Desenvolvimento de novos produtos;

Esta segunda etapa da metodologia de Platts-Gregory foi realizada no âmbito da diretoria de produção, uma vez que seu propósito é identificar as práticas correntes e verificar possibilidades para viabilizar o desempenho exigido pelo mercado, identificado na primeira etapa conforme os perfis de performance exigidos pelo mercado.

A partir da conclusão da segunda etapa, a terceira etapa consiste no desenvolvimento de novas estratégias de produção e a reavaliação de várias opções disponíveis, envolvendo a seleção daquelas alternativas que melhor satisfazem os critérios identificados nas duas etapas anteriores (SLACK et al, 2007).

Uma vez que algumas destas informações são consideradas estratégicas e que não deveriam ser divulgadas, os níveis de performance exigidos e os gaps apontados não serão apresentados no estudo de caso. Todavia, desdobramento destes resultados omitidos estão refletidos na prioridade entre os critérios estabelecidos para priorização de projetos para a manufatura.

Como resultado da aplicação da metodologia de Platts-Gregory foram apontadas diversas alternativas para viabilizar a redução dos gaps existentes entre a performance da função produção e os perfis de performance exigidos pelo mercado. A seção 5.2.1 apresenta a natureza dos projetos que resultaram da terceira etapa da metodologia de Platts-Gregory.

### 5.2.1 Projetos para Manufatura

Diante dos perfis de performance exigidos pelo mercado e os déficits constatados na performance da função produção, foram propostos projetos para a manufatura agrupados conforme a lista a seguir:

- **Procedimentos de controle de custo e margem de contribuição:** tendo em vista que a empresa trabalha com produtos que possuem especificações personalizadas e com um elevado mix de produtos, constatou-se a necessidade de aumentar o controle sobre os custos do produto final por item antes da colocação do pedido no sistema. Para viabilizar uma estimativa mais assertiva do custo de um determinado pedido é necessária a criação de um setor de assistência técnica dentro da diretoria comercial, permitindo desta maneira que o departamento comercial saiba com precisão qual a margem de contribuição referente ao respectivo pedido, evitando que pedidos com margem de contribuição baixa afoguem a linha de produção e atrasem pedidos com margem de contribuição alta. Isto permite que o representante comercial renegocie o preços com o cliente trazendo benefícios para a organização, permitindo ajustar as margens de contribuição e quando viável reduzir o preço do produto final quando os custos forem superestimados, trazendo maior flexibilidade para negociação de pedidos.
- **Procedimentos de Controle e Gestão do Rendimento Global da Máquina:** tem por objetivo medir e controlar diariamente através de indicadores a eficiência dos equipamentos e da equipe na linha de produção com o objetivo de identificar com mais clareza as melhorias que os equipamentos necessitam, necessidades de treinamento para os colaboradores, decisões para compra de novos equipamentos e gerenciamento de capacidade. Ao melhorar o controle e gestão dos ativos, espera-se alcançar uma redução de custos e o aumento da capacidade de produção uma vez que a manufatura será mais eficiente.
- **Implantação de Grupos de Melhorias:** formar grupos que através da aplicação de ferramentas de gestão da qualidade possam acompanhar os indicadores gerenciais e gerenciar as anomalias identificadas e analisar os modos de falhas das não conformidades internas e externas para viabilizar a eliminação da causa raiz, ou quando não for possível eliminar, viabilizar o gerenciamento e

prevenção destes modos de falha. O fato de estruturar uma hierarquia para gestão e definir atribuições para análise dos problemas permitirá a busca por melhoria contínua em termos de qualidade e produtividade.

- **Consolidação do 5S:** apesar de já terem ocorrido diversas implantações de programas de 5S, até então não é possível considerar que a empresa possua o programa de forma satisfatória. Uma vez que este é um requisito de vários fornecedores e é um ponto recorrente no cadastro de fornecimento de várias empresas, a consolidação do programa de 5S foi considerada um ponto importante dentre os projetos a serem desenvolvidos para a manufatura. Diante dos resultados provenientes da consolidação do programa de 5S tais como ambiente de trabalho mais harmonioso, seguro e produtivo, a consolidação do programa de 5S traz expectativas no que diz respeito a qualidade e a produtividade através do uso consciente dos recursos, maior conscientização e controle sobre eliminação de desperdícios.
- **Implantação das Boas Práticas de Fabricação:** em indústrias alimentícias, farmacêuticas e de cosméticos programas voltados para boas práticas de fabricação são exigidos por lei em alguns casos. Tendo em vista que a forte atuação empresa no fornecimento de produtos para indústrias do setor alimentício, projetos no sentido da estruturação de um programa de boas práticas de fabricação são solicitados por vários clientes, e apesar de ainda não ser um requisito para o cadastro de fornecedor, o déficit na implantação de projetos nesse sentido foi apontada como uma ameaça.
- **Certificação ISO 22000:** esta norma é uma das primeiras normas internacionais no que tange à gestão de segurança de alimentos, englobando a comunicação interativa, sistema de gerenciamento e controle de riscos. No âmbito desta certificação está incluso o programa de análise de perigos e pontos críticos de controle (APPCC ou HACCP – hazard analysis and critical control point). Diante do grande percentual de clientes da indústria alimentícia, a empresa possui este déficit e isso é considerada uma ameaça e oportunidade pois além de ser necessária esta certificação para atuar como fabricante de embalagens para uso nas indústrias de alimento, é uma oportunidade pois ao atender tais exigências e oferecer garantias de que as embalagens produzidas estejam livres

de contaminações (seja química, física ou biológica) a empresa pode aumentar a margem de contribuição de seus produtos ou até ampliar seu faturamento através de novos clientes face às melhorias na imagem da empresa e na qualidade dos produtos.

- **Implantação do Controle Estatístico do Processo (CEP):** a implantação desta ferramenta é essencial para melhoria da qualidade, reduzir de perdas no processo e evitar a rejeição de lotes que possuem especificações técnicas que exigem maior precisão. Uma vez que a produção possui um mix de produção muito amplo sempre houve uma grande resistência à implantação do CEP. No entanto, diante do cenário atual observa-se que os próximos saltos em termos de qualidade só serão viabilizados através de ferramentas de controle como esta. Como resultado da implantação deste projeto, espera-se um acompanhamento melhor nos pontos críticos do processo e para que sejam identificados os desvios entre o especificado e o que está sendo produzido face às margens de tolerância do processo, resultando na correção e assim evitando retrabalho e produtos não conformes.
- **Implantação e Certificação da ISO 9001:** A implantação da ISO 9001 trará para a empresa benefícios internos e externos. A ISO 9001 representa um conjunto de normas que estabelece uma abordagem sistêmica para o gerenciamento da qualidade que é traduzido como um compromisso com a conformidade do produto. Além de prover ferramentas para o gerenciamento da qualidade, a implantação e certificação trazem benefícios à imagem da empresa perante seus clientes ao prover maior credibilidade em relação aos seus processos e produtos.
- **Implantação e Certificação da ISO 14001:** Assim como a ISO 9001 a ISO 14001 também trará benefícios internos e externos, através da melhoria no que tange à gestão ambiental e consequentemente a melhoria da eficiência em termos da redução da quantidade de resíduo gerados. No setor do plástico há uma grande cobrança da sociedade e legislações no que diz respeito a questões ambientais, assim implantação e certificação desta norma é uma forma de refletir os valores da empresa, melhorar sua performance em relação a exigências ambientais e a imagem perante seus clientes.

- **Implantação de Laboratório de Pré-Impressão:** este laboratório tem como objetivo, preparar a arte de um cliente antes de enviar para a clichéria. Além disso, o laboratório teria a responsabilidade de analisar todos os clichês (espécie de molde para impressão da arte do cliente) quando retornam da clichéria e imprimir provas de impressão. Com isso a empresa tem mais rapidez para a entrega final do produto e poderia minimizar custos e problemas de qualidade uma vez que a arte do cliente seria analisada e revisada de forma mais ágil e confiável. Uma vez que através deste processo a arte pode ser aprovada pelo próprio cliente, é possível evitar retrabalhos e em especial depois do clichê pronto pois além de ser uma das principais causas de atrasos de pedidos, resulta em aumento de custos.
- **Implantação do Laboratório de Tinta:** este laboratório tem como objetivo desenvolver a tinta em loco para viabilizar a mistura de tintas para produzir apenas a quantidade necessária de acordo com cada pedido conforme a tonalidade especificada para cada ordem de produção. A implantação deste laboratório resultará em um grande impacto logístico, pois viabiliza reduções de custos e de tempos de pedido uma vez que permite a redução de estoque de um insumo altamente perecível e de elevado custo, uma vez que não será mais necessário manter um grande mix de tonalidades. Através do laboratório é possível produzir exatamente a quantidade necessária, evitando a aquisição de um número significativo de tonalidades que gera um grande volume em estoque. Do ponto de vista de qualidade, há um impacto na qualidade do produto final relativo ao fato de que a produção passará a utilizar sempre tintas novas e livres de contaminação pelo tempo em estoque, uma vez que estas serão produzidas diariamente de acordo com a sequência dos pedidos para impressão.
- **Implementação de Sistema de Seleção e Avaliação de Fornecedores:** Para obter um produto final de qualidade é necessário selecionar bem os fornecedores dos principais insumos. Tendo em vista este aspecto, considerou-se importante a implantação de um sistema de seleção e avaliação de fornecedores para acompanhar os indicadores referente a: não conformidades, prazos de entrega, preço e assistência técnica.

- **Laboratório para Ensaaios e Desenvolvimento de Produtos:** este laboratório tem como objetivo analisar parâmetros importantes que impactam na qualidade do produto final, como as dimensões do produto, propriedades físicas e qualidade de impressão. Face a demanda para desenvolvimento de novas embalagens, a criação e implantação deste laboratório torna-se cada vez mais prioritária.
- **Desenvolvimento de Corpo Técnico de Extrusão:** de acordo com os relatórios de indicadores gerenciais, verificou-se que nas ocorrências de devolução de produtos, 26% destas ocorreram devido a falhas oriundas do setor de extrusão. Existe uma lacuna na região em relação à formação de pessoal para o processo de extrusão de plástico, portanto, todos os colaboradores deste setor são formados dentro da própria empresa devido a carência de formação técnica específica. Desta forma, a empresa não possui nenhum funcionário com formação técnica específica para esta área. A alternativa encontrada foi a de viabilizar um curso técnico em extrusão *incompany* para suprir esta deficiência, uma vez que tal formação não é ofertada na região, seja pelo sindicato das indústrias de plástico, seja pelo SENAI.
- **Reestruturação de Layout:** como resultado de aproximadamente 35 anos de crescimento de uma empresa familiar, tendo em vista sucessivos aumentos de capacidade e aquisição de novas máquinas, o layout da manufatura e a distribuição das linhas de produção não é adequado, resultando em muitas perdas por movimentação e transporte desnecessários. Este problema já foi constatado há algum tempo, e demanda uma reestruturação em relação à disposição do maquinário, almoxarifado, estoques e áreas de apoio. Apesar de ser um grande desafio, pois além de demandar um elevado investimento, também resultará em longas interrupções das linhas de produção, a reestruturação do layout permitirá grandes benefícios para a empresa. Estima-se que os resultados incluem grandes aumentos de eficiência e conseqüentemente a redução de custos.

### 5.3 Caracterização do Decisor

A responsabilidade neste processo decisório é da diretoria de produção, no entanto devido a estrutura de empresa familiar e pela prática de gestão por consenso, o estabelecimento de prioridades, ou seja, as ponderações entre os critérios e parâmetros do modelo de decisão foram um resultado da discussão entre os diretores da empresa que compõe a gestão familiar da mesma.

Assim, cabe ao diretor de produção esclarecer os demais diretores sobre as necessidades e estrutura de prioridades para buscar o consenso para a definição dos parâmetros do modelo de decisão.

Diante desta característica, há a necessidade de buscar uma abordagem de apoio a decisão que ofereça uma estrutura de parâmetros simples e que permita o uso de informações parciais para viabilizar o consenso, uma vez que o consenso torna-se mais difícil face a necessidade de definir valores exatos para os parâmetros tais como o peso dos critérios, por exemplo.

Uma vez que não será necessário identificar e compatibilizar diferentes visões considerando múltiplos decisores, por simplificação, não será feito o uso de uma abordagem de decisão em grupo. Será caracterizado como decisor o diretor de produção, no entanto a obtenção dos parâmetros de decisão será realizada buscando o “de acordo” dos demais integrantes da gestão familiar. Assim, estes integrantes do processo de gestão familiar podem ser considerados como *stakeholders* no problema de decisão, e do ponto de vista de decisão em grupo, o diretor de produção pode ser classificado como um ditador benevolente (de ALMEIDA et al., 2012).

### 5.4 Identificação dos Objetivos e Estabelecimento dos Critérios

A partir da formulação da estratégia de produção, alguns objetivos podem ser considerados irrelevantes uma vez que foram classificados como qualificadores de pedido e a função produção já atende os requisitos de desempenho daquele objetivo.

Diante dos objetivos apresentados na Tabela 4.1, na formulação da estratégia de produção foi possível observar que em termos de flexibilidade a empresa já atende os níveis de desempenho requerido pelo mercado para todas as dimensões de flexibilidade consideradas:

- Flexibilidade do Produto: a empresa possui alto desempenho em termos de flexibilidade de produto, que é possível através de um setor de apoio para a criação e desenvolvimento de novos produtos conforme as necessidades técnicas dos clientes;
- Flexibilidade de Mix: o elevado padrão de desempenho neste objetivo se reflete na gama de produtos que pode ser observada na atuação da empresa, que atualmente produz mais de 5 mil produtos diferentes;
- Flexibilidade de Volume: devido ao tipo de maquinário e arranjo físico adotado para a função produção, é possível oferecer grande flexibilidade de volume, a produção da empresa está configurada através de processos intermitentes com um arranjo físico por processo (SLACK et al., 2007; MOREIRA, 2008; CORRÊIA & CORRÊIA, 2012), o que permite a produção de pequenos e grandes lotes de qualquer que seja o produto nas linhas de produção da empresa, atendendo satisfatoriamente os padrões desejados pelo mercado;
- Flexibilidade de Entrega: para esta última dimensão de flexibilidade é necessário fazer uma ressalva. A empresa possui uma política de estímulo a pedidos periódicos e com uma programação de produção garantida através de contratos de fornecimento. Isto significa que há uma segmentação dos clientes, e aos clientes que possuem uma programação de produção contratada a maior flexibilidade sempre será garantida. Portanto, antecipação de pedidos ou postergações de entrega, além de outros tipos de flexibilidade são garantidas a estes clientes pois o PCP (Programação e Controle da Produção) mantém uma comunicação aberta com o setor comercial para viabilizar quaisquer que sejam as necessidades destes clientes através de alterações no PMP (Plano Mestre de Produção). Já para clientes esporádicos ou aqueles que fazem pedidos “spot” a flexibilidade não é garantida e nem é priorizada pois a estratégia da empresa é não priorizar este tipo de modalidade de compra.

A partir destas considerações, pode-se observar que do ponto de vista de aumento da competitividade, na dimensão flexibilidade não existe a necessidade do desenvolvimento de ações estratégicas neste cenário competitivo atual.

Portanto, os objetivos a serem considerados para a priorização de projetos para a manufatura face aos aspectos estratégicos identificados para a produção são:

- Custo;
- Qualidade;
- Credibilidade;
- Rapidez;
- Imagem da empresa perante os clientes;
- Payback Simples;
- Investimento do Projeto;

A mensuração do desempenho das alternativas nestes objetivos será realizada conforme os respectivos critérios apresentados na Tabela 4.1, da qual foi feita a opção pelo uso da escala verbal para representar o potencial de redução de custo de produção e o potencial de redução da fração de itens não conformes.

### **5.5 Definição da Problemática e do Conjunto de Ações**

Tendo em vista a natureza estratégica deste problema, da visão estratégica de longo prazo e da viabilidade do desenvolvimento de todos os projetos; a conclusão da gestão é de que deve-se buscar a implantação de todos os projetos para a manufatura, portanto, a forma ideal para abordar o problema não se trata de uma problemática de escolha ou de portfólio, mas do estabelecimento das prioridades entre os projetos.

Com a relação de prioridade entre os projetos para a manufatura denotada por um ranking destas alternativas considerando as prioridades definidas pela estratégia de produção, a diretoria de produção pode estabelecer um cronograma para a implantação destes projetos, e buscar a implantação de toda a lista de projetos ao longo de um horizonte de médio-longo prazo, tendo em vista a priorização destas ações para o estabelecimento deste cronograma.

A partir dos resultados obtidos com a terceira etapa da metodologia de Platts-Gregory, foram elaborados os respectivos projetos para a manufatura no âmbito da diretoria de produção. Os projetos elaborados visam diminuir ou até acabar com os gaps existentes entre a performance da função produção e os perfis de performance exigidos pelo mercado.

Assim, o conjunto de alternativas é representado pelos projetos elaborados pela diretoria de produção, através da consolidação dos itens apresentados na seção 5.2.1. A partir da lista apresentada na seção 5.2.1 foram estruturados projetos a serem priorizados. Portanto, após esta etapa, foram geradas as alternativas a serem priorizadas, apresentadas na Tabela 5.1 conforme codificação de cada alternativa.

Tabela 5.1 – Conjunto de Alternativas

| Projeto para Manufatura  | Código de Alternativa |
|--|-----------------------|
| Procedimentos de controle de custo e margem de contribuição        | Alt01                 |
| Procedimentos de Controle e Gestão do Rendimento Global da Máquina | Alt02                 |
| Implantação de Grupos de Melhorias                                 | Alt03                 |
| Consolidação do 5S   | Alt04                 |
| Implantação das Boas Práticas de Fabricação                        | Alt05                 |
| Certificação ISO 22000   | Alt06                 |
| Implantação do Controle Estatístico do Processo (CEP)              | Alt07                 |
| Implantação e Certificação da ISO 9001                             | Alt08                 |
| Implantação e Certificação da ISO 14001                            | Alt09                 |
| Implantação de Laboratório de Pré-Impressão                        | Alt10                 |
| Implantação do Laboratório de Tinta                                | Alt11                 |
| Implementação de Sistema de Seleção e Avaliação de Fornecedores    | Alt12                 |
| Laboratório para Ensaio e Desenvolvimento de Produtos              | Alt13                 |
| Desenvolvimento de Corpo Técnico de Extrusão                       | Alt14                 |
| Reestruturação de Layout   | Alt15                 |

Fonte: Esta pesquisa.

## 5.6 Avaliação Intracritério – Especialista

A avaliação intracritério apresenta a performance das alternativas em cada um dos critérios definidos. O resultado da avaliação intracritério para problemas de decisão com alternativas discretas é uma matriz de consequências, também chamada de matriz de impacto, matriz de avaliação ou matriz de decisão (de ALMEIDA, 2013).

Para a obtenção das avaliações intracritério das alternativas foi necessária a estruturação do escopo básico destes projetos e o levantamento de algumas informações pertinentes junto a órgãos como o SIMPEPE, SENAI e empresas de consultoria gerencial. A partir deste levantamento de informações e do diagnóstico realizado na função produção, foi organizado um workshop no âmbito da diretoria de produção para elaboração das estimativas referentes à avaliação intracritério das alternativas.

A Tabela 5.2 apresenta a matriz de avaliação das alternativas, na qual os critérios são indicados conforme a codificação estabelecida na Tabela 4.1, sendo as avaliações obtidas

através do especialista para os critérios *ImpactCprod*, *ImpactN-conform*, *ImpactCred*, *ImpactRap* e *ImagClientonde* através de uma escala de Likert (1-5). As estimativas obtidas para o critério *PBS* em termos do número de meses para obter o retorno do projeto, e as estimativa do custo de cada projeto  $C(a_i)$ , conforme os valores apresentados na Tabela 5.2.

Tabela 5.2 – Matriz de Avaliação

| Alternativas | Critérios   |                 |            |           |            |     | C(a <sub>i</sub> ) |
|--------------|-------------|-----------------|------------|-----------|------------|-----|--------------------|
|              | ImpactCprod | ImpactN-conform | ImpactCred | ImpactRap | ImagClient | PBS |                    |
| Alt01        | 5           | 1               | 3          | 1         | 1          | 1,5 | R\$ 8.500,00       |
| Alt02        | 3           | 1               | 2          | 5         | 1          | 4   | R\$ 9.000,00       |
| Alt03        | 3           | 3               | 2          | 5         | 1          | 1,5 | R\$ 7.500,00       |
| Alt04        | 3           | 3               | 1          | 2         | 2          | 8   | R\$ 30.000,00      |
| Alt05        | 2           | 4               | 1          | 1         | 3          | 6   | R\$ 12.000,00      |
| Alt06        | 1           | 4               | 1          | 1         | 5          | 12  | R\$ 40.000,00      |
| Alt07        | 4           | 5               | 1          | 1         | 3          | 8   | R\$ 45.000,00      |
| Alt08        | 2           | 5               | 3          | 1         | 5          | 36  | R\$ 125.000,00     |
| Alt09        | 1           | 1               | 1          | 1         | 5          | 36  | R\$ 90.000,00      |
| Alt10        | 5           | 5               | 5          | 5         | 5          | 3   | R\$ 40.000,00      |
| Alt11        | 5           | 4               | 3          | 5         | 5          | 3   | R\$ 30.000,00      |
| Alt12        | 2           | 1               | 3          | 1         | 1          | 6   | R\$ 5.500,00       |
| Alt13        | 1           | 4               | 4          | 5         | 5          | 4   | R\$ 18.000,00      |
| Alt14        | 3           | 5               | 4          | 3         | 1          | 8   | R\$ 29.600,00      |
| Alt15        | 4           | 1               | 4          | 4         | 2          | 40  | R\$ 385.000,00     |

Fonte: Esta pesquisa.

## 5.7 Modelagem de Preferências e Escolha do Método Multicritério

Para a modelagem de preferências neste problema, a principal questão está relacionada a identificação de que tipo de racionalidade o decisor possui, seja esta compensatória ou não-compensatória, o que de acordo com de Almeida (2013) representa um filtro no processo de modelagem limitando as possibilidades de escolha de métodos de apoio multicritério a decisão.

Ao avaliar o tipo de racionalidade são realizados testes para verificar que tipo de racionalidade melhor se ajusta ao comportamento preferencial do decisor face ao problema. Neste caso, foram realizadas perguntas com o intuito de verificar a disponibilidade do decisor em realizar tradeoffs entre os critérios. Para isto foram elaboradas perguntas para avaliar o grau de desejabilidade entre os desempenhos nos critérios de avaliação.

O comportamento do decisor em relação a troca de performance entre os critérios considerou a forma como o cliente percebe a performance competitiva da empresa, de tal

forma, que optou-se por uma racionalidade não-compensatório, uma vez que não é possível compensar um desempenho em credibilidade por rapidez, por exemplo.

Portanto, uma vez detectada a racionalidade do decisor é necessário verificar que método é mais adequado face a problemática do problema e o contexto do problema de decisão.

Conforme já discutido na seção 5.3, em função do estilo de gestão da empresa e da forma como é caracterizado o processo decisório em relação ao decisor, procura-se um método que atenda a problemática de ordenação (ranking) e que permita o uso de informações parciais para minimizar o esforço necessário para a especificação dos parâmetros do modelo de decisão uma vez que o processo decisório na organização requer o consenso no âmbito da gestão familiar.

Diante disto, o método PROMETHEE II (BRANS & MARESCHAL, 2002) foi considerado o método mais apropriado para o modelo de decisão, devido a simplicidade do processo de elicitação dos parâmetros deste método e por dar suporte à racionalidade não-compensatória para atender à problemática de ordenação.

Para viabilizar o uso de informações parciais neste método, foi avaliada a possibilidade de utilizar uma metodologia de pesos substitutos a partir de informações parciais em relação aos pesos, tal como a ordenação destes.

Em um estudo recente apresentado por Clemente et al. (2015) foram avaliadas metodologias de pesos substitutos e sua aplicabilidade integrada ao método PROMETHEE II. As metodologias estudadas por Clemente et al. (2015) foram:

- *Equal Weights* (DAWES & CORRIGAN, 1974);
- *Rank-Sum* (STILLWELL et al., 1981);
- *Reciprocal of the Ranks* (STILLWELL et al., 1981);
- *Rank-Order Centroid – ROC* (BARRON, 1992).

Através de um estudo de simulação com diversos tipos de instâncias de problemas, Clemente et al. (2015) observaram através de seu experimento que além da metodologia ROC ser a que melhor se adequa para uso combinado com o método PROMETHEE II, observaram que os resultados obtidos através do PROMETHEE II com pesos ROC possuem grande probabilidade de refletir os pesos do decisor caso este fosse capaz de fornecer uma informação precisa, ou seja os valores exatos dos pesos.

Tendo em vista o requisito de consenso na gestão familiar da empresa, optou-se por requerer apenas o ordenamento da prioridade dos pesos e a aplicação da metodologia ROC combinada com o PROMETHEE II. A aplicação do método PROMETHEE II combinado com a metodologia ROC não é inédita, podendo-se observar trabalhos na literatura que em função do contexto do problema foi considerado mais adequado o uso de pesos substitutos através da metodologia ROC em associação com o método PROMETHEE II (MORAIS et al., 2015; BEYNON & WELLS, 2008).

Na próxima seção será apresentada a aplicação do método PROMETHEE II combinada com a metodologia de pesos substitutos ROC para o estabelecimento de prioridades entre os projetos para a manufatura.

### 5.8 Avaliação das Alternativas: Priorização de Projetos para a Manufatura

Para a avaliação das alternativas é necessário que sejam estabelecidos os parâmetros do modelo de decisão, ou seja, os parâmetros para o método PROMETHEE II considerando os critérios estabelecidos para o modelo de decisão.

A metodologia de pesos substitutos ROC requer que seja provida a informação preferencial em relação a ordem de prioridade dos critérios de avaliação. Portanto, foi realizada uma reunião com os membros da gestão familiar da empresa para discutir as prioridades levantadas durante o workshop para formulação da estratégia de produção.

Desta reunião dos membros da gestão familiar resultou o ranking de pesos, que reflete a prioridade entre os critérios, apresentado na Tabela 5.3:

*Tabela 5.3 – Ranking de Prioridade dos Critérios*

| Critério        | Ordem |
|-----------------|-------|
| ImpactCred      | 1     |
| ImpactN-conform | 2     |
| ImpactCprod     | 3     |
| ImagClient      | 4     |
| ImpactRap       | 5     |
| PBS             | 6     |
| $C(a_i)$        | 7     |

Fonte: Esta pesquisa.

Portanto, os critérios que possuem as primeiras posições neste ranking são aqueles mais prioritários e que apresentarão seus respectivos pesos com maior valor. Observa-se pelo ordenamento apresentado na Tabela 5.3 que credibilidade é o objetivo mais importante e o

qual a função produção possui maior necessidade de melhorar sua performance, seguido do objetivo qualidade e custo de produção. Tendo em vista que a empresa fornece embalagens e produtos que serão utilizados por outras empresas em seu processo produtivo, a credibilidade é um ponto chave para a competitividade desta empresa.

Um mal desempenho em credibilidade afeta a programação da produção dos clientes, o que requer que estes tenham maior estoque de segurança para compensar os problemas de credibilidade ou tenham que suspender a produção de seus processos devido à falta de embalagens, por exemplo.

Seguindo o ponto de vista levantado no parágrafo anterior, problemas de qualidade não possuem a mesma repercussão, uma vez que dependendo do nível da não conformidade os clientes preferem não efetuar uma devolução a ter o ônus da reprogramação da produção, custos de setup e máquina parada. No entanto, produtos de maior valor agregado possuem especificações técnicas com menos tolerâncias, assim, a qualidade é outro ponto essencial do ponto de vista de estratégia de produção.

Reduzir os custos de produção também é importante, no entanto possui uma prioridade menor face o desempenho em credibilidade e qualidade. Ao longo da reunião houve consenso em relação às relações de prioridade entre quase todos os critérios, exceto entre os objetivos a rapidez e a imagem da empresa perante o cliente. Neste ponto não houve discordância entre os membros da gestão familiar, mas houve dúvidas por parte de todos em relação a prioridade entre estes dois objetivos. Assim, deixou-se para definir a ordem entre estes dois por último após finalizar o ordenamento dos demais critérios. O argumento que levou a considerar a imagem perante o cliente mais importante que a rapidez foi a possibilidade de atrair novos clientes e mantê-los através da melhoria da imagem da empresa, uma vez que a flexibilidade já funciona como uma “válvula” para absorver situações de prazos emergenciais.

Uma vez definida a ordem dos critérios, é necessário para a aplicação da metodologia ROC considerar a ordenação dos pesos ( $w_1 \geq w_2 \geq \dots \geq w_n$ ) e que os pesos são normalizados de tal forma que somam um.

O cálculo dos valores dos pesos a serem utilizados no modelo é realizado a partir da Equação (5.1), considerando a posição do peso no ranking ( $j$ ) e o número total de critérios ( $n$ ):

$$w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=i}^n \frac{1}{j}$$

Equação (5.1)

A partir da aplicação da Equação (5.1) é possível obter os respectivos valores dos pesos para os critérios de avaliação, apresentados na Tabela 5.4:

Tabela 5.4 – Pesos dos Critérios Obtidos pela Metodologia ROC

| Critério           | Pesos ROC |
|--------------------|-----------|
| ImpactCred         | 37,04%    |
| ImpactN-conform    | 22,76%    |
| ImpactCprod        | 15,61%    |
| ImagClient         | 10,85%    |
| ImpactRap          | 7,28%     |
| PBS                | 4,42%     |
| C(a <sub>i</sub> ) | 2,04%     |

Fonte: Esta pesquisa.

No método PROMETHEE II é possível estabelecer diferentes funções de preferência para a avaliação par a par das alternativas conforme os critérios de avaliação. A Tabela 5.5 apresenta as funções escolhidas para a avaliação das alternativas pela diretoria de produção, com a concordância dos demais membros da gestão familiar da empresa.

Tabela 5.5 – Parâmetros para o PROMETHEE II

| Critério           | Escala | Min/Max | Função de Preferência | Tipo de Limiar | Indiferença (Q) | Preferência (P) |
|--------------------|--------|---------|-----------------------|----------------|-----------------|-----------------|
| ImpactCprod        | Likert | max     | U-shape               | Absoluto       | 1               | n/a             |
| ImpactN-conform    | Likert | max     | Usual                 | Absoluto       | n/a             | n/a             |
| ImpactCred         | Likert | max     | Usual                 | Absoluto       | n/a             | n/a             |
| ImpactRap          | Likert | max     | Usual                 | Absoluto       | n/a             | n/a             |
| ImagClient         | Likert | max     | Usual                 | Absoluto       | n/a             | n/a             |
| PBS                | meses  | min     | U-shape               | Absoluto       | 2,5             | n/a             |
| C(a <sub>i</sub> ) | R\$    | min     | Linear                | Absoluto       | R\$ 5.000,00    | R\$ 50.000,00   |

Fonte: Esta pesquisa.

A escolha da função de preferência U-shape para o critério *ImpactCprod* ocorreu devido ao nível de imprecisão considerado para esta escala, de forma que foi considerado indiferente a performance de alternativas com apenas um nível de diferença na avaliação do especialista através da escala verbal.

De forma similar, foi escolhida a função de preferência U-shape para o critério PBS por considerar-se que uma diferença de 2,5 meses no Payback não é suficiente para que uma alternativa seja preferível a outra.

Para o critério  $C(a_i)$  foi escolhida uma função de preferência linear considerando indiferença para uma faixa de até R\$ 5.000,00 de diferença entre as alternativas e uma preferência linear até o patamar de R\$ 50.000,00.

Nos demais critérios considerou-se uma função de preferência usual, sem limiars de indiferença e preferência, conforme apresentado na Tabela 5.5.

A ferramenta computacional utilizada para a avaliação das alternativas com o método PROMETHEE II foi o *Visual PROMETHEE*, que possui uma versão acadêmica disponível para download.

A Figura 5.1 apresenta um snapshot da tela do *Visual PROMETHEE* com os dados do problema.

| Scenario1          | ImpactCprod | ImpactN-con... | ImpactCred | ImpactRap | ImagClient | PBS      | C(a <sub>i</sub> ) |
|--------------------|-------------|----------------|------------|-----------|------------|----------|--------------------|
| Unit               | 5-point     | 5-point        | 5-point    | 5-point   | 5-point    | unit     | unit               |
| Cluster/Group      | ◆           | ◆              | ◆          | ◆         | ◆          | ◆        | ◆                  |
| <b>Preferences</b> |             |                |            |           |            |          |                    |
| Min/Max            | max         | max            | max        | max       | max        | min      | min                |
| Weight             | 0,16        | 0,23           | 0,37       | 0,07      | 0,11       | 0,04     | 0,02               |
| Preference Fn.     | U-shape     | Usual          | Usual      | Usual     | Usual      | U-shape  | Linear             |
| Thresholds         | absolute    | absolute       | absolute   | absolute  | absolute   | absolute | absolute           |
| - Q: Indifference  | 1,00        | n/a            | n/a        | n/a       | n/a        | 2,50     | \$ 5.000,00        |
| - P: Preference    | n/a         | n/a            | n/a        | n/a       | n/a        | n/a      | \$ 50.000,00       |
| - S: Gaussian      | n/a         | n/a            | n/a        | n/a       | n/a        | n/a      | n/a                |
| <b>Statistics</b>  |             |                |            |           |            |          |                    |
| Minimum            | 1,00        | 1,00           | 1,00       | 1,00      | 1,00       | 1,50     | \$ 5.500,00        |
| Maximum            | 5,00        | 5,00           | 5,00       | 5,00      | 5,00       | 40,00    | \$ 385.000,00      |
| Average            | 2,93        | 3,13           | 2,53       | 2,73      | 3,00       | 11,80    | \$ 58.340,00       |
| Standard Dev.      | 1,39        | 1,63           | 1,31       | 1,81      | 1,75       | 13,08    | \$ 92.917,73       |
| <b>Evaluations</b> |             |                |            |           |            |          |                    |
| action1            | very good   | very bad       | average    | very bad  | very bad   | 1,50     | \$ 8.500,00        |
| action2            | average     | very bad       | bad        | very good | very bad   | 4,00     | \$ 9.000,00        |
| action3            | average     | average        | bad        | very good | very bad   | 1,50     | \$ 7.500,00        |
| action4            | average     | average        | very bad   | bad       | bad        | 8,00     | \$ 30.000,00       |
| action5            | bad         | good           | very bad   | very bad  | average    | 6,00     | \$ 12.000,00       |
| action6            | very bad    | good           | very bad   | very bad  | very good  | 12,00    | \$ 40.000,00       |
| action7            | good        | very good      | very bad   | very bad  | average    | 8,00     | \$ 45.000,00       |
| action8            | bad         | very good      | average    | very bad  | very good  | 36,00    | \$ 125.000,00      |
| action9            | very bad    | very bad       | very bad   | very bad  | very good  | 36,00    | \$ 90.000,00       |
| action10           | very good   | very good      | very good  | very good | very good  | 3,00     | \$ 40.000,00       |
| action11           | very good   | good           | average    | very good | very good  | 3,00     | \$ 30.000,00       |
| action12           | bad         | very bad       | average    | very bad  | very bad   | 6,00     | \$ 5.500,00        |
| action13           | very bad    | good           | good       | very good | very good  | 4,00     | \$ 18.000,00       |
| action14           | average     | very good      | good       | average   | very bad   | 8,00     | \$ 29.600,00       |
| action15           | good        | very bad       | good       | good      | bad        | 40,00    | \$ 385.000,00      |

Figura 5.1 – Tela do Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa

Conforme os conceitos básicos do método PROMETHEE II apresentados no Capítulo 2, a avaliação das alternativas por este método multicritério é feita mediante o cálculo das seguintes medidas:

- Fluxo positivo ( $\phi^+$ );
- Fluxo negativo ( $\phi^-$ );
- Fluxo líquido ( $\phi$ ).

Estas medidas refletem a comparação par a par da performance das alternativas em cada critério de avaliação. A Tabela 5.6 apresenta os resultados obtidos para as alternativas utilizando a ferramenta computacional *Visual PROMETHEE*.

Tabela 5.6 – Avaliação das Alternativas

| Alternativas | $\phi^+$ | $\phi^-$ | $\phi$  |
|--------------|----------|----------|---------|
| Alt01        | 0,334    | 0,3875   | -0,0535 |
| Alt02        | 0,2486   | 0,4852   | -0,2366 |
| Alt03        | 0,3365   | 0,4527   | -0,1162 |
| Alt04        | 0,2075   | 0,5483   | -0,3408 |
| Alt05        | 0,1887   | 0,4861   | -0,2974 |
| Alt06        | 0,1974   | 0,5116   | -0,3142 |
| Alt07        | 0,3168   | 0,3784   | -0,0616 |
| Alt08        | 0,4384   | 0,2595   | 0,1789  |
| Alt09        | 0,0753   | 0,6243   | -0,549  |
| Alt10        | 0,8153   | 0,0053   | 0,8099  |
| Alt11        | 0,5657   | 0,1738   | 0,3919  |
| Alt12        | 0,2074   | 0,4559   | -0,2485 |
| Alt13        | 0,5555   | 0,1926   | 0,363   |
| Alt14        | 0,5626   | 0,1904   | 0,3722  |
| Alt15        | 0,4435   | 0,3416   | 0,1018  |

Fonte: Esta pesquisa.

A partir dos valores obtidos para  $\phi$  as alternativas podem ser ranqueadas. Na próxima seção será apresentada a análise dos resultados obtidos, a análise e a discussão do ranking das alternativas.

## 5.9 Análise dos Resultados

A partir do *Visual PROMETHEE* os resultados da análise das alternativas pode ser observado conforme as diversas saídas da ferramenta computacional. A primeira saída gráfica da ferramenta computacional corresponde a uma escala em termos do desempenho das alternativas sobre o os valores de  $\phi$ , que variam de -1 a +1. Além do ranking das alternativas é

possível observar em escala a diferença entre o desempenho das alternativas, conforme apresentado na Figura 5.2.

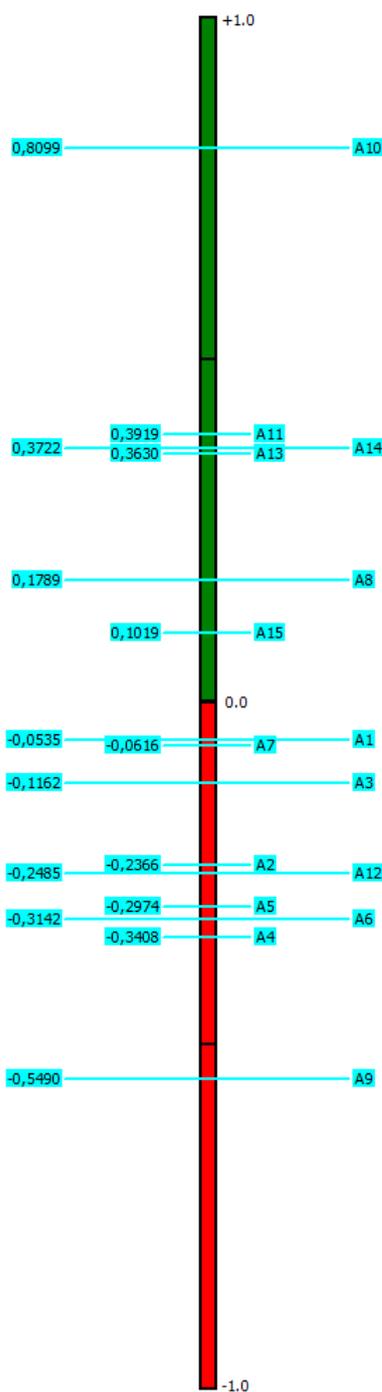


Figura 5.2 – Apresentação do Ranking do PROMETHEE II no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa

Observa-se pelo ranking que a alternativa referente à implantação de um laboratório de pré-impressão foi considerada a melhor alternativa com uma ampla vantagem sobre as demais. Em seguida, na segunda posição a alternativa de implantação do laboratório de tintas

aparece muito próxima da terceira e da quarta alternativa, respectivamente as alternativas desenvolvimento de corpo técnico de extrusão e o laboratório para ensaios e desenvolvimento de produtos. A quinta posição do ranking é ocupada pela alternativa implantação e certificação da ISO 9001, seguida da reestruturação de layout na sexta posição do ranking. O ranking completo das alternativas com a discriminação por projeto para manufatura pode ser visualizado na Tabela 5.7.

Tabela 5.7 – Ranking dos Projetos para Manufatura

| Ranking | Código de Alternativa | Projeto para Manufatura  |
|---------|-----------------------|--|
| 1       | Alt10                 | Implantação de Laboratório de Pré-Impressão                        |
| 2       | Alt11                 | Implantação do Laboratório de Tinta                                |
| 3       | Alt14                 | Desenvolvimento de Corpo Técnico de Extrusão                       |
| 4       | Alt13                 | Laboratório para Ensaios e Desenvolvimento de Produtos             |
| 5       | Alt08                 | Implantação e Certificação da ISO 9001                             |
| 6       | Alt15                 | Reestruturação de Layout   |
| 7       | Alt01                 | Procedimentos de controle de custo e margem de contribuição        |
| 8       | Alt07                 | Implantação do Controle Estatístico do Processo (CEP)              |
| 9       | Alt03                 | Implantação de Grupos de Melhorias                                 |
| 10      | Alt02                 | Procedimentos de Controle e Gestão do Rendimento Global da Máquina |
| 11      | Alt12                 | Implementação de Sistema de Seleção e Avaliação de Fornecedores    |
| 12      | Alt05                 | Implantação das Boas Práticas de Fabricação                        |
| 13      | Alt06                 | Certificação ISO 22000   |
| 14      | Alt04                 | Consolidação do 5S   |
| 15      | Alt09                 | Implantação e Certificação da ISO 14001                            |

Fonte: Esta pesquisa.

O *Visual PROMETHEE* também permite a realização de uma análise de sensibilidade em termos dos pesos atribuídos aos critérios, através do módulo *Walking Weights*, é possível aplicar variações aos pesos e avaliar dinamicamente as modificações e efeitos no ranking das alternativas, bem como nos valores de  $\phi$  atribuídos a cada alternativa pelo *PROMETHEE II*. Os resultados deste módulo estão representados na Figura 5.3.

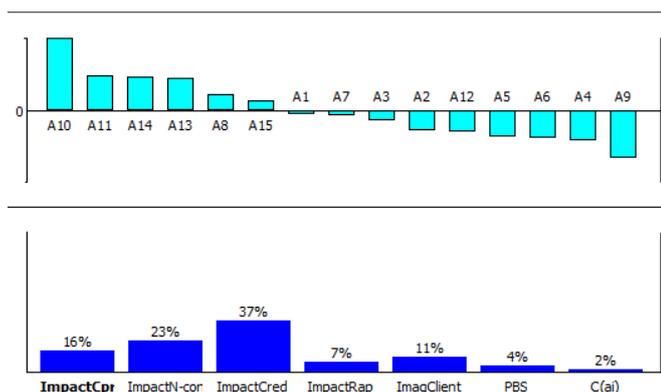


Figura 5.3 – Resultados do Módulo Walking Weights no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa

A outra forma de análise dos resultados disponível no *Visual PROMETHEE* é através da representação do espaço de preferências numa projeção que envolve a representação relativa das alternativas do problema de decisão. A visualização do Plano GAIA permite visualizar uma representação do que seria o “cérebro” do decisor, considerando faixas de variação para os pesos atribuídos e uma representação vetorial da direção em que as preferências do decisor apontaria face a distribuição das alternativas conforme esta representação plana.

Para demonstrar a robustez das primeiras posições do ranking é possível visualizar os efeitos de uma liberdade de 50% para a definição do “cérebro” do decisor, representado pelo cone vermelho do nas Figura 5.4 e 5.5.

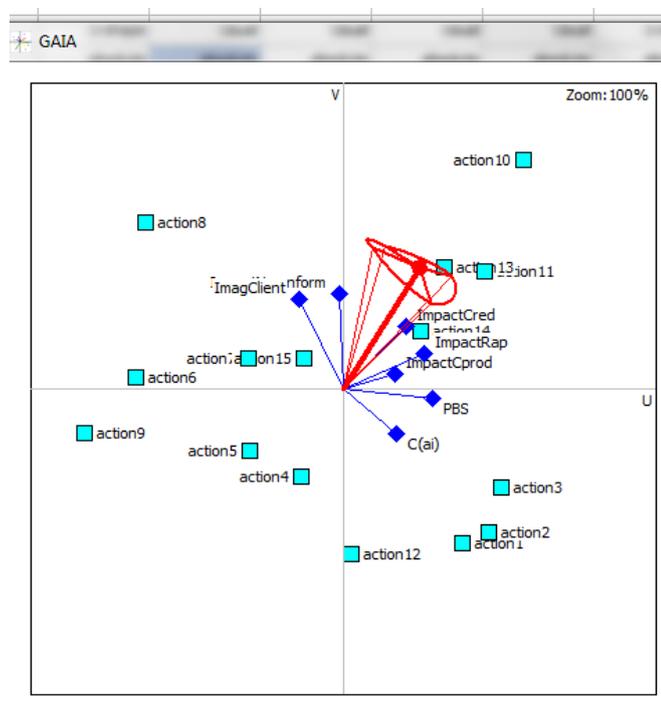
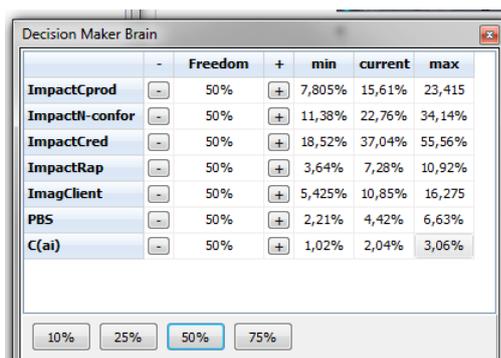


Figura 5.4 – Representação do Plano GAIA disponível no Visual PROMETHEE, Fonte: Esta pesquisa



|                | - | Freedom | + | min    | current | max    |
|----------------|---|---------|---|--------|---------|--------|
| ImpactCprod    | - | 50%     | + | 7,805% | 15,61%  | 23,415 |
| ImpactN-confor | - | 50%     | + | 11,38% | 22,76%  | 34,14% |
| ImpactCred     | - | 50%     | + | 18,52% | 37,04%  | 55,56% |
| ImpactRap      | - | 50%     | + | 3,64%  | 7,28%   | 10,92% |
| ImagClient     | - | 50%     | + | 5,425% | 10,85%  | 16,275 |
| PBS            | - | 50%     | + | 2,21%  | 4,42%   | 6,63%  |
| C(ai)          | - | 50%     | + | 1,02%  | 2,04%   | 3,06%  |

Figura 5.5 – Parâmetros do “Cérebro” do Decisor com 50% de Liberdade disponível no Visual PROMETHEE,  
Fonte: Esta pesquisa

## 5.10 Conclusões do Capítulo

Neste capítulo foi apresentado o estudo de caso para aplicação do modelo proposto no Capítulo 4. É importante ressaltar os aspectos do modelo de decisão que foram definidos apenas no Capítulo 5, tais como a escolha do método PROMETHEE II e do uso da metodologia de pesos substitutos ROC.

Esta é uma das vantagens da metodologia de apoio multicritério a decisão proposta por de Almeida (2013), pois ao enfatizar que determinados aspectos dependem do contexto da decisão e da estrutura de preferências do decisor é possível evitar alguns vieses provenientes da preferência do analista por determinado método, por exemplo.

De acordo com o modelo ficou claro que a alternativa referente à implantação de um laboratório de pré-impressão é a melhor alternativa, pois é uma alternativa que irá impactar positivamente na redução de custo, repercutindo numa revisão criteriosa da arte e do próprio clichê para evitar retrabalhos quando o pedido estiver em máquina, reduzindo assim tempo de máquina parada. Além disso, será analisada a melhor forma de fazer o clichê visando a aumento da produtividade, impactando diretamente na qualidade, pois a empresa será mais assertiva quanto ao desenvolvimento da arte. Isto também repercute na rapidez, pois a empresa irá enviar a arte pronta para a clichéria, apenas para que a mesma grave o clichê, com isso a arte vai diretamente para o setor de gravação, pulando a etapa de pré-impressão da clichéria que entraria na fila com todas as empresas de plásticos e conseqüentemente melhora a credibilidade e imagem da empresa perante os clientes.

As alternativas implantação do laboratório de tinta, desenvolvimento de corpo técnico de extrusão e laboratório para ensaios de desenvolvimentos de produtos ficaram muito próximas, o que é interessante ressaltar é que essas quatro alternativas propostas pelo modelo são alternativas ligadas diretamente ao processo produção, a área que traz retornos mais significativos quando realizados os investimentos adequados. Por isso a importância de utilizar o método proposto, pois se os projetos fossem ranqueados sem os critérios aqui apresentados neste trabalho alternativas como a ISO seriam escolhidas como o primeiro projeto a ser executado como foi comentado na apresentação dos resultados para a empresa onde foi realizado o estudo de caso.

Através do estudo de caso foi possível ilustrar uma situação que está presente em diversas empresas, ou seja, a necessidade de estruturar a estratégia de produção e a partir desta escolher os projetos que mais contribuam para o aumento da competitividade da função produção.

## **6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS**

### **6.1 Conclusões**

Conforme o objetivo geral deste trabalho, foi formulado um modelo de decisão multicritério para a priorização de projetos para a manufatura tomando por base a estratégia de manufatura formulada.

A aplicação do modelo proposto se deu numa indústria de transformação de plástico situada no agreste pernambucano, o que desde o início foi uma das motivações deste trabalho. Os resultados alcançados são fruto do desejo de desenvolver uma pesquisa de relevância internacional, de tal forma que se pudesse alcançar situações práticas observadas em indústrias de todo o mundo, levando em consideração a aplicabilidade e o contexto regional em que o PPGEP-CAA está inserido.

A partir da identificação do problema e da formulação de um modelo, foi identificada uma empresa que aceitasse o desafio de fornecer as informações e dados necessários para a aplicação do modelo e permitisse a publicação dos resultados encontrados.

A partir da análise da literatura e dos conhecimentos adquiridos ao longo do mestrado foi elaborada a proposta que resultou neste trabalho. Para o desenvolvimento deste trabalho foi adotada uma metodologia de pesquisa clássica de engenharia de produção (ACKOFF & SASIENI, 1971) associada à metodologia para o desenvolvimento de modelos de apoio multicritério a decisão (de ALMEIDA, 2013).

A partir da identificação do problema de priorização de projetos para a manufatura, foi desenvolvido um procedimento para a elaboração de um modelo de decisão considerando a formulação da estratégia de produção como a etapa inicial para orientar o estabelecimento de prioridades estratégicas para a função produção, conforme apresentado no Capítulo 4 desta dissertação.

A partir da identificação de uma empresa para a aplicação do modelo proposto e da construção de um estudo de caso foi possível elaborar um modelo de decisão ajustado à situação encontrada no estudo de caso, respeitando o contexto do problema de decisão, a estrutura de preferências do decisor e demais aspectos do processo decisório para a definição do modelo de decisão e elaboração de uma recomendação para o problema abordado.

Através do estudo de caso foi aplicado a metodologia de Platts-Gregory para a formulação da estratégia de produção da empresa analisada, o que permitiu enriquecer o modelo pelas informações e insights que foram obtidos durante este processo. A partir da aplicação da metodologia de Platts-Gregory foram elaboradas alternativas para melhorar a performance competitiva da função produção.

Diante da decisão de implantação de todas as alternativas que surgiram na aplicação da metodologia de Platts-Gregory, foi construído um modelo para sequenciar o processo de implantação das alternativas segundo as prioridades da estratégia de produção formulada.

De acordo com a classificação de estratégias de produção de Sweeney (1991), pode-se classificar que o resultado encontrado o estudo de caso deste trabalho aponta para uma estratégia orientada para o mercado, buscando o aumento do serviço ao cliente através de modificações na infraestrutura da função produção.

Assim como todo modelo é uma forma simplificada para representação da realidade, o modelo proposto neste trabalho também é uma forma simplificada de representação do problema abordado.

Dentre as limitações do modelo proposto, pode-se ressaltar:

- Assumir que não existem sinergias entre os projetos para a manufatura;
- Não considerar subprojetos como alternativas do problema de decisão;
- Utilizar apenas informações parciais em relação aos pesos (ROC);
- Considerar uma escala verbal para avaliação dos projetos pelos especialistas em detrimento de uma variável fuzzy ou outra abordagem alternativa para avaliação do conhecimento do especialista;

Além disso, é importante ressaltar a característica dinâmica dos ambientes competitivos, de forma que uma vez que a estratégia pode mudar, as prioridades identificadas neste trabalho também devem ser reavaliadas em função das modificações no *status quo* referente ao desempenho da função produção e os novos níveis de performance que devem ser alcançados nos objetivos estratégicos de produção.

Em relação à recomendação do modelo, observou-se uma boa aceitação por parte dos envolvidos na gestão da empresa que foi estudada, uma vez que considerou de forma coerente os aspectos prioritários levantados. A única surpresa para os gestores da empresa foi o fato da alternativa de modificação do layout ter aparecido a frente de outras alternativas que poderiam ser consideradas mais prioritárias em função possuírem um custo mais baixo.

Ao analisar os resultados verificou-se que apesar de contra intuitivo, a mudança de layout de fato deveria ocorrer antes de outras alternativas de menor custo devido quando comparados os desempenhos destas alternativas. Este fato ressalta as vantagens do apoio de uma metodologia multicritério. Usualmente o resultado obtido através da abordagem de Platts-Gregory é avaliado de forma holística através de um workshop, por exemplo. É interessante observar que o resultado foi considerado contra intuitivo pois através de uma abordagem holística esta seria uma das últimas alternativas a serem implantadas, face aos custos associados e aos inconvenientes relacionados com as mudanças de layout. Quando este resultado foi confrontado através dos dados dos projetos percebeu-se que de fato esta alternativa apresentava resultados superiores àquelas que foram consideradas dominadas, sendo este um dos insights obtidos no estudo de caso através da aplicação da metodologia.

Em relação ao uso da metodologia ROC, pode-se concluir que devido a robustez dos resultados encontrados, discutidos na seção 5.9 e representada através nas Figuras 5.4 e 5.5, não houve implicações no processo decisório devido ao uso da metodologia ROC para elicitação de pesos.

## 6.2 Sugestões para Trabalhos Futuros

Dentre as oportunidades de trabalhos futuros, considera-se importante a busca do desenvolvimento de modelos que possam abordar principalmente as limitações do presente trabalho, além de outros pontos que já vem sendo trabalhados por colegas do grupo de pesquisa.

Como sugestões de trabalhos futuros tem-se:

- O desenvolvimento de modelos que permitam incorporar e avaliar as sinergias entre as alternativas, pois alguns projetos para a manufatura se implantados em conjunto permitem um aumento de competitividade maior ou menor que a soma dos projetos individualmente;
- Desenvolver um modelo de portfólio para o problema de seleção de projetos para a manufatura;
- Considerar restrições orçamentárias e temporais na priorização de projetos desta natureza;
- Considerar outros procedimentos de formulação de estratégia de produção;

- Considerar variáveis fuzzy para incorporar a imprecisão no julgamento do especialista sobre a performance das alternativas.

**REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ACKOFF R. L., SASIENI M. W. (1971) *Pesquisa operacional*. LTC, Rio de Janeiro.
- ALVES FILHO A. G., NOGUEIRA E., BENTO P. E. G. (2015) Operations strategies of engine assembly plants in the Brazilian automotive industry. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 35 (5) p.817-838.
- BARRON F. H. (1992) Selecting a best multiattribute alternative with partial information about attribute weights, *Acta Psychologica*, Vol. 80 p.91-103.
- BEYNON M. J., WELLS P. (2008) The lean improvement of the chemical emissions of motor vehicles based on preference ranking: A PROMETHEE uncertainty analysis. *Omega*, Vol. 36 p. 384-394.
- BORENSTEIN D. (1998) A Visual Interactive Multicriteria Decision Analysis Model FMS Design. *Int J Adv Manuf Technol*, Vol. 18 p.848-857.
- BRANS J. P., MARESCHAL B. (2002) *Prométhée – gaia: une méthodologie d'aide à la décision en présence de critères multiples*. Bruxelles: Éditions de L'Université de Bruxelles.
- CARRIE A. S., MACINTOSH R., SCOTT A., PEOPLES G. (1994) A Linking strategy to production management structures and systems. *International Journal of Production Economics*, Vol. 34 p. 293-304.
- CHATHA K. A., BUTT I. (2015) Themes of study in manufacturing strategy literature. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 35 (4) p. 604-698.
- CLEMENTE T. R. N., de ALMEIDA A. T., de ALMEIDA-FILHO A.T. (2015) Comparação de metodologias de pesos substitutos para o método PROMETHEE II. In: *Anais do XLVII Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional*, Porto de Galinhas-PE.
- CORRÊIA C. A., CORRÊIA H. L. (2012) *Administração de produção e operações: manufatura e serviços - uma abordagem estratégica*. Editora Atlas: São Paulo.
- DANGAYACH G. S, DESHMUKH, S. G. (2001) Manufacturing strategy: literature review and some issues. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 21 (7) P.884-932.
- DAWES R. M., CORRIGAN B. (1974) Linear models in decision making. *Psych. Bul*, Vol. 81 p.91-106.

- de ALMEIDA A. T., CAVALCANTE C. A. V., ALENCAR M. H., FERREIRA R. J. P., de ALMEIDA-FILHO A. T., GARCEZ T. V. (2015) *Multicriteria and multiobjective models for risk, reliability and maintenance decision analysis*. International Series in Operations Research & Management Science vol 231. 1. ed. New York: Springer, v. 1. 416p.
- de ALMEIDA A. T., MORAIS D. C., COSTA A. P. C. S., ALENCAR L. H., DAHER S. F. D. (2012) *Decisão em grupo e negociação: métodos e aplicações*. Atlas, São Paulo.
- de ALMEIDA A. T. (2013) *Processo de decisão nas organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*. Atlas, São Paulo.
- FERREIRA R. G. (2009) *Engenharia econômica e avaliação de projetos de investimento: critérios de avaliação, financiamentos e benefícios fiscais e análise de sensibilidade e risco*. Editora Atlas.
- GONZALEZ-BENITO J., LANNELONGUE G. (2014) An integrated approach to explain the manufacturing function's contribution to business performance. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 34 (9) p.1126-1152.
- HAYES R. H., WHEELRIGHT S. C. (1984) *Restoring Our Competitive Edge (Competing through Manufacturing)*, John Wiley & Sons: New York.
- HILL T. J. (1993) *Manufacturing strategy*. Macmillan.
- HILL T. J. (1985) *Manufacturing strategy: The Strategic Management of the Manufacturing Function*, Macmillan: Basingstoke.
- IBRAHIM S. E. (2010) An alternative methodology for formulating an operations strategy: the case of BTC-Egypt. *Management Decision*, Vol. 48 (6) p.868-893.
- JIA G. Z., BAI M. (2011) An approach for manufacturing strategy development based on Fuzzy-QFD. *Computers & Industrial Engineering*, vol. 60 p. 445-454.
- KEENEY R. (1992) *Value-focused thinking: a path to creative decisionmaking*. Harvard University Press.
- KORNFELD B. J., KARA S. (2011) Project portfolio selection in continuous improvement. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 31 (10) p.1071-1088.
- LEKURWALE R. R., AKARTE M. M., RAUT D. N. (2015) Framework to evaluate manufacturing capability using analytical hierarchy process. *International Journal Adv. Manuf. Technol*, Vol. 76 p.565-576.

- LIKERT R. 1932. A technique for the measurement of attitudes. *Archives of Psychology*, Vol. 140 p.1-55.
- LÖFVING M., SÄFSTEN K., WINROTH M. (2014) Manufacturing strategy frameworks suitable for SMEs. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Vol. 25 (1) p.7-26.
- MARTINS E. G., LIMA E. P., COSTA S. E. G. (2015) Developing a quality management system implementation process for a medical device manufacturer. *Journal Of Manufacturing Technology Management*, Vol 26 (7) p.-.
- MILLER J. G., HAYSLIP W. (1989) Implementing Manufacturing Strategic Planning, *Planning Review*, Vol. 17, No 4, p.22.
- MILLER J. G., ROTH A. V. (1994) A taxonomy of manufacturing strategies. *Management Science*, Vol. 40, No 3, p 285-304.
- MILLS J., PLATTS K., GREGORY M. (1994) A framework for the design of manufacturing strategy processes. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 15 (4) p.17-49.
- MISHRA R., PUNDIR A. K., GANAPATHY L. (2014) Assessment of manufacturing flexibility. *Management Research Review*, Vol. 37 (8) p.750-776.
- MORAIS D.C., de ALMEIDA A.T., ALENCAR L.H., CLEMENTE T.R.N., CAVALCANTI, C.Z.B. (2015) PROMETHEE-ROC model for assessing the readiness of technology for generating energy. *Mathematical Problems in Engineering* (Forthcoming).
- MOREIRA D. A. (2008) *Administração da produção e operações*. Editora Cengage: São Paulo.
- PLATTS K. W., GREGORY M. J. (1990) Manufacturing audit in the process of strategy formulation. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 10 (9), p.5-26.
- PLATTS K.W. (1993) A Process Approach to Researching Manufacturing Strategy. *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 13 (8) p.4-17.
- PLATTS K.W. (1994a) Characteristics of methodologies for manufacturing strategy formulation. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 7 (2) p.93-99.
- PLATTS K. (1994b) Integrated manufacturing: a strategic approach. *Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 6 (3) p.18 -23.

- PUN K. F., CHIN K. S., WHITE A. S, GILL R. (2004) Determinants of manufacturing strategy formulation: a longitudinal study in Hong Kong. *Technovation*, Vol. 24 p.121-137.
- RAYMOND L., CROTEAU A. M. (2009) Manufacturing strategy and business strategy in medium-sized enterprises: performance effects of strategic alignment. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 56 (2) p.192-202.
- REHMAN A. U., REHMAN L. U. (2013) Manufacturing configuration selection using multicriteria decision tool. *Int J Adv Manuf Technol*, Vol. 65 p. 625-639.
- ROY B. (1996) *Multicriteria methodology for decision aiding*. Kluwer Academic Publishers.
- SILVEIRA G. J. C. (2005) Improving trade-offs in manufacturing: method and illustration. *Int. J. Production Economics*, Vol. 95 p.27–38.
- SKINNER W. (1969) Manufacturing — Missing Link in Corporate Strategy. *Harvard Business Review*, May-June.
- SLACK N., CHAMBERS S., JOHNSTON R. (2007) *Operations management*. Prentice Hall, Essex.
- SLACK, N., (2002) *Vantagem Competitiva em Manufatura*, Ed. Atlas.
- STILLWELL W. G., SEAVER, D.A., EDWARDS W. (1981) A comparison of weight approximation techniques in multiattribute utility decision making. *Org. Behav. & Hum. Performc.*, Vol. 28 p. 62-77.
- SWEENEY M. (1991) Towards a unified theory of manufacturing management. *International Journal of Operations and Production Management*, Vol. 11 (8).
- VINCKE P. (1992) *Multicriteria decision-aid*. John Wiley.
- WHEELWRIGHT S. C. (1984) “Manufacturing Strategy: Defining the Missing Link”, *Strategic Management Journal*, Vol. 5, p.77-91.
- WHEELWRIGHT S. C. (1978) Reflecting Corporate Strategy in Manufacturing Decisions. *Business Horizons*, February.