UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

MODELOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA PROBLEMAS DE CLASSIFICAÇÃO RELATIVOS A BPM – BUSINESS PROCESS MANAGEMENT

TESE SUBMETIDA À UFPE

PARA OBTENÇÃO DE GRAU DE DOUTOR

POR

ANA CAROLINA SCANAVACHI MOREIRA CAMPOS

Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD

RECIFE, MARÇO / 2013

ANA CAROLINA SCANAVACHI MOREIRA CAMPOS

Modelos de Decisão Multicritério para Problemas de Classificação Relativos a BPM – Business Process Management

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Pernambuco para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção.

Área de Concentração: Gerência da Produção

Orientador: Prof. Adiel Teixeira de Almeida, PhD

RECIFE, MARÇO / 2013

Catalogação na fonte

Bibliotecário Marcos Aurélio Soares da Silva, CRB-4 / 1175

C198m Campos, Ana Carolina Scanavachi Moreira.

Modelos de decisão multicritério para problemas de classificação relativos a BPM (*Bussiness Process Management*) / , Ana Carolina Scanavachi Moreira Campos. - Recife: O Autor, 2013.

x, 81 folhas, il., gráfs., tabs.

Orientador: Profº Dr.º Adiel Teixeira de Almeida.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2013.

Inclui Referências e Anexos.

1. Engenharia de Produção. 2.Apoio de Decisão de Multicritérios. 3.Gestão de Processos de Negócio. 4. Métodos de Decisão. I. Almeida, Adiel Teixeira de (Orientador). II. Título.

UFPE

658.5 CDD (22. ed.) BCTG/2013-089

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA

DE DEFESA DE TESE DE

DOUTORADO DE

ANA CAROLINA SCANAVACHI MOREIRA CAMPOS

"*MODELOS DE DECISÃO MULTICRITÉRIO PARA PROBLEMAS DE CLASSIFICAÇÃO RELATIVOS A BPM – BUSINESS PROCESS MANAGEMENT*"

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: **GERÊNCIA DA PRODUÇÃO**

A comissão examinadora, composta pelos professores abaixo, sob a presidência do primeiro, considera a candidata **ANA CAROLINA SCANAVACHI MOREIRA CAMPOS APROVADA.**

Recife, 12 de Março de 2013.

_____

Prof. ADIEL TEIXEIRA DE ALMEIDA, PhD (UFPE)

_____

Profa. CAROLINE MARIA DE MIRANDA MOTA, Doutor (UFPE)

_____

Prof. CRISTIANO ALEXANDRE VIRGÍNIO CAVALCANTE, Doutor (UFPE)

_____

Prof. ANDRÉ MARQUES CAVALCANTI, Doutor (UFPE)

_____

Prof. DÉCIO FONSECA, Doutor (UFPE)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço à Deus e ao meu Anjo da Guarda que sempre estiveram comigo nos momentos difíceis e de decisão me guiando e iluminando o meu caminho.

Aos meus pais, Jefferson e Ana, e aos meus irmãos, Filipe e Gustavo, pelo incentivo aos estudos.

Ao meu marido, Gean, pela compreensão e apoio durante a realização deste doutorado.

Ao meu filho, Luís Gabriel, que nascerá na próxima semana, por me proporcionar uma gravidez bem tranquila possibilitando assim que eu pudesse me dedicar à conclusão deste doutorado.

Ao meu orientador, prof. Adiel Teixeira de Almeida, pelos ensinamentos e por acreditar no meu potencial, bem como pela sua disponibilidade e orientação para a elaboração desta tese e para a realização deste doutorado.

À prof.ª Ana Paula e ao prof. Cristiano, pelo auxílio e orientação não só a essa tese, mais em diversos outros trabalhos ao longo do doutorado.

À comissão examinadora pelas contribuições dadas a este trabalho.

Aos professores e funcionários do PPGEP/UFPE pelo apoio dispensado.

Ao Prof. Bertrand Mareschal pela sua orientação durante o doutorado sanduíche realizado na Universidade Livre de Bruxelas (ULB).

Aos amigos que torcem por mim e me incentivaram a obter mais esta conquista.

A CAPES pela bolsa de doutorado sanduíche concedida.

Ao CNPq pelo apoio financeiro por meio da concessão da bolsa de estudos permitindo assim que eu pudesse me empenhar em tempo integral ao doutorado e pelo apoio financeiro para deslocamento a congressos internacionais.

RESUMO

Com a intensificação da globalização, a gestão eficaz dos processos de negócios de uma organização tornou-se cada vez mais importante. Tal situação estimulou o interesse organizacional pela Gestão de Processos de Negócio (BPM). A implantação das práticas de BPM exige das organizações decisões precisas e eficientes nas mais diversas atividades relacionadas ao ciclo de vida do BPM. Além disso, questões relacionadas com a forma como as decisões são tomadas são consideradas fatores críticos de sucesso para o BPM, como por exemplo, a existência de procedimentos formais e documentados que impeçam a tomada de decisão ad-hoc. Neste contexto, o Apoio à Decisão Multicritério tem muito a contribuir para a resolução de problemas dessa natureza e para uma implantação bem sucedida da metodologia BPM nas organizações, uma vez que esta abordagem fornece procedimentos sistemáticos para organizar a informação, tornar critérios conflituosos explícitos, gerenciar a subjetividade e mover em direção a uma decisão mais fundamentada. Desta maneira, este trabalho propõe novos modelos de apoio à decisão multicritério para serem utilizados na Gestão de Processos de Negócio explorando a problemática de classificação e a abordagem não compensatória, que ainda não foram utilizadas em estudos prévios.

Palavras-chave: Apoio a Decisão Multicritério, Gestão de Processos de Negócio, Métodos Multicritério de Classificação, Modelos de Decisão.

ABSTRACT

With the intensification of globalization, the effective management of business processes of an organization has become increasingly important. This situation stimulated the interest for Business Process Management (BPM). The implementation of BPM practices requires that right and efficient decisions be taken in relation to the various BPM lifecycle activities. Moreover, issues related to how decisions are taken are considered critical success factors for BPM, such as the existence of documented procedures that prevents ad-hoc decision making. In this context, Multicriteria Decision Aid has much to contribute to solving this kind of problem and to successful implementation of BPM methodology in organizations, since this approach provides systematic procedures to organize the information, to make the conflicting criteria explicit, to manage subjectivity and to move toward a more rational decision. Thus, in this study new multicriteria decision models are proposed to be used in BPM field. These models explore the classification problematic and the non-compensatory approach, which have not been used in previous studies.

Keywords: Multicriteria Decision Aid, Business Process Management, Multicriteria Classification Methods, Decision Models.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1

1.1 Relevância e Contribuição do Estudo 2

1.2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivos Gerais 2

1.2.2 Objetivos Específicos 2

1.3 Estrutura do Trabalho 3

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 5

2.1 Fundamentação Teórica 5

2.1.1 Business Process Management 5

2.1.2 Métodos Multicritério para Classificação 6

2.2 Revisão Bibliográfica sobre BPM e Métodos Multicritério em BPM 12

2.2.1 Revisão Bibliográfica sobre Processos de Negócio 12

2.2.2 Métodos Multicritério em BPM 19

2.3 Síntese do Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho 21

3 MODELO PROPOSTO 25

3.1 Modelo para Classificação dos Processos de Negócio com Base no Método ELECTRE TRI-B 25

3.1.1 Aplicação do modelo: um exemplo 30

3.1.2 Discussão 34

3.2 Modelo Multicritério para Seleção de uma Linguagem de Modelagem de Processos de Negócio para o BPM com Base no Método ELECTRE TRI-B 36

3.2.1 Aplicação Numérica 42

3.2.2 Discussão 45

3.3 Modelo para Classificação dos Processos de Negócio para Planejamento das Ações de Implementação do BPM com Base no Método FlowSort com *Fuzzy Set* Usando Informação Subjetiva e Imprecisa 46

3.3.1 *Fuzzy* FlowSort – Uso de Variáveis Linguísticas 47

3.3.2 *Fuzzy* FlowSort – Avaliações Quantitativas Imprecisas 59

4 CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS 65

***REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS* 68**

ANEXO 1 – AVALIAÇÃO DAS LINGUAGENS DE MODELAGEM 78

ANEXO 2 - PROCESSOS DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO DA CHESF 80

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Definição das categorias pelos índices de referência (Adaptada de Merad et al., 2004)..... 9
Figura 3.1. Utilização do modelo “Planejamento Gerencial”..... 26
Figura 3.2. Classificação dos processos de negócio em categorias..... 28
Figura 3.3. Tarefas para customização do modelo “Planejamento Gerencial”..... 30
Figura 3.4. Classificação das linhas de produção..... 34
Figura 3.5. Semiotic Quality Framework com foco na qualidade da linguagem (Adaptada de Nysetvold & Krogstie, 2005)..... 38
Figura 3.6. Modelo para seleção de uma linguagem de modelagem de processos de negócio para o BPM..... 39
Figura 3.7. Número Fuzzy Triangular normal do tipo LR..... 47
Figura 3.8. Função de preferência difusa V-Shape com indiferença..... 49
Figura 3.9. Modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM..... 50
Figura 3.10. Conjunto de cinco termos e sua semântica..... 53

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1. Customização do modelo “Planejamento Gerencial” 33
Tabela 3.2. Peso dos critérios e índices de referência 43
Tabela 3.3. Avaliação dos processos de negócio utilizando o conjunto de cinco termos linguísticos 52
Tabela 3.4. Peso normalizado e limiares de preferência (p) e indiferença (q)..... 54
Tabela 3.5. Categorias de implementação estratégica do BPM..... 54
Tabela 3.6. Desempenho dos índices de referência 54
Tabela 3.7. Classificação dos processos de negócio de acordo com o fluxo positivo, negativo e líquido 55
Tabela 3.8. Resultado da classificação: F-FlowSort e FlowSort 58
Tabela 3.9. Desempenho dos Processos de Exploração 60
Tabela 3.10. Avaliações Imprecisas representadas por Números Triangulares Fuzzy... 61
Tabela 3.11. Valores dos limiares de preferência (p) e indiferença (q) e do peso normalizado 62
Tabela 3.12. Limites das categorias 62
Tabela 3.13. Classificação dos processos de exploração de acordo com o fluxo positivo, negativo e líquido 62
Tabela 3.14. Comparação dos resultados..... 63
Tabela 3.15. PROMETHEE e F-PROMETHEE 64

SIMBOLOGIA

2DPM - *Two-Dimensional Process Modeling*

AHP - *Analytic Hierarchy Process*

AMD - Apoio Multicritério à Decisão

B2B - *Business to Business*

BPM - *Business Process Management*

BPMI - *Business Process Management Initiative*

BPMM - Modelo de Maturidade de Processos de Negócio

BPMN- *Business Process Modelling Notation*

BPMS - *Business Process Management Software*

BPR- *Business Process Reengineering*

BSC - *Balanced Scorecard*

C-Commerce - Comércio Colaborativo

CMM - *Capability Maturity Model*

CMMI - *Capability Maturity Model Integration*

ebXML - *Electronic Business using the eXtensible Markup Language*

EDI - *Electronic Data Interchange*

ELECTRE - *Elimination et Choix Traduisant la Realité*

EPC - *Event-driven Process Chains*

FMS - Sistema de Manufatura Flexível

IDEF0 - *Integrated Definition for Function Modelling*

KPAs - *Key Process Areas*

MDA - *Model Driven Architecture*

MHDIS - *Multi-group Hierarchical Discrimination*

OMG - *Object Management Group*

RFID - *Radio Frequency Identification*

SOA - *Service-oriented architecture*

TI - Tecnologia da Informação

UML - Linguagem de Modelagem Unificada

UTADIS - *Utilities Additives Discriminantes*

WS-BPEL - *Web Services Business Process Execution Language*

YAWL – *Yet Another Workflow Language*

1 INTRODUÇÃO

O atual cenário de globalização e competição entre as organizações pela conquista de maiores parcelas de mercado fez crescer o interesse das mesmas pela Gestão de Processos de Negócio (BPM) (Seethamraju, 2012; Ko *et al.*, 2009).

Dessa maneira a gestão eficaz dos processos de negócios de uma organização vem se tornando cada vez mais importante, uma vez que muitos fatores, tais como (Ko *et al.*, 2009):

- o aumento da frequência das mercadorias encomendadas;
- a necessidade de transferência rápida das informações;
- a necessidade de tomada de decisão rápida;
- a necessidade de se adaptar às mudanças na demanda;
- aumento dos concorrentes internacionais e
- exigências para redução dos tempos de ciclo

vem desafiando a rentabilidade e a sobrevivência tanto das grandes quanto das pequenas empresas.

Processos de negócios continuamente monitorados e otimizados ajudam as empresas a alcançar a máxima eficiência em suas operações e a serem capazes de competir em melhores condições neste mercado globalizado (Wang *et al*., 2006).

Vários aspectos são cruciais para o sucesso na implantação e na manutenção de modelos de gestão por processos, são os chamados fatores críticos de sucesso para o BPM. Bandara *et al*. (2009) afirmam que questões relacionadas com a forma como as decisões são tomadas influenciam o sucesso do BPM. Segundo eles, a existência de políticas e procedimentos formais e documentados que impeçam a tomada de decisão ad-hoc, o fornecimento de documentos eletrônicos, a fim de facilitar a tomada de decisão e tomar decisões com base em informações (fatos) ao invés de atitudes de gestão e opiniões são fatores que contribuem para uma implantação bem sucedida da metodologia BPM.

Neste contexto, o Apoio Multicritério à Decisão (AMD) tem muito a contribuir para o sucesso do BPM nas organizações, uma vez que o AMD consiste em um conjunto de métodos e técnicas formais e consistentes para auxiliar ou apoiar pessoas e organizações a tomarem decisões mais fundamentadas, esclarecendo o problema e avaliando as alternativas sob a influência de uma multiplicidade de critérios, que são muitas vezes conflitantes entre si (Almeida, 2011; Almeida, 2013).

Diante desse fato, esse trabalho tem por objetivo apresentar modelos de apoio à decisão multicritério para problemas relativos a área da Gestão de Processos de Negócio.

1.1 Relevância e Contribuição do Estudo

A implantação dos conceitos de BPM exige das organizações decisões seguras, precisas e eficientes nas mais diversas atividades relacionadas ao ciclo de vida do BPM. Sendo assim os modelos e sistemas de apoio à decisão vêm ganhando cada vez mais importância na área de Gestão de Processos de Negócio. O Apoio à Decisão Multicritério, por exemplo, fornece procedimentos sistemáticos para organizar a informação, tornar critérios conflituosos explícitos, gerenciar a subjetividade e mover em direção a uma decisão (Almeida, 2013; Almeida *et al.*, 2012; Almeida *et al.*, 2002).

Na literatura, entretanto, ainda são pouco os trabalhos científicos relacionados com a aplicação de métodos multicritério à área de Gestão de Processos de Negócio.

Diante deste cenário, este trabalho apresenta novos modelos a serem utilizados na área de BPM explorando a problemática de classificação e a abordagem não compensatória. Estes modelos contribuem para enriquecer a literatura uma vez que ainda não foram explorados em estudos prévios além de servir como ferramenta de apoio à tomada de decisão pelos gerentes e profissionais envolvidos com a aplicação dos conceitos e práticas de Gestão de Processos de Negócio.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivos Gerais

Este trabalho tem por objetivo geral a proposição de novos modelos de decisão multicritério para problemas de classificação relativos à Gestão de Processos de Negócio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Propor um modelo de decisão multicritério para classificação dos processos de negócio em categorias de procedimentos gerenciais para fins de planejamento em curto prazo baseado no método multicritério ELECTRE TRI-B. Por meio do uso deste modelo, o gerente poderá planejar e gerenciar suas atividades semanais associadas a cada processo de negócio de forma mais eficiente.

- Desenvolver um modelo para avaliação e escolha de uma linguagem de modelagem para o BPM baseado no *Semiotic Quality Framework* (SEQUAL) e no Apoio Multicritério à Decisão, particularmente no método multicritério ELECTRE TRI-B.
- Propor um modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM e descrevê-lo por meio de um estudo de caso no departamento de Tecnologia da Informação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Eletrobras Chesf). O modelo permite que a gerente da área de TI priorize os processos de negócio de modo a auxiliá-la no planejamento da melhor forma de implementar o BPM dentro da sua unidade de negócio. Neste estudo de caso é analisada a aplicação do modelo quando a avaliação das alternativas em relação aos critérios é feita por variáveis linguísticas.
- Desenvolver a integração do método multicritério de classificação FlowSort com a teoria dos conjuntos *fuzzy* para ser utilizado no modelo proposto para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM, dando origem ao método F-FlowSort.
- Realizar uma aplicação do F-FlowSort quando as avaliações são quantitativas, porém imprecisas, a fim de demonstrar o método para este tipo de caso. Entretanto, as etapas envolvidas no modelo proposto para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM quando o F-FlowSort é aplicado a avaliações quantitativas, porém imprecisas, são as mesmas de quando as avaliações são feitas por variáveis linguísticas.

1.3 Estrutura do Trabalho

O trabalho está estruturado em quatro capítulos a seguir:

O Capítulo 1, a Introdução, apresenta as motivações e justificativas para o desenvolvimento do trabalho bem como os objetivos do estudo.

O Capítulo 2, a Fundamentação Teórica e Revisão Bibliográfica, apresenta os conceitos que subsidiarão o estudo desenvolvido. Primeiramente serão abordados os conceitos relativos à Gestão de Processos de Negócio (BPM) e aos Métodos Multicritério para Classificação, com ênfase nos métodos ELECTRE TRI-B e FlowSort. E em seguida é feita uma revisão bibliográfica sobre BPM e Métodos Multicritério em BPM. Para melhor compreensão dos artigos relacionados ao BPM, eles foram classificados conforme o assunto que abordam, sendo: Modelagem de Processos de Negócio e Linguagens de Modelagem; Avaliação, Comparação e

Seleção da Linguagem de Modelagem; BPM Colaborativo; Governança de BPM; Gestão da Maturidade em BPM; Influência da Cultura na Gestão de Processos de Negócio.

No Capítulo 3, o Modelo Proposto, serão apresentados os modelos de decisão multicritério para problemas de classificação relativos a BPM. Cada modelo é primeiramente descrito, depois é apresentado uma aplicação para fins de exemplificação e por fim, as vantagens e desvantagens bem como a aplicabilidade do modelo são discutidas.

Neste trabalho, são propostos três modelos. Os dois primeiros são baseados no método ELECTRE TRI-B. O primeiro deles é para a classificação dos processos de negócio enquanto que o segundo modelo é para a seleção de uma linguagem de modelagem de processos de negócio para o BPM. O último modelo é para classificação com base no método FlowSort e *Fuzzy Set* usando informação subjetiva e imprecisa. O primeiro modelo utiliza variáveis linguísticas para avaliação qualitativa das alternativas e o segundo avaliações quantitativas imprecisas.

No Capítulo 4, Conclusões e Trabalhos Futuros, serão feitas as considerações finais e são apresentadas sugestões para trabalhos futuros.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Fundamentação Teórica

A base conceitual utilizada para trabalho é apresentada a seguir e consiste em métodos multicritério de apoio à decisão, com ênfase na problemática de classificação e sobre BPM (B*usiness Process Management*).

2.1.1 Business Process Management

BPM (*Business Process Management*, traduzido para Gestão de Processos de Negócio) pode ser definida como uma abordagem de gestão que utiliza métodos e ferramentas para apoiar o projeto, a análise e o controle dos processos de negócio. A Gestão de Processos de Negócio tem como objetivo aumentar a satisfação do cliente, a qualidade do produto e melhorar as operações (Elzinga *et al*., 1995). Em síntese, BPM procura melhorar os processos de negócio de forma rápida e contínua (Ko *et al*., 2009).

O ciclo de vida do BPM é composto pelas seguintes fases (van der Aalst, 2004): design, modelagem, execução, monitoramento e otimização.

A Gestão de Processos de Negócio começa com o design do processo. A fase de design do processo consiste em identificar e documentar os processos existentes ("*as-is*") e definir o "*to-be*". A partir do design do processo, a modelagem do processo introduz combinações de variáveis, como custos, utilização de recursos e outras restrições que podem afetar o processo, a fim de determinar como o processo irá operar sob diferentes cenários, na tentativa de melhorar a maneira como as coisas são feitas (análise "*what-if*"). Em outras palavras, a modelagem do processo incorpora a simulação do processo e a análise de cenários. A fase de execução do processo consiste na automatização do processo por meio de uma ferramenta de BPM. Uma ferramenta de BPM é um conjunto de aplicações que permite que o processo de negócio seja definido em uma linguagem de computador para que possa ser executado diretamente pelo computador.

Uma vez que os processos são executados, eles devem ser monitorados. Assim, a fase de acompanhamento do processo engloba o controle do processo individual, de modo que as informações sobre seu estado possam ser facilmente e rapidamente vistas e as estatísticas sobre o seu desempenho possam ser fornecidas.

Finalmente, a otimização do processo consiste em recuperar as informações de desempenho do processo da fase de modelagem ou monitoramento a fim de identificar

deficiências nos processos, tais como gargalos e oportunidades de melhorias potenciais, e, em seguida, aplicar essas melhorias no design do processo, realizando, assim, o redesing do processo.

2.1.2 Métodos Multicritério para Classificação

Nos últimos 40 anos, os pesquisadores têm-se concentrado apenas em problemas de escolha e ordenação (ranking) (Chen *et al*., 2007). No entanto, atualmente, a alocação de um conjunto de alternativas em categorias homogêneas está entre os assuntos de pesquisa mais ativos na área de Apoio Multicritério à Decisão (Tervonen *et al.*, 2009;. Zopounidis & Doumpos, 2002). Os métodos de classificação nominal, os métodos de classificação ordinal (*sorting*) e os métodos *clustering* são métodos que lidam com esse tipo de problema.

Problemas de classificação nominal/ordinal/*clustering* são relatados em diversas áreas, tais como: medicina, meio ambiente, financeira, marketing, entre outras. Brito *et al*. (2010), por exemplo, propuseram um modelo de classificação das seções de tubulação de gás natural por nível de risco a fim de auxiliar a gestão de risco. Zopounidis & Doumpos (2002) descreveram uma série de problemas da vida real que foram resolvidos por meio da utilização de métodos de classificação nominal e ordinal.

Os métodos *clustering* reagrupam alternativas em grupos não definidos a priori. Dado um conjunto de alternativas e um conjunto de atributos usados para descrever cada alternativa, o objetivo dos métodos *clustering* é o estabelecimento de grupos que contenham alternativas semelhantes. Em um determinado grupo, cada alternativa deve ser a mais parecida possível com todas as alternativas do mesmo grupo e também ser a mais diferente possível das alternativas pertencentes a outros grupos (Léger & Martel, 2002). Por outro lado, os problemas de classificação nominal e ordinal consistem em alocar um conjunto finito de n alternativas denotado por $A=\{a_1, a_2,...,a_n\}$ em k categorias predefinidas $C=\{C_1, C_2,...,C_k\}$ levando em consideração a avaliação das alternativas em relação a um conjunto de m critérios $g=(g_1, g_2,..., g_m)$ (Zopounidis & Doumpos, 2002).

A diferença entre os métodos de classificação nominal e ordinal é que, nos métodos de classificação ordinal as categorias são estabelecidas de forma ordenadas, por exemplo, da pior para a melhor (Zopounidis & Doumpos, 2002). Dessa maneira, a classificação dos candidatos a um emprego de acordo com o seu tipo de perfil (técnico, comercial ou de liderança) é um exemplo de classificação nominal, uma vez que nenhuma categoria é especificada como sendo a melhor (Rocha & Dias, 2008). Já a classificação de hotéis em uma escala variando de 1 a 5

estrelas de acordo com o nível de serviço oferecido é um exemplo de classificação ordinal, uma vez que um maior número de estrelas implica um melhor nível de qualidade dos serviços oferecidos pelo hotel.

São encontrados na literatura vários métodos desenvolvidos para lidar com os problemas de classificação nominal e ordinal. Esses métodos são divididos em 3 grupos baseado no modelo de agregação dos critérios: relação de sobreclassificação, função de utilidade e regra de decisão (Zopounidis & Doumpos, 2002).

A relação de sobreclassificação é uma relação binária que permite concluir que a_i sobreclassifica a_j se houver argumentos suficientes para afirmar que a alternativa a_i é pelo menos tão boa quanto a alternativa a_j (concordância) e não há nenhuma razão que contrarie esta afirmação (discordância). Dentro do contexto de problemas de classificação a relação de sobreclassificação é usada para estimar o grau de sobreclassificação de uma alternativa a_i sobre um perfil que define os limites entre as categorias (Zopounidis & Doumpos, 2002).

Os métodos de classificação ordinal e nominal baseados neste tipo de modelo de agregação dos critérios primeiro constroem relações de sobreclassificação e depois as exploram por meio de procedimentos heurísticos a fim de alocar as alternativas em categorias (Zopounidis & Doumpos, 2002). Alguns exemplos de métodos baseados neste tipo de agregação são: ELECTRE TRI-B (Roy & Bouyssou, 1993), ELECTRE TRI-C (Almeida-Dias *et al*., 2010), PROAFTN (Belacel, 2000), PAIRCLASS (Doumpos & Zopounidis, 2004), PROMETHEE TRI (Figueira *et al*., 2005), e FlowSort (Nemery & Lamboray, 2007). Como estes métodos baseiam-se na abordagem de sobreclassificação eles não são compensatórios e possuem a desvantagem de requerer a estimativa de vários parâmetros (Zopounidis & Doumpos, 2002).

Os métodos de classificação ordinal e nominal baseados em funções de utilidades, tais como *Utilites Additives Discriminantes* - UTADIS (Zopounidis & Doumpos, 1999) e *Multi-group Hierarchical Discrimination* - MHDIS (Zopounidis & Doumpos, 2000) executam a classificação das alternativas por meio da comparação da utilidade global de cada alternativa com os perfis que definem cada categoria.

Por outro lado, os métodos de classificação ordinal e nominal baseados em regras de decisão não utilizam uma função para classificar as alternativas. Para tal, utilizam regras de decisão que são descritas em formas simbólicas (" se ...., então ...") (Zopounidis & Doumpos, 2002). Błaszczyński *et al*. (2007), por exemplo, propuseram um método de classificação baseado em regras de decisão e o demonstraram por meio de um exemplo.

A escolha do método multicritério mais apropriado depende de diversos fatores considerados durante a fase de estruturação do problema. Dentre estes fatores têm-se: as características do problema analisado, o contexto considerado, o tipo de informação disponível, o seu grau de precisão e a estrutura de preferência do decisor (Almeida, 2011; Almeida & Costa, 2003; Almeida & Souza, 2001).

Segundo Vincke (1992), a escolha da utilização de um método de agregação dos critérios, é equivalente a escolher um tipo de compensação entre os critérios. A noção intuitiva de compensação sugere uma quantidade que contrabalance a desvantagem de um critério em relação a uma vantagem em outro. Os métodos não compensatórios requerem uma informação intercritério correspondente à importância relativa entre os critérios. Desta forma, evitam o favorecimento de ações que possuem um excelente desempenho em um critério, mas que sejam ruins em outros (Almeida, 2011; Almeida & Costa, 2003; Almeida & Souza, 2001).

Nos modelos de decisão multicritério para problemas de classificação relativos a BPM propostos neste trabalho foram considerados os métodos não compensatórios de classificação ordinal ELECTRE TRI-B e FlowSort, a seguir descritos.

2.1.2.1 Método ELECTRE TRI-B

ELECTRE TRI-B é um método que aloca um conjunto de alternativas $A=\{a_1, a_2,\ldots,a_i,\ldots,a_n\}$ em categorias predefinidas e ordenadas $C=\{C_1,C_2,\ldots,C_k\}$ considerando o desempenho de A em relação à um conjunto de critérios $F=\{g_1, g_2,\ldots,g_j,\ldots,g_m\}$ por meio da utilização de relações de sobreclassificação (Figueira *et al*., 2005).

Conforme explicado anteriormente (seção 2.1.2) a relação de sobreclassificação S é uma relação binária definida em A tal que a_iSa_j se alternativa a_i é pelo menos tão boa quanto a_j. No método ELECTRE TRI-B a relação de sobreclassificação é usada para estimar o grau de sobreclassificação da alternativa a_i em relação a um índice da referência Ir_k que distingue as categorias C_k e C_{k+1} (Figura 2.1). Os índices de referência são determinados pelo decisor (Zopounidis & Doumpos, 2002).

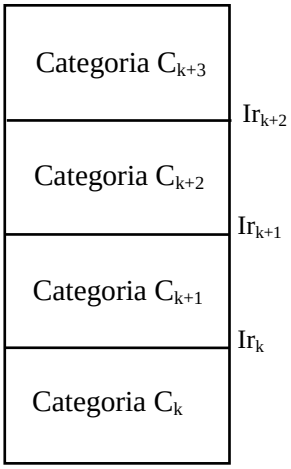


Figura 2.1 – Definição das categorias pelos índices de referência (Adaptada de Merad et al., 2004)

A fim de determinar as relações de sobreclassificação, todas as comparações par a par entre cada alternativa e índice de referência devem ser efetuadas para todos os critérios. Essa comparação permite o cálculo do índice de credibilidade $\sigma(a_i, Ir_k)$ e $\sigma(Ir_k, a_i)$. O índice de credibilidade $\sigma(a_i, Ir_k)$ está relacionado com afirmação de que a alternativa a_i é pelo menos tão boa quanto o índice referência Ir_k, enquanto que o índice de credibilidade $\sigma(Ir_k, a_i)$ está relacionado com a afirmação de que o índice de referência Ir_k é pelo menos tão bom quanto a alternativa a_i (zopounidis & Doumpos, 2002).

Nesse processo de comparação par a par, a imprecisão dos valores dos critérios pode ser levada em consideração por meio de dois limiares: o limiar de indiferença q_j e o limiar de preferência p_j (Merad *et al*., 2004). $q_j(Ir_k)$ define o maior valor da diferença entre as avaliações no critério g_j que preserva a indiferença entre a_i e Ir_k e $p_j(Ir_k)$ indica a menor diferença entre essas avaliações compatível com uma preferência de a_i no critério g_j (Szajubok *et al*., 2006).

Cada relação de sobreclassificação entre uma alternativa a e um índice de referência Ir_k é então construída por meio de quatro passos (Lourenço & Costa, 2004; Merad *et al*., 2004)

1. Cálculo dos índices de concordância parcial para cada critério (c_j) e índice de concordância global (C);
2. Cálculo do índice de discordância (d_j);
3. Cálculo do índice de credibilidade (σ);
4. Estabelecimento da relação de sobreclassificação.

Na construção das relações de sobreclassificação dois tipos de parâmetros relacionados aos critérios estão envolvidos: um conjunto de pesos (w_1,w_2,...,w_i) que expressa a importância relativa entre os critérios e é utilizado no cálculo do índice de concordância global e um conjunto

de limiares de veto ($v_1(Ir_k)$, $v_2(Ir_k)$,..., $v_m(Ir_k)$) que é usado no teste de discordância. $v_j(Ir_k)$ representa a menor diferença $g_j(Ir_k)$ - $g_j(a_i)$, incompatível com a afirmação de que $a_i S Ir_k$ Esses parâmetros devem ser definidos pelo decisor (Lourenço & Costa, 2004). Os índices de concordância parcial $c_j(a_i,Ir_k)$, concordância global $C(a_i,Ir_k)$, discordância parcial $d_j(a_i,Ir_k)$ e índice de credibilidade (σ) são então calculados por meio das equações 2.1, 2.2, 2.3 e 2.4.

$$c_j(a, Ir_k) = \begin{cases} 0 \; se \; g_j(Ir_k) - g_j(a) \geq p_j(Ir_k) \\ 1 \; se \; g_j(Ir_k) - g_j(a) \leq q_j(Ir_k) \\ \frac{p_j(Ir_k) + g_j(a) - g_j(Ir_k)}{p_j(Ir_k) - q_j(Ir_k)} \quad n.c \end{cases} \qquad (2.1)$$

$$C\ (a, Ir_k) = \frac{\sum_{j=1}^{m} w_j c_j(a,Ir_k)}{\sum_{j=1}^{m} w_j} \qquad (2.2)$$

$$d_j(a, Ir_k) = \begin{cases} 0 \; se \; g_j(Ir_k) - g_j(a) \leq p_j(Ir_k) \\ 1 \; se \; g_j(Ir_k) - g_j(a) > v_j(Ir_k) \\ \frac{g_j(Ir_k) + g_j(a) - p_j(Ir_k)}{v_j(Ir_k) - p_j(Ir_k)} \quad n.c \end{cases} \qquad (2.3)$$

$$\sigma(a, Ir_k) = C(a, Ir_k) \prod_{j \in \bar{F}} \frac{1 - d_j(a,Ir_k)}{1 - C(a,Ir_k)}, \; onde \; \bar{F} = \{j \in F : d_j\ (a, Ir_k) > C(a, Ir_k)\} \qquad (2.4)$$

O estabelecimento da relação de sobreclassificação (passo 4) se dá por meio da comparação do índice de credibilidade (σ) com o nível de corte (λ). O nível de corte (λ) é considerado o menor valor do índice de credibilidade compatível com a afirmação de que "a_i sobreclassifica Ir_k" ou de que "Ir_k sobreclassifica a_i". O valor do nível de corte varia entre 0,5 e 1 e é definido pelo decisor. Merad *et al*. (2004) recomendam que o valor do nível de corte λ seja maior do que o maior peso a fim de evitar que o critério mais pesado seja o único a determinar a categoria de alocação da alternativa. As alternativas e os índices de referência podem se relacionar da seguinte forma (Yu, 1992; Mousseau & Slowinski, 1998; Merad *et al*., 2004):

- Se $\sigma(a_i, Ir_k) \geq \lambda$ e $\sigma(Ir_k, a_i) \geq \lambda$, a_i e Ir_k são indiferentes;
- Se $\sigma(a_i, Ir_k) \geq \lambda$ e $\sigma(Ir_k, a_i) < \lambda$, a_i sobreclassifica Ir_k;
- Se $\sigma(Ir_k, a_i) \geq \lambda$ e $\sigma(a_i, Ir_k) < \lambda$, Ir_k sobreclassifica a_i;
- Se $\sigma(a_i, Ir_k) < \lambda$ e $\sigma(Ir_k, a_i) < \lambda$, a_i e Ir_k são incomparáveis.

Para alocação das alternativas nas categorias, o método ELECTRE TRI-B emprega dois procedimentos, o pessimista e o otimista (Zopounidis & Doumpos, 2002). A diferença entre eles está na sequência seguida para a comparação das alternativas com os índices de referência. O processo pessimista é mais exigente e aloca cada alternativa à categoria mais elevada para qual a

alternativa a_i sobreclassifica o índice de referência da categoria inferior. Já o processo otimista é o contrário, aloca cada alternativa à categoria menos elevada para qual o índice de referência da categoria superior sobreclassifica a alternativa a_i (Lourenço & Costa, 2004).

Divergências entre as duas classificações podem acontecer e origina das situações de incomparabilidade entre a alternativa e o índice de referência. Nessas situações, o decisor pode adotar uma das duas classificações conforme o seu perfil e/ou as características do problema (Mousseau & Slowinski, 1998). Caso deseje ser prudente ou haja limitação quanto aos recursos disponíveis optará pelo procedimento pessimista (Siskos *et al*., 2007).

2.1.2.2 FlowSort

O FlowSort é um método de classificação ordinal baseado na metodologia do PROMETHEE para a alocação das alternativas em categorias ordenadas. Estas categorias podem ser definidas por meio de índices de referência ou por alternativas de referência.

Uma vez que neste trabalho utiliza-se o método FlowSort quando as categorias são definidas por meio de índices de referência, é dada uma breve descrição dessa metodologia. Para uma descrição mais detalhada sobre esta metodologia ou sobre a outra (quando as categorias são definidas por alternativas de referência) ver Nemery & Lamboray (2007).

O conjunto de índices de referência é indicado por $R^* = \{r_1,..., r_{k+1}\}$. Assume-se que o desempenho das alternativas em relação aos critérios está compreendido entre o pior (Ir_{k+1}) e o melhor índice de referência (Ir_1) e que os índices de referência também são ordenados (Nemery & Lamboray, 2007). As regras de alocação do FlowSort são baseadas na posição relativa da alternativa em relação aos índices de referência em termos dos fluxos positivo (Q^+), negativo(Q^-) e líquido (Q) (Nemery & Lamboray, 2007). Além disso, à alocação de uma alternativa a uma categoria depende da comparação desta alternativa em relação a todos os índices de referência ao mesmo tempo (Nemery & Lamboray, 2007). A seguir, são apresentados os passos para a alocação das alternativas em categorias.

Para cada alternativa $x \in R_i^*$, onde $R_i^* = R^* \cup \{a_i\}$, a_i é a alternativa a ser alocada, os fluxos positivo (Q^+), negativo(Q^-) e líquido (Q) são calculados da seguinte forma (Nemery & Lamboray, 2007):

$$Q^+_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*|-1} \sum_{y \in R_i^*} \pi(x,y) \quad (2.5)$$

$$Q^-_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*|-1} \sum_{y \in R_i^*} \pi(y,x) \quad (2.6)$$

$$Q_{R_i^*}(x) = Q^+_{R_i^*}(x) - Q^-_{R_i^*}(x) \quad (2.7)$$

Onde $\pi(x,y)$ é o grau de sobreclassificação e é calculado conforme definido em PROMETHEE I e II:

$$\pi(x, y) = \Sigma\, w_j\, P_j\,(x,y), \text{ sendo } \Sigma w_j = 1 \quad (2.8)$$

$P_j\,(x, y)$ é a função de preferência entre as alternativas para cada critério ($g_j(x)$-$g_j(y)$). Esta função assume valor entre 0 e 1. O método PROMETHEE fornece seis tipos de funções de preferência $P_j\,(x, y)$ que auxilia o decisor a modelar as suas preferências (ver Brans *et al*., 1984). De um modo geral, as funções de preferência na forma V-*Shape* e V-*Shape* com indiferença são as mais utilizadas.

Considerando a categoria C_t limitada superiormente pelo valor do fluxo de Ir_t e limitada inferiormente pelo valor de fluxo de Ir_{t+1}, duas diferentes regras de alocação com base nos fluxos positivos e negativos são definidas como se segue:

$$C_Q{}^{+}(a_i) = C_t \;\; se\; Q^{+}{}_{Ri}(Ir_t) \geq Q^{+}{}_{Ri}(a_i) > Q^{+}{}_{Ri}(Ir_{t+1}) \quad (2.9)$$

$$C_Q{}^{-}(a_i) = C_t \;\; se\; Q^{-}{}_{Ri}(Ir_t) < Q^{-}{}_{Ri}(a_i) \leq Q^{-}{}_{Ri}(Ir_{t+1}) \quad (2.10)$$

Para realizar a alocação em uma única categoria, a regra de alocação baseada no fluxo líquido é utilizada:

$$C_Q(a_i) = C_t \; se \; Q_{Ri}(Ir_t) \geq Q_{Ri}(a_i) > Q_{Ri}(Ir_{t+1}) \quad (2.11)$$

2.2 Revisão Bibliográfica sobre BPM e Métodos Multicritério em BPM

Encontram-se na literatura muitos trabalhos voltados à área de Gestão de Processos de Negócio. Afim de melhor compreender os assuntos relacionados ao BPM mais abordados nos últimos anos eles foram classificados conforme ao tema que tratam, a saber: Modelagem de Processos de Negócio e Linguagens de Modelagem; Avaliação, Comparação e Seleção da Linguagem de Modelagem; BPM Colaborativo; Governança de BPM; Gestão da Maturidade em BPM; Influência da Cultura na Gestão de Processos de Negócio.

2.2.1 Revisão Bibliográfica sobre Processos de Negócio

2.2.1.1 Modelagem de Processos de Negócio e Linguagens de Modelagem

A modelagem de processos de negócio é a base da Gestão de Processos de Negócio (Wang *et al*., 2006). O objetivo da modelagem de processos é obter uma representação abstrata dos processos de negócio (Wang *et al*., 2006). Atualmente, há um grande número de linguagens de modelagem que têm sido desenvolvidas para descrever os processos de negócio, tais como, *Business Process Modelling Notation* – BPMN (White, 2004; OMG, 2011), UML- Activity-

Diagrams (Booch *et al*.,2005), Redes de Petri (Booch *et al*., 1998), *Event-driven Process Chains* (EPC) (Mendling, 2009), YAWL (van der Aalst & ter Hofstede, 2005).

A fim de aprofundar o conhecimento sobre essas linguagens, existem diversos estudos que investigam a aplicabilidade e as vantagens/desvantagens dessas linguagens. Recker *et al*. (2005) e Recker *et al*. (2006), por exemplo, listaram as deficiências do BPMN para modelagem de processos. Recker (2007) e Recker (2008) listaram os fatores que explicam a aceitação do BPMN pelos usuários. zur Muehlen & Recker (2008) analisaram quais construtos do BPMN são realmente utilizados pelos modeladores. Recker (2010) investigou como BPMN está sendo implementado e utilizado na prática e discutiu os problemas relacionados com a utilização do BPMN descobertos durante o seu estudo. Siau & Loo (2006) utilizaram a técnica de mapeamento de conceito para identificar as dificuldades enfrentadas pelos iniciantes no aprendizado da linguagem UML. Eles destacaram as dificuldades na aprendizagem da linguagem UML e relacionaram algumas dessas dificuldades com os problemas inerentes à linguagem UML.

Com intuito de desenvolver uma linguagem de modelagem diferente dessas mais utilizadas, Kadlec (2012) propôs uma nova abordagem para modelar os processos de uma empresa. Esta nova abordagem, a qual foi denominada de 2DPM (*Two-Dimensional Process Modeling*), permite a visualização integrada de todo o processo uma vez que consolida em só modelo a estrutura dos recursos do processo, a estrutura dos fluxos de trabalho de processos, a interação e comunicação dos recursos e a comunicação por meio das interfaces internas/externas.

Apesar da modelagem de processos de negócio ser um campo ativamente pesquisado, evidências e experiências práticas sugerem que o foco da comunidade de pesquisa nem sempre está alinhado com as necessidades da indústria (Indulska *et al*., 2009). Por este motivo Indulska *et al*. (2009) exploraram as questões atuais e os desafios futuros na modelagem de processos de negócio na visão de três grupos-chave de *stakeholders* (acadêmicos, profissionais e vendedores das ferramentas).

A modelagem colaborativa dos processos é um desafio emergente para a comunidade de modelagem de processos (Indulska *et al*., 2009). A modelagem colaborativa dos processos de negócio descreve o conjunto de esforços de uma equipe de pessoas para criar um modelo de processo de negócio. Estes modeladores partilham o interesse comum de criar um modelo de processo de negócio e contribuem individualmente para o resultado final trabalhando em conjunto, como uma equipe (Decker & Weske, 2009).

Algumas linguagens de processo de negócio, como WS-BPEL (Andrews *et al*. 2003) e Notação de Modelagem de Processos de Negócio (BPMN) (OMG, BPMI 2006), têm sido

estendidas para suportar a modelagem colaborativa dos processos de negócio. Um ambiente tridimensional (3D) para a modelagem colaborativa do processo usando a tecnologia do mundo virtual foi sugerida por Brown *et al*. (2011).

2.2.1.2 Avaliação, Comparação e Seleção da Linguagem de Modelagem

Muitos métodos de modelagem de processos de negócio têm sido propostos ao longo dos anos e a avaliação e escolha de uma linguagem adequada para a modelagem é um assunto amplamente discutido na literatura.

Luo & Tung (1999), por exemplo, projetaram um *framework* para avaliar as linguagens de modelagem e selecionar uma dentre todas as avaliadas. De acordo com o *framework*, a linguagem escolhida será a que possuir o maior número de características exigidas, estabelecidas a partir dos objetivos de modelagem. No entanto, nenhuma técnica de tomada de decisão é estabelecida. No exemplo descrito no artigo, a seleção da linguagem foi realizada simplesmente por meio da comparação da tabela da importância das características requeridas com a tabela das características apresentadas por cada uma das linguagens avaliadas.

Krogstie & Arnesen (2004) utilizaram o *Quality Framework* para a avaliação de cinco linguagens de modelagem. Com base nesta avaliação, eles selecionaram uma linguagem de modelagem para ser usada por uma empresa de petróleo. O processo de seleção é dado por meio da soma das pontuações recebidas por cada linguagem. A linguagem com a maior soma é considerada a mais adequada para a modelagem. Similarmente, Nysetvold & Krogstie (2005) aplicaram o *Quality Framework* em uma companhia de seguros e comparam três linguagens de modelagem.

Com base no fato de que em um processo de seleção é essencial conhecer e compreender os pontos fortes e fracos de cada alternativa e realizar a comparação entre elas, muitos pesquisadores têm fornecido apenas a avaliação e a comparação das linguagens de modelagem com o objetivo de ajudar na seleção de uma.

Estes incluem: Söderström *et al*. (2002) que desenvolveram um *framework* para auxiliar a comparação das linguagens de modelagem de modo a tornar esta tarefa mais fácil. Segundo os autores, a matriz de comparação resultante do *framework* ajuda na seleção de uma linguagem de modelagem uma vez que dá uma visão compreensiva das linguagens de modelagem e aponta diferenças entre elas. A fim de demonstrar o *framework*, três linguagens de modelagem foram comparadas.

Depois de escolher uma linguagem de modelagem sem realizar nenhum estudo detalhado, Glassey (2008) decidiu comparar as três linguagens de modelagem que foram

previamente sugeridas para a modelagem de processos. Seu objetivo com essa pesquisa foi o de fornecer um *framework* para apoiar a análise detalhada das linguagens antes da tomada de decisão.

Recker *et al*. (2009) consolidaram em uma tabela uma visão compreensiva das capacidades representacionais de sete linguagens de modelagem e sugeriram que esta tabela pode ser usada para apoiar a seleção de uma linguagem de modelagem.

No contexto da ciência da informação e da computação, Su & Ilebrekke (2002) utilizaram o *Semiotic Quality Framework* para avaliar e comparar as linguagens e as ferramentas de ontologias a fim de ajudar na seleção de uma linguagem e uma ferramenta para a construção de ontologias de um domínio específico.

Aguilar-Saven (2004) propôs a classificação das linguagens de modelagem de processos de acordo com a sua finalidade (aprendizagem, apoio ao design, apoio à execução do processo, suporte de TI) com o objetivo de ajudar os profissionais e acadêmicos a escolher a linguagem mais apropriada. Giaglis (2001) desenvolveu uma taxonomia para auxiliar os usuários a avaliar e a escolher uma técnica de modelagem de acordo com os requisitos de um projeto.

2.2.1.3 BPM Colaborativo

Nos últimos anos tem-se observado a tendência da globalização dos negócios que exige a colaboração entre as organizações. Dessa maneira, os processos de negócio de diferentes organizações precisam ser integrados de forma transparente para se adaptarem as novas condições de negócio afim das organizações se manterem competitivas no mercado global (Bouchbout *et al*., 2012).

O BPM colaborativo descreve iniciativas que envolvem atores tanto de dentro quanto de fora de uma organização. A atividade de gerenciar a colaboração em BPM torna-se cada vez mais importante, uma vez que a orientação interna e externa tem sido considerada fatores de sucesso para projetos de BPM (Niehaves & Plattfaut, 2011).

Niehaves & Plattfaut (2011), reconhecendo a importância do BPM colaborativo para a melhoria do desempenho da organização, explorou o conceito de colaboração na Gestão de Processos de Negócio para um melhor entendimento do BPM colaborativo e identificou cinco diferentes áreas potenciais para serem exploradas em pesquisas futuras na área de colaboração em BPM. Estas áreas estão relacionadas com: 1) certificação e auditoria; 2) simulação; 3) colaboração utilizando acordos não contratuais; 4) BPM colaborativo e legislação; 5) aprofundar o entendimento teórico em BPM colaborativo.

Desde o final de 1970, padrões que facilitam a troca de informações em colaborações B2B têm sido desenvolvidos (Ko *et al*., 2009). Exemplos mais comuns desses padrões B2B incluem: *Electronic Data Interchange* (EDI), *Electronic Business using the eXtensible Markup Language* (ebXML), and RosettaNet (Ko *et al*., 2009; Bouchbout *et al.*, 2012). Entretanto, tais padrões de troca de informação B2B, essencialmente padronizam a troca de informações e não atendem às reais necessidades da colaboração de processo de negócio que é dinâmica, ou seja, ainda são incapazes de formular ou atualizar dinamicamente os processos de negócio colaborativos de acordo com os objetivos comerciais em tempo real (Ko *et al*., 2009).

Liu *et al*. (2009) examinaram os aspectos relacionados com o desenvolvimento do B2B e do processo de negócio colaborativo fornecendo uma visão geral das questões associadas ao gerenciamento de processos de negócio colaborativos e discutiu o relacionamento entre os processos de negócio colaborativos e recentes tecnologias (*Service-oriented architecture* - SOA e *Radio frequency identification* - RFID).

Um *framework* para especificar um processo de negócio colaborativo usando uma metodologia *top-down* baseado na abordagem MDA (*Model Driven Architecture)* e na técnica de metamodelagem foi apresentado por Bouchbout *et al*. (2012).

Comércio colaborativo (*C-Commerce*) é um conjunto de tecnologias e práticas de negócio que permite às empresas construir relações mais fortes com os seus parceiros comerciais por meio da integração dos seus processos e dos seus fluxos de trabalho (Chen *et al*., 2007). A Gestão de Processos de Negócio (BPM) é um elemento chave no *C-Commerce* uma vez que contribui para a coordenação de processos complexos. Neste contexto, Chen *et al*. (2007) discutiram a importância da Gestão de Processos de Negócio em *C-Commerce* e propuseram uma arquitetura de *Web services* habilitando o BPM para o *C-Commerce*. Além disso, explicaram como os W*eb services* podem melhorar a integração dos processos.

2.2.1.4 Governança de BPM

A Governança de BPM abrange tipicamente os mesmos aspectos que a mais tradicional governança de TI ou corporativa abrange, mas foca em processos (Doebeli *et al*., 2011). Ela orienta e direciona a gestão de processos promovendo o alinhamento da gestão de processos com o negócio (Rosemann & Bruin, 2005).

Segundo Bruin (2009), a governança de BPM estabelece a responsabilização, a tomada de decisão e os processos de recompensa de forma transparente para guiar as ações. Isto inclui a definição clara e consistente dos processos de decisão de BPM, a definição dos papéis e

responsabilidades, o estabelecimento de métricas de processos relacionadas com o objetivo estratégico da organização e a definição de padrões e controle de gerenciamento de processos.

Spanyi (2010) analisou as práticas de gestão da governança de BPM que permitem alcançar a execução sustentável, consistente e sem falhas do BPM.

O estudo realizado por Rosemann & Bruin (2005) identificou a governança como um dos principais fatores que precisa estar presente para a organização incorporar de forma eficaz o BPM.

Apesar da pesquisa identificando a importância da governabilidade, tem havido pouco progresso sobre como a governança de BPM pode ser efetivamente implantada em uma organização (Doebeli *et al*., 2011). Assim, não são muitos os artigos que tratam desse tema na literatura, mas entre eles se destaca Doebeli *et al*. (2011) que propuseram um modelo de governança de BPM que define a tomada de decisão no BPM, juntamente com os papéis e responsabilidades em uma empresa estatal na Austrália. O objetivo do modelo é o de fornecer os elementos que devem ser considerados por uma organização ao estabelecer um modelo de governança de BPM.

Korhonen (2007) e Khusidman (2010) também propuseram um *framework* para a governança de BPM. O primeiro estabeleceu um *framework* baseado em testes empíricos e em sistemas genéricos de governança estudados academicamente e o último definiu um *framework* de governança de BPM que pode ser usado como uma fonte de referência e diretrizes para a definição e institucionalização da governança de BPM na organização.

Um estudo empírico qualitativo que investigou quais elementos de governança de BPM são adotados por equipes que conduzem as iniciativas de BPM em organizações públicas foi conduzido por Santana *et al*. (2011).

Greenberg *et al*. (2008) em seu trabalho integraram os sistemas de informação e as literaturas de governança interfirmas para desenvolver um *framework* que trata o papel da confiança em questões de governança interfirmas que surgem com a terceirização de um processo de negócio (BPO).

2.2.1.5 Gestão da Maturidade em BPM

Dentre as várias abordagens que apoiam a gestão de processos de negócio, os modelos de maturidade vêm recebendo uma atenção crescente nos últimos anos (BPM&O, 2011 apud Röglinger *et al*., 2012). Os modelos de maturidade são uma abordagem para a melhoria dos processos de uma empresa e das capacidades do BPM (Röglinger *et al*., 2012).

Um modelo de maturidade consiste em uma sequência de níveis (estágios) de maturidade para as organizações. Ele representa um caminho lógico ou desejado de evolução a partir de um estado inicial a ser seguido até o alcance da maturidade (Becker *et al*., 2009).Um modelo de maturidade pode ser utilizado para avaliar e compreender a situação atual da organização (*as-is*), identificar oportunidades de melhoria e gerenciar o sucesso das ações tomadas (Becker *et al*., 2009).

Uma vez que o caminho para a excelência do processo é desafiador, vários autores têm proposto um modelo de maturidade de processo de negócio (BPMM) a fim de mensurar a maturidade do BPM (Rosemann & Bruin (2005); Van Looy *et al*., 2011). Rosemann & Bruin (2005), por exemplo, propuseram um modelo de maturidade de BPM que fornece um *framework* para a avaliação detalhada das capacidades do BPM e das realizações já feitas dentro da organização.

Harmon (2004) desenvolveu um modelo de maturidade de BPM baseado no *Capability Maturity Model* (CMM) que é um modelo de maturidade para o desenvolvimento e manutenção de software.

Um modelo de maturidade de processos de negócio (BPMM) para medir e melhorar a competência em relação aos processos de negócio também foi tema de pesquisa de Lee *et al*. (2007). O modelo proposto por estes autores compreende níveis de maturidade que estão associados com a área de influência do processo, a capacidade de monitorar e controlar os processos e a melhoria do processo. Além disso, os níveis de maturidade foram alinhados às áreas-chave de processo (*Key Process Areas* – KPAs) do CMM (*Capability Maturity Model*) e do CMMI (*Capability Maturity Model Integration*). CMMI é uma evolução do CMM e procura estabelecer um modelo único para o processo de melhoria corporativo com ênfase tanto em engenharia de sistemas quanto em engenharia de software.

Já uma análise de dez modelos de maturidade de BPM foi realizada por Röglinger *et al*. (2012). Eles também discutiram a aplicabilidade e a utilidade desses modelos.

McCormack *et al*. (2009) identificaram os principais componentes de BPM que estabilizam dentro da organização e que leva ao próximo nível de maturidade. Os resultados analisados são baseados em uma pesquisa realizada em quatro locais diferentes (USA, Europa, China e Brasil).

Segundo Van Looy *et al*. (2011), falta na área de BPM uma definição compreensiva do BPMM (modelos de maturidade do BPM), da maturidade e da capacidade. Além disso, eles afirmam que as diferenças entre maturidade e capacidade são frequentemente negligenciadas.

Neste contexto, por meio de uma revisão da literatura eles conduziram um estudo visando discutir questões associadas o escopo, a terminologia e o design do BPMM.

Embora a gestão da maturidade em BPM seja uma área relevante e em crescente discussão não foi encontrado nenhum estudo na literatura que abordasse esse tema sob o enfoque da metodologia multicritério de apoio a decisão. Portanto, este constitui um campo de pesquisa ainda a ser explorado.

2.2.1.6 Influência da Cultura na Gestão de Processos de Negócio

Embora muitas vezes a cultura seja considerada um elemento chave na prática da Gestão de Processos de Negócio, ainda é um tema pouco pesquisado em BPM (vom Brocke & Sinnl, 2011).

A maioria das referências sobre cultura em BPM a relacionam com a cultura organizacional, entretanto alguns estudos reconhecem a cultura nacional e a cultura de grupo de trabalho como fatores que influenciam o BPM (Jayaganesh & Shanks, 2009).

vom Brocke & Sinnl (2011) baseado numa revisão da literatura desenvolveram um *framework* sobre o papel da cultura no BPM. O *framework* fornece uma orientação para a prática gerencial uma vez que ajuda a prever possíveis áreas de conflitos com base nos aspectos culturais.

Jayaganesh & Shanks (2009), por meio de dois estudos de caso, examinaram o modo como a cultura nacional influencia a estratégia e a governança de BPM em cada uma das empresas analisadas e demonstraram a necessidade de uma estratégia formal de BPM bem como de práticas de governança para diminuir quaisquer influências negativas da cultura nacional.

Bandara *et al*. (2009) conduziram um revisão da literatura e sugeriram que a cultura é um dos nove fatores de sucesso para o BPM. Eles detalharam algumas características relacionadas a cultura organizacional que quando presentes na gestão fornecem condições adequadas para o sucesso de um projeto de BPM.

Rosemann & Bruin (2005) também enfatizaram a cultura como um fator crítico de sucesso para as inciativas de BPM, identificando como barreiras culturais a resistência à mudança e a falta de compreensão dos processos.

2.2.2 Métodos Multicritério em BPM

Na literatura é possível encontrar alguns trabalhos que utilizam a abordagem de decisão multicritério para auxiliar a tomada de decisão na Gestão de Processos de Negócio. Por exemplo, Mansar *et al*. (2009) desenvolveram uma ferramenta de decisão que se baseia no método

multicritério AHP (*Analytic Hierarchy Process*) que ordena as melhores práticas para o *Redesign* do Processo de Negócio (BPR) com o objetivo de aumentar a eficiência do *redesign*. A ferramenta fornece uma lista das melhores práticas de acordo com as preferências da equipe de *redesign*.

Yen (2009), por sua vez, propôs uma abordagem baseada no método AHP que integra os diversos resultados apresentados por um processo de negócio e a preferência de todos os *stakeholders* envolvidos em uma única medida global do processo.

Um modelo para a seleção de BPMS (*Business Process Management* Software) baseado no método AHP foi proposto por Stemberger *et al*. (2010). Bernroider & Bernroider (2008) analisaram as ferramentas de *Business Process Management open source* denominadas jBpm, uEngine, YAWL, Runa e AnaXagora em relação a ARIS com o auxílio do método AHP. Primeiramente eles definiram uma lista de critérios elegíveis para a avaliação destas ferramentas e depois forneceram uma análise comparativa entre elas.

O método AHP também foi utilizado por Felix & Bing (2001) para apoiar a seleção do melhor design de modelo de Sistema de Manufatura Flexível (FMS) viável para a organização, levando em consideração os conceitos da Reengenharia do Processo de Negócio (BPR).

Shimizu & Sahara (2000) elaboraram uma ferramenta que utiliza o método AHP e a técnica IDEF0 para apoiar a tomada de decisão racional na Gestão de Processos de Negócio. Por meio da sua utilização, é possível avaliar e escolher entre as opções que foram levantadas no BPM, aquela que de fato melhorará o processo.

Um modelo para seleção de um processo para o BPM baseado no método AHP, *Fuzzy* AHP e BSC (Balanced Scorecard) foi desenvolvido por Cho & Lee (2011). Este modelo utiliza o BSC para definir os critérios de avaliação dos processos e o método AHP e *Fuzzy* AHP (combinação da teoria dos conjuntos *fuzzy* com o método multicritério AHP) para selecionar o processo.

Para a identificação e seleção dos processos chaves, foi proposto por Xu & Zhou (2010) um modelo multicritério que combina a metodologia AHP com o algoritmo TOPSIS.

Business Process Outsourcing (BPO) é a terceirização de um processo de negócio de uma organização que normalmente não faz parte do negócio fim da empresa. Neste contexto, Yang *et al*. (2007), com o intuito de auxiliar os gestores na tomada de decisão e a obter o máximo de benefícios do BPO, identificaram os fatores que afetam a decisão em BPO e estruturaram um modelo de decisão baseado no método AHP.

2.3 Síntese do Estado da Arte e Posicionamento deste Trabalho

Os processos de negócios têm sido discutidos por mais de duas décadas e até este momento podem ser descritos como tendo dois grandes períodos distintos (Niehaves & Plattfaut, 2011; Vergidis *et al.*, 2008; Smith & Fingar, 2003). A partir da década de 90, iniciou-se a primeira geração da gestão baseada em processos, conhecida como Reengenharia de Processos de Negócios (BPR - *Business Process Reengineering*). Essa abordagem abandona os princípios de melhoria contínua do modelo japonês "Controle da Qualidade Total" (Total Quality Control) até então dominante e defende a otimização por meio de mudanças radicais nos processos a fim de obter grandes melhorias de desempenho (Smith & Fingar, 2003; Vergidis *et al.*, 2008). Os autores defensores do BPR promoveram o conceito da empresa por processo, embora não fosse claro como as estruturas do processo deveriam substituir as hierarquias funcionais. Na sua forma mais radical, a implementação do BPR envolvia eliminar as funções tradicionais e adotar uma estrutura exclusivamente baseada em processo (Lee & Dale, 1998).

Ao final dos anos 90, as organizações começaram a viver a frustração da reengenharia, pois o BPR falhou em prover em agilidade e apoio às mudanças, oferecendo soluções tecnológicas inadequadas e inflexíveis. Então, a partir do ano 2000 nasce o sucessor da reengenharia, a Gestão de Processos de Negócios (BPM) centrada na medição operacional e na melhoria contínua dos processos (Smith & Fingar, 2003).

Desde então o BPM ganhou grande popularidade entre as organizações. Campos *et al*. (2011) investigaram as patentes relacionadas com o BPM publicadas entre 2005 e 2010. O grande número de patentes encontradas demonstra que a Gestão de Processos de Negócio é uma área de grande interesse e que as organizações consideram essa forma de gestão como uma boa maneira para gerenciar os seus processos. Segundo Vergidis *et al*. (2008), não se sabem exatamente os benefícios substanciais que podem justificar a campanha publicitária em torno da Gestão de Processos de Negócio, mas existe uma variedade de diferentes percepções em como uma organização pode se beneficiar adotando uma perspectiva de processo de negócio. Além disso, o BPM proporciona a incorporação da abordagem por processos com o apoio dos recursos de Tecnologia da Informação (Bandara *et al*., 2009).

Atualmente a gestão da colaboração, networks e governança dentro do BPM é um tema sob crescente investigação uma vez que o número de artigos publicados por ano é crescente (Niehaves & Plattfaut, 2011). Segundo Niehaves & Plattfaut (2011) estes assuntos podem ser considerados um dos principais desafios para a pesquisa e a prática do BPM.

Além disso, estes assuntos estão atrelados com a maturidade em BPM, outro assunto em grande discussão no BPM, pois o gerenciamento da colaboração, networks e governança são partes integrantes da maturação de uma organização em suas atividades de BPM (Rosemann & Bruin, 2005; Niehaves & Plattfaut, 2011).

De acordo com a pesquisa sobre maturidade em BPM, a colaboração efetiva com os *stakeholders* externos de uma organização (como clientes, fornecedores ou distribuidores) em seus projetos de BPM é uma característica integrante de organizações com maturidade elevada do BPM (Niehaves & Plattfaut, 2011).

Para avaliar as linguagens de modelagem de processo, as três principais estruturas propostas na literatura são (La Rosa *et al*., 2011): *Workflow Patterns Framework* (van der Aalst *et al*., 2003), o *Bunge-Wand-Weber Framework* (Wand & Weber, 1993) e o *Semiotic Quality Framework* (Aagesen & Krogstie, 2010).

Neste trabalho o *Semiotic Quality Framework* é sugerido para realizar a avaliação das linguagens de modelagem, pois ele, ao contrário dessas outras duas principais estruturas utilizadas para avaliação das linguagens, considera as características mais fundamentais relacionadas com a qualidade das linguagens, tais como as qualidades física, empírica, sintática, semântica, pragmática, social e organizacional (Krogstie *et al*., 2006).

Na pesquisa bibliográfica não foram encontrados muitos trabalhos científicos relacionados com a aplicação de métodos multicritério à Gestão de Processos de Negócio (seção 2.2.2). Como a decisão multicritério mostra-se uma poderosa aliada no suporte à decisão nas mais diversas áreas de conhecimento, esse trabalho acrescenta à literatura novos modelos que podem ser usados pelos gestores (decisores) na tomada de decisão na Gestão de Processos de Negócio.

Por meio da revisão da literatura também foi possível observar que entre os vários métodos multicritério propostos, o AHP (*Analytic Hierarchy Process*) proposto por Saaty (1980) é o mais utilizado, uma vez que ele foi aplicado em todos os artigos encontrados na literatura relacionados com o BPM.

Segundo Subramanian & Ramanathan (2012), a elevada utilização do AHP está relacionada com a sua capacidade de considerar opiniões subjetivas dos decisores. Esta característica o tornou especialmente atraente para a combinação dele com outras metodologias que lidam com dados objetivos.

No entanto, como afirmam Belton & Gear (1983), Dyer (1990), Bana e Costa & Vansnick (2001), Gomes *et al*. (2004), Gomes *et al*. (2009), , deve-se observar que este método tem vários problemas básicos em seus fundamentos que devem ser considerados, são eles: problema de

escala, problema de interpretação dos pesos e problema de inversão de ordem das alternativas. Em outras palavras, o método AHP embora seja um método aditivo utiliza uma escala de razão conflitando com o princípio da função aditiva que se adapta melhor a uma escala intervalar; além disso, ele considera o peso do critério como o grau de importância, não considerando assim a extensão da escala (range) do critério e por fim a posição relativa das alternativas obtida segundo a função aditiva pode ser alterada caso uma alternativa seja adicionada ou removida da análise (Belton & Gear, 1983).

Além disso, o método AHP é um método compensatório. O que torna este trabalho diferenciado para a literatura, uma vez que propõe a utilização de métodos multicritérios não compensatórios de classificação da família do ELECTRE e do PROMETHEE na Gestão de Processos de Negócio.

Decidiu-se por um método não compensatório devido ao fato deste tipo de método favorecer ações mais balanceadas, ou seja, aquelas que possuem um melhor desempenho médio. O que já não aconteceria caso o método fosse compensatório, no qual é possível contrabalancear as desvantagens de um critério com as vantagens de outro, favorecendo alternativas não balanceadas, aquelas cujo desempenho é excelente sob algum aspecto, mas ruim em outros.

Considerando que em certos problemas os critérios só podem ser expressos em termos qualitativos, usando, por exemplo, variáveis linguísticas e/ou que os critérios quantitativos carregam muitas vezes imprecisões, a análise multicritério pode ser estendida usando a teoria dos conjuntos difusos. A revisão bibliográfica revela que vários artigos propõem a integração da lógica *fuzzy* com métodos de apoio à decisão multicritério. Czyzak & Slowinski (1996), por exemplo, propuseram a integração da lógica *fuzzy* com o método ELECTRE III e Blanco *et al*. (2003), com os métodos ELECTRE I e II. Em Van Laarhoven & Pedrycz (1983) e em Ruoning & Xiaoyan (1992) uma versão *fuzzy* do AHP foi desenvolvida. Uma extensão do TOPSIS para decisão em grupo em ambiente *fuzzy* foi sugerida por Chen (2000).

De acordo com Geldermann *et al*. (2000) o método PROMETHEE também pode assimilar a imprecisão nos desempenhos das alternativas na tabela de avaliação. As vantagens dos métodos da família PROMETHEE estão relacionadas com a flexibilidade e simplicidade oferecida ao decisor. Neste contexto, a integração da teoria dos conjuntos *fuzzy* e o método PROMETHEE foi primeiramente proposta por Le Téno & Mareschal (1998). Depois, Goumas & Lygerou (2000) propuseram a integração da lógica *fuzzy* com o método PROMETHEE II considerando as avaliações das alternativas perante os critérios sendo números *fuzzy*. Goldermann *et al*. (2000), por sua vez, fizeram melhorias e além de considerarem as avaliações

das alternativas números *fuzzy*, consideraram também os pesos dos critérios como sendo números *fuzzy*.

No entanto, embora atualmente os problemas de classificação estejam entre os assuntos de pesquisa mais ativos na área de Apoio Multicritério à Decisão (Tervonen *et al*., 2009; Zopounidis & Doumpos, 2002) não há na literatura nenhum método de classificação baseado no PROMETHEE que integre a teoria dos conjuntos *fuzzy*. Desta maneira, o método que foi desenvolvido neste trabalho para classificação dos processos de negócio, que propõe a integração dos números *fuzzy* com o método de classificação baseado no PROMETHEE, traz nova contribuição a área de Apoio Multicritério à Decisão e do BPM.

Dentre os métodos de classificação baseado no PROMETHEE existentes na literatura (PROMETHEE TRI, PROMSORT e FlowSort), o método FlowSort foi o escolhido neste estudo para ser integrado a teoria dos conjuntos *fuzzy* devido as suas características, tais como: a alocação de uma alternativa depende da comparação com todos os índices de referência simultaneamente e este método sempre irá classificar as alternativas de forma coerente com os resultados do PROMETHEE II, assim nunca irá alocar uma alternativa *b* a uma categoria melhor do que a alternativa *a* está alocada, quando esta (alternativa *a*) é preferida a *b* de acordo com os resultados do PROMETHEE II. O método resultante dessa integração foi denominado *Fuzzy* FlowSort (F-FlowSort).

Este trabalho propõe novos modelos para a tomada de decisão na de Gestão de Processos de Negócio. Ao contrário de todos os modelos de decisão encontrados na literatura na área do BPM, sugere a utilização de métodos multicritérios não compensatórios de classificação da família do ELECTRE e do PROMETHEE. Além disso, propõe a integração dos números *fuzzy* com o método de classificação FlowSort para classificação dos processos de negócio quando as avaliações são qualitativas e/ou imprecisas.

3 MODELO PROPOSTO

Neste capítulo são apresentados os modelos desenvolvidos para diferentes problemas de classificação envolvendo BPM.

3.1 Modelo para Classificação dos Processos de Negócio com Base no Método ELECTRE TRI-B

O modelo que permite o gerente planejar e gerenciar suas atividades semanais associadas a cada processo de negócio de forma mais eficiente foi denominado de Planejamento Gerencial (PlanG). O PlanG é baseado nos processos pelos quais o gerente é responsável, no desempenho apresentado por cada um desses processos e nos procedimentos de Análise de Decisão Multicritério.

Especificamente, este modelo ajuda o gerente a analisar os dados e as informações de desempenho apresentadas pelos processos de negócio e a classificá-los em categorias de procedimentos gerenciais para fins de planejamento em curto prazo. O objetivo do modelo é auxiliar o gerente a encontrar a melhor estratégia para o gerenciamento de cada processo uma vez que ele não possui tempo suficiente para dedicar-se igualmente a todos os processos de negócio e processos diferentes exigem diferentes níveis de atenção. Desta maneira, o gerente poderá organizar melhor o seu tempo a fim de dedicar-se aos processos que requerem os mais altos níveis de atenção.

Como o modelo "Planejamento Gerencial" pode ser ajustado e customizado para atender os requisitos de qualquer negócio e às necessidades específicas de cada gerente, ele pode ser usado em diferentes tipos de organizações, tais como agências governamentais, hospitais, fábricas.

O PlanG pode ser usado da seguinte forma (Figura 3.1): No início da semana de trabalho, o modelo "Planejamento Gerencial" é executado pelo gerente. Ele gera a classificação dos processos de negócio sob a responsabilidade do gerente em categorias de procedimentos gerenciais. Tomando conhecimento da classificação dos processos de negócio, o gerente planeja as suas atividades durante a semana a fim de gerenciar suas atividades associadas a cada processo de negócio de forma eficiente. O modelo deve ser executado novamente na semana seguinte.

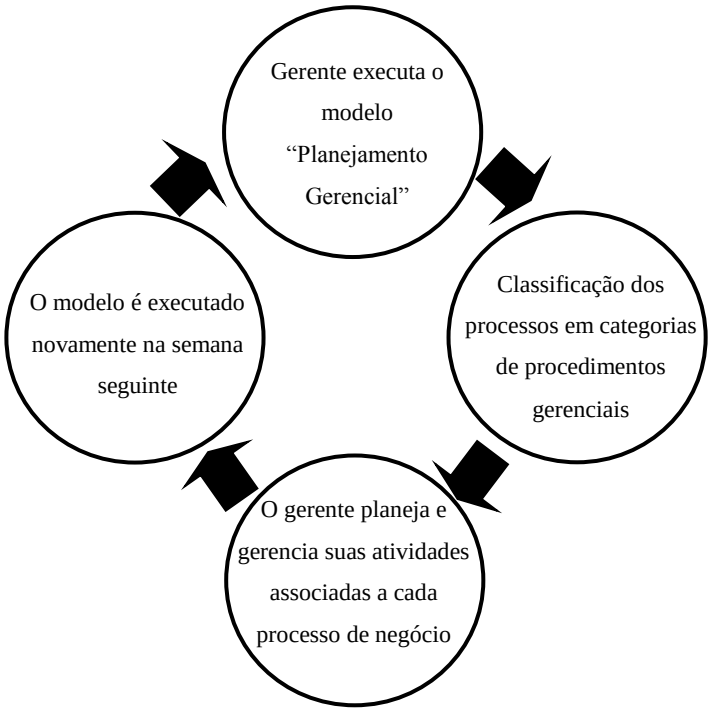


Figura 3.1. Utilização do modelo "Planejamento Gerencial"

Os processos podem ser classificados em n categorias (com $n \geq 2$) a depender do perfil e estratégia de gestão do gerente. Para diferentes categorias, diferentes práticas de gestão devem ser utilizadas. Os métodos multicritério de análise de decisão podem ser usados para classificar os processos de negócio em categorias de procedimentos gerenciais, em particular, o algoritmo pessimista do método ELECTRE TRI-B.

O método multicritério de classificação ELECTRE TRI-B é considerado apropriado para esse tipo de problema, uma vez que ele é um método de sobreclassificação e desta maneira situações de incomparabilidade podem ser consideradas no processo de avaliação. Situações de incomparabilidade podem surgir quando uma alternativa apresenta um excelente desempenho em alguns critérios, mas ruim em outros (Zopounidis & Doumpos, 2002). A relação de incomparabilidade traz informações relevantes para o processo de tomada de decisão, uma vez que o método ELECTRE TRI-B vai indicar, por meio da presença de incomparabilidade, os processos de negócio que possui esse tipo de característica na sua avaliação. Assim, esses processos de negócio podem ser analisados com cuidado especial (Hurson & Ricci, 1998).

Além disso, o ELECTRE TRI-B é um método não-compensatório. Sendo assim, os pesos dos critérios não tem o significado de taxas de substituição e, desta maneira, a melhoria do desempenho de uma alternativa em um critério não produz melhoria no desempenho global e, por conseguinte, a alternativa vai permanecer na categoria alocada inicialmente (Bouyssou & Marchant, 2007). Como resultado, o(s) processo(s) de negócio(s) atribuído(s) a melhor categoria

será(ão) aquele(s) que têm o melhor desempenho médio em todos os critérios analisados simultaneamente.

Este método também é capaz de analisar situações de decisão incorporando critérios quantitativos e qualitativos e tem a capacidade de lidar com escalas heterogêneas a fim de produzir a classificação dos processos de negócio (Figueira *et al*., 2010). Por fim, como a alocação de um processo de negócio em uma categoria será feita por comparação do seu desempenho em relação a padrões pré-estabelecidos de desempenho, o método ELECTRE TRI-B é utilizado neste modelo e não o ELECTRE TRI-C cujo sistema de alocação é dado por meio da comparação da alternativa com ações de referências.

O algoritmo pessimista do método ELECTRE TRI-B foi escolhido devido ao fato da classificação dos processos de negócio em categorias de procedimentos gerenciais para fins de planejamento das atividades semanais associadas a cada processo de negócio requerer cautela, uma vez que o gerente vai dedicar o seu tempo somente aos processos que exigirem os mais elevados níveis de atenção e o tempo é um recurso limitado para ele (Siskos *et al*., 2007). Deste modo, por meio do algoritmo pessimista, um processo de negócio será somente atribuído a uma categoria quando a sua avaliação em cada critério for pelo menos tão boa quanto o índice de referência inferior que foi estabelecido, no critério, para definir esta categoria (Condor *et al*., 2011).

Para classificação dos processos em categorias de procedimentos gerenciais o gerente pode adotar, por exemplo, três categorias já que esta classificação é simples e facilita a gestão dos processos. Assim, os processos podem ser classificados em “Elevada Atenção”, “Atenção”, “Baixa Atenção”. Os processos que apresentam graves problemas, aqueles cujo desempenho é baixo e, portanto, muito inferior ao planejado, são alocados na categoria “Elevada Atenção”; os processos cujo desempenho está abaixo do previsto são classificados como “Atenção”; e os processos que estão trabalhando conforme planejado ou apresentam somente problemas menores como “Baixa Atenção”.

De acordo com essa classificação, o gerente deve primeiramente se concentrar nos processos que foram alocados à categoria “Elevada Atenção”. Assim, o gerente deve intervir diretamente nos processos atribuídos a esta categoria, monitorá-los de perto e tomar ações corretivas imediatamente (Figura 3.2). Reuniões diárias com o supervisor imediato do processo a fim de exigir uma solução rápida e eficaz para o problema ou até mesmo o próprio gerente resolver o problema são exemplos de intervenções diretas. No entanto, o tipo de intervenção a

ser aplicada para cada categoria depende das práticas diárias dos gerentes e das suas habilidades em gestão e liderança e também da política da organização.

O gerente também precisa dar atenção aos processos que se encontram na categoria "Atenção", embora não tanto quanto os processos que estão na categoria "Elevada Atenção" recebem e deve fazer intervenções moderadas em tais processos. Um exemplo deste tipo de intervenção é, por exemplo, a comunicação com o supervisor imediato do processo, por telefone, para pedir providências e soluções para o problema.

Processos alocados à categoria "Baixa Atenção" não precisam receber a atenção do gerente, uma vez que eles estão trabalhando conforme o planejado ou apresentam pequenos problemas. Então, para esses processos o gerente deve fazer acompanhamento dos indicadores, mas intervenções não são necessárias.

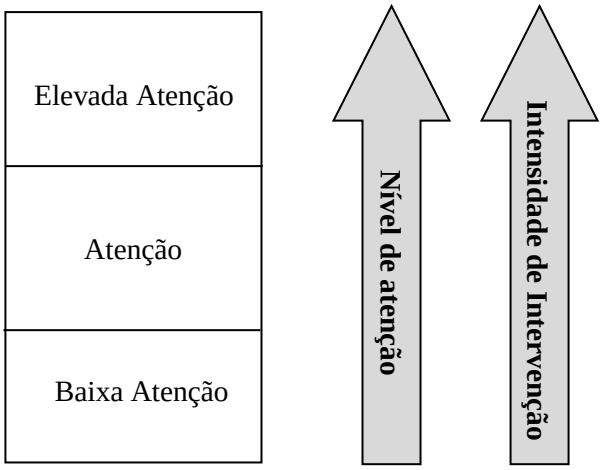


Figura 3.2. Classificação dos processos de negócio em categorias

A fim de ajustar e customizar o modelo "Planejamento Gerencial" (PlanG) o gerente deve realizar as seguintes tarefas (Figura 3.3):

A) Identificar todos os processos dentro da organização pelos quais ele é responsável.

B) Determinar os critérios a serem utilizados na avaliação dos processos de negócio. Esses critérios devem refletir os resultados dos processos, e, portanto, o desempenho dos processos. Dessa maneira, os critérios devem ser objetivos o suficiente para que sejam capazes de permitir a avaliação de desempenho dos processos. A definição dos critérios depende das metas da organização, da estratégia de gestão do gerente e da compreensão que ele possui sobre os processos de negócio pelos quais ele é responsável.

C) Atribuir peso aos critérios a partir do seu julgamento de valor. O peso quantifica a importância relativa entre os critérios. Neste caso especificamente, ele indica o grau de importância de cada tipo de resultado do processo de negócio.

D) Estabelecer o valor dos índices de referência que delimitam cada categoria. Esses índices servirão de padrão para classificação dos processos em uma das categorias. Eles são definidos de acordo com as estratégias e preferências do gerente.

E) Definir os valores dos limiares de preferência (p) e indiferença (q) para cada critério, de modo a permitir que a imprecisão ou incerteza nas avaliações dos processos de negócio sejam levadas em consideração.

F) Definir o limiar de veto (v) para cada critério. Esse parâmetro está relacionado com a ideia de veto em relação a afirmação de que a alternativa sobreclassifica um índice de referência.

G) Estabelecer o nível de corte (λ) de acordo com o seu objetivo e preferências.

Modificações no conjunto de processos e critérios definidos pelo gerente em A e B e alterações no valor dos parâmetros utilizados para classificar os processos de negócio (em C, D, E, F e G) podem ser efetuadas sempre que o gerente considerar necessário. Um analista de decisão pode auxiliar o gerente na execução destas tarefas, uma vez que o analista pode ajudar o decisor a estruturar o problema e a elicitar a sua estrutura de preferência (Roy, 1996).

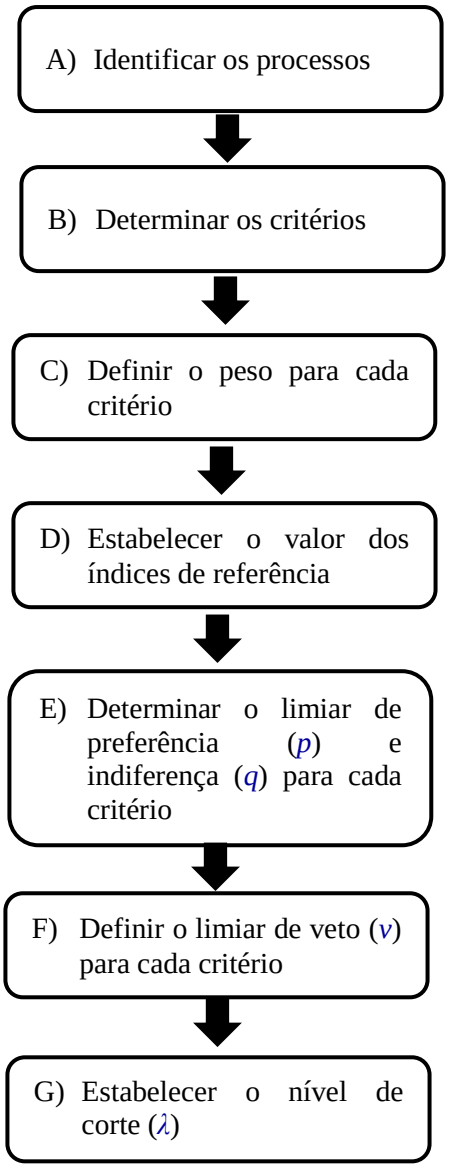


Figura 3.3. Tarefas para customização do modelo "Planejamento Gerencial"

3.1.1 Aplicação do modelo: um exemplo

O modelo é aplicado a um exemplo numérico fictício, porém num contexto realístico. Dessa maneira, os dados utilizados nesta aplicação são baseados em dados reais de uma empresa de embalagens de vidro.

Uma fábrica de embalagens de vidro produz cinco tipos de recipientes de vidro, incluindo embalagens de vidro para a indústria alimentícia e farmacêutica, garrafas para bebidas carbonatadas (como cerveja e refrigerante) e para bebidas destiladas, e artigos de mesa (como taças, copos, pratos, potes e vasos). Cada tipo de recipiente de vidro é independentemente fabricado em uma linha de produção.

Como o gerente desta fábrica de embalagens de vidro é responsável por essas cinco linhas de produção e não possui tempo suficiente para se dedicar igualmente a todas elas, ele precisa gerenciar as suas atividades associadas a cada um desses processos de forma eficiente. Assim, no início da sua semana de trabalho, o gerente executa o modelo "Planejamento Gerencial" (PlanG) que ele havia ajustado com a ajuda de um analista de decisão de acordo com a sequência de tarefas descritas na Seção 3.1:

A) Processos: Para esta aplicação numérica, as cinco linhas de produção (garrafas para bebidas carbonatadas, garrafas para bebidas destiladas, recipientes para alimentos, recipientes farmacêuticos e artigos de mesa) foram consideradas. Assume-se que esses processos são independentes, uma vez que cada linha de produção funciona de forma independente uma das outras, embora recebam o vidro fundido proveniente de um só forno. Se os processos fossem interdependentes, eles deveriam ser combinados em um único processo (uma única alternativa) a ser avaliado pelo modelo. Em situações em que o gerente não possui um conhecimento prévio e claro dos processos pelos quais ele é responsável, uma maneira de realizar essa identificação é por meio do mapeamento de processos. O mapeamento de processos é uma etapa importante na Gestão de Processos de Negócio e consiste em documentar e detalhar o processo atual a fim de buscar um melhor entendimento dos processos de negócio existentes dentro da organização. Atualmente, há muitas ferramentas disponíveis para o mapeamento de processos, como ARIS Express, TIBCO Business Studio e Questetra BPM.

B) Critérios: Para a classificação dos processos de negócio em categorias de procedimentos gerenciais, foram consideradas métricas que permitem a avaliação de desempenho dos processos e a comparação deles. Os indicadores que já existem na empresa que foi referência para o desenvolvimento desta aplicação numérica são considerados suficientes para fazer a avaliação e a priorização das linhas de produção e, portanto, não se considera necessária a criação de novos indicadores. Portanto, os critérios utilizados no modelo "Planejamento Gerencial" são: Rendimento da massa de vidro fundido, Taxa de rejeição em linha, Taxa de perda após retrabalho, Notificações de reclamações de cliente, Taxa de rejeição interna e Taxa de defeitos críticos. A definição de cada um dos critérios é dada a seguir:

• Rendimento da massa de vidro fundido (%) - mede o peso de vidro embalado em relação à quantidade de vidro fundido;

• Taxa de rejeição em linha (%) - quantidade de rejeições efetuadas pela máquina de inspeção automática em relação ao número de produtos analisados;

• Taxa de perda após retrabalho (%) - número de produtos que são descartados após uma inspeção 100 por cento dos produtos;

• Notificações de reclamações de cliente (ppm) - quantidade de reclamações de cliente devido à falta de qualidade de um produto;

• Taxa de rejeição interna (%) - número do total de produtos rejeitados sobre o número total de produtos produzidos;

• Taxa de defeitos críticos (%) - quantidade de produtos que possui um defeito crítico em relação ao número total de produtos produzidos;

C) Peso dos critérios: o peso deve ser estabelecido para cada critério e seu valor deve aumentar de acordo com a importância do critério (Roy, 1996). Dessa maneira, uma escala de cinco pontos (1-5) é usada a fim de indicar a importância de cada critério (o valor 1 representa a menor importância dada ao critério e 5 representa a maior importância atribuída ao critério). Os pesos dos critérios são obtidos a partir do julgamento de valor do gerente. Quando a definição dos pesos é uma tarefa difícil para o gerente, o analista de decisão pode utilizar um dos procedimentos para elicitação dos pesos definidos na literatura (Figueira & Roy, 2002; Mousseau *et al*., 2001; Fernandez *et al*., 2008).

D) Índices de referência: como se pretende classificar as linhas de produção em três categorias (Elevada Atenção, Atenção e Baixa Atenção) dois índices de referência (Ir_1 e Ir_2) são estabelecidos para cada critério, e são apresentados na Tabela 3.1. O valor destes índices de referência representa padrões a serem comparados com os valores de desempenho das linhas e produção, a fim de classificá-las. O índice de referência Ir_1 estabelece o desempenho mínimo que uma linha de produção deve possuir para ser alocada na Categoria "Baixa Atenção" e o índice de referência Ir_2 define o desempenho mínimo que uma linha de produção deve possuir para ser alocada na Categoria "Atenção". Caso contrário, a linha de produção é atribuída à categoria "Elevada Atenção". A definição desses valores, a depender da experiência profissional do gerente, pode não ser uma tarefa difícil.

E, F, G) Com a ajuda do analista, os limiares de preferência, indiferença e de veto e o nível de corte são definidos. Isso pode ser feito por meio de interrogação direta do gerente pelo analista de decisão (Zopounidis & Doumpos, 2002). Além dessa técnica, existem outros procedimentos na literatura MCDA que podem ser usados para ajudar o gerente na definição dos valores destes parâmetros. Para esta aplicação, os limiares de preferência (p) e indiferença (q) são definidos iguais a zero e o limiar de veto não é considerado. O nível de corte (λ) é especificado em 0,70, que atende a recomendação dada por Merad *et al*. (2004), que afirmam

que o valor do nível de corte λ deve ser maior do que o maior peso, a fim de evitar que o critério de maior peso seja o único a definir a categoria de alocação.

A Tabela 3.1 apresenta de forma sucinta os valores definidos pelo gerente para ajuste do modelo conforme descrito anteriormente.

Tabela 3.1. Customização do modelo "Planejamento Gerencial"

		Critérios					
		Rendimento da massa de vidro fundido	Taxa de rejeição em linha	Taxa de perda após retrabalho	Notificações de reclamações de cliente	Taxa de rejeição interna	Taxa de defeitos críticos
	Direção de preferência **CRE-Crescente** **DEC-Decrescente**	**CRE**	**DEC**	**DEC**	**DEC**	**DEC**	**DEC**
	Peso	**5**	**3**	**1**	**2**	**3**	**3**
Linha de Produção	Garrafas para bebidas carbonatadas	93	2	2	1	1	0,4
	Garrafas para bebidas destiladas	92	1,8	2	2	0,7	0,5
	Recipientes para alimentos	95	0,7	1,5	2	1	0,1
	Recipientes farmacêuticos	94	5	3	1	1	0,3
	Artigos de mesa	89	1	1,5	3	0,5	1
	Ir_1	93	1	1,7	1,5	0,3	0,2
	Ir_2	91	2	2,5	2,5	0,8	0,7

O modelo pode então ser construído e executado em uma planilha eletrônica com o auxílio do analista. A classificação dos processos que estão sob a responsabilidade do gerente é então gerada (Figura 3.4).

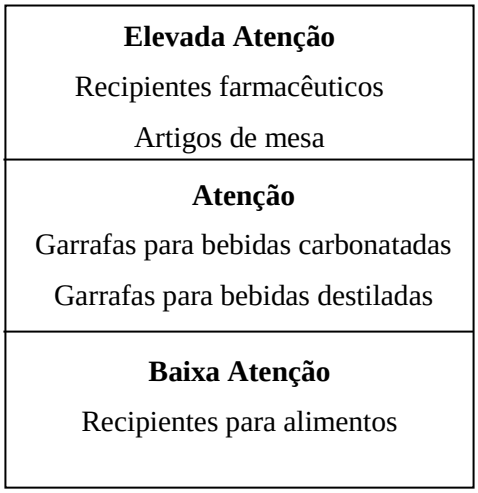


Figura 3.4. Classificação das linhas de produção

Obtido o resultado da classificação, o gerente pode então planejar e gerenciar suas atividades semanais associadas a cada processo de negócio de forma mais eficiente. De acordo com esta classificação, o gerente deve primeiro concentrar os seus esforços sobre as linhas de produção "Recipientes farmacêuticos" e "Artigos de mesa". Neste sentido, ele precisa dedicar mais o seu tempo da semana de trabalho com estas linhas de produção. No entanto, ele também precisa dedicar algum tempo da sua semana de trabalho com as linhas de produção "Garrafas de bebidas carbonatadas" e "Garrafas de bebidas destiladas", uma vez que estas linhas foram classificadas como "Atenção".

3.1.2 Discussão

O modelo se mostra muito útil, especialmente nos dias de hoje, quando o gerente não possui muito tempo para empregar em processamento e organização dos dados. Neste caso, dispor de um modelo que apresenta a informação de uma forma organizada e de fácil utilização, mas, que ao mesmo tempo é capaz de expressar toda a informação necessária no que diz respeito ao desempenho do processo da organização é de grande valor. Outras vantagens oferecidas por este modelo são como se segue. O modelo "Planejamento Gerencial" mostra de forma clara e direta o estado atual de cada processo, permitindo uma gestão eficiente das atividades associadas a cada processo de negócio. O modelo também possibilita que o gerente tome ações corretivas e efetivas de imediato a fim de melhorar os processos, uma vez que o modelo mostra claramente os processos que apresentam um problema grave (aqueles cujo desempenho é muito inferior ao planejado). Assim, o gerente irá empregar o seu tempo com o que realmente é importante. Uma vez que o modelo seja previamente construído e ajustado, por exemplo, em uma planilha eletrônica, o gerente não precisa empregar o seu tempo de trabalho recolhendo dados sobre os

processos e no processamento da informação, ele só precisa executar o modelo, já que um funcionário pode fazer a alimentação do modelo com os dados de desempenho dos processos. Isso retira do gerente a tarefa de empregar esforço e tempo na análise de vários indicadores dos diferentes processos que estão sob sua responsabilidade. Outra vantagem também do "Planejamento Gerencial" é que uma vez que ele foi construído e ajustado, ele pode ser integrado com outros sistemas, sendo possível então que os dados sejam extraídos de qualquer banco de dados existente em tempo real. Além disso, o modelo também é muito flexível, pois o gerente pode alterar as configurações iniciais sempre que ele considerar necessário. Embora seja sugerido que o modelo seja executado uma vez por semana, o gerente pode executá-lo sempre que precisar.

Uma dificuldade apresentada por este modelo está relacionada com a configuração inicial, uma vez que o ajuste não é uma tarefa fácil. Assim, a ajuda de um analista de decisão é sugerida de modo a auxiliar o gerente na definição dos valores requeridos pelo modelo, em particular, na definição dos parâmetros (peso dos critérios, limiares de preferência, indiferença e de veto, nível de corte). Esta fase também pode ser um pouco demorada dependendo do conhecimento profissional do gerente e do seu entendimento a respeito dos seus processos de negócio, uma vez que uma das atividades mais desafiadoras do gerente é conhecer todos os processos que estão sob sua responsabilidade e estabelecer critérios para avaliação de desempenho dos mesmos.

Foi proposto o desenvolvimento de um modelo que seja de fácil utilização pelo gerente, que não tome muito do seu tempo, nem requeira conhecimento detalhado sobre Análise de Decisão Multicritério e método ELECTRE TRI-B e que possa ser realmente utilizado pelo gerente no mundo real. Assim, a fim de obter essas características, o modelo considera apenas o algoritmo pessimista do método ELECTRE TRI-B (a justificativa para a escolha deste algoritmo foi dada na Seção 3.1). Como resultado, alguma informação é perdida, pois caso o modelo também apresentasse o resultado do algoritmo otimista seria possível identificar os casos em que ocorre situação de incomparabilidade e assim os processos atribuídos a diferentes categorias por ambos os algoritmos poderiam ser analisados com atenção. Outra limitação do modelo é que a análise de sensibilidade não é sugerida uma vez que ela pode tornar a utilização do modelo inviável pelo gerente no dia a dia do seu trabalho.

3.2 Modelo Multicritério para Seleção de uma Linguagem de Modelagem de Processos de Negócio para o BPM com Base no Método ELECTRE TRI-B

O modelo proposto para avaliação e escolha de uma linguagem de modelagem para o BPM é baseado no *Semiotic Quality Framework* (SEQUAL) e no Apoio Multicritério à Decisão, particularmente no método multicritério ELECTRE TRI-B. Este modelo tem como objetivo auxiliar o gerente/modelador (decisor) a selecionar uma linguagem de modelagem apropriada para o BPM uma vez que ao fazer uso dele o gerente/modelador pode identificar entre todas as linguagens de modelagem analisadas, aquelas que melhor atendam seus propósitos de modelagem. Após isso, o gerente/modelador pode aprofundar seu conhecimento em tais linguagens e, em seguida, tomar uma decisão mais adequada.

O *Semiotic Quality Framework* (SEQUAL) é usado para avaliar a qualidade dos modelos e, depois, foi estendido de modo que pudesse ser utilizado para avaliar a qualidade das linguagens de modelagem (Aagesen & Krogstie, 2010). De acordo com La Rosa *et al*. (2011), o S*emiotic Quality Framework* é uma das três principais estruturas capazes de avaliar as linguagens de modelagem de processo. As outras duas são: o *Workflow Patterns Framework* (van der Aalst *et al*., 2003) e o *Bunge-Wand-Weber Framework* (Wand & Weber, 1993).

O *Semiotic Quality Framework* é utilizado no modelo proposto para avaliação e escolha de uma linguagem de modelagem para o BPM, pois ele considera os aspectos mais relevantes relacionados com a qualidade das linguagens, incluindo as qualidades física, empírica, sintática, semântica, pragmática, social e organizacional (Krogstie *et al*., 2006). Estas características permitem que a linguagem de modelagem seja avaliada de acordo com uma ampla série de critérios necessários para análise da sua adequação para a modelagem (Cortes-Cornax *et al*., 2011).

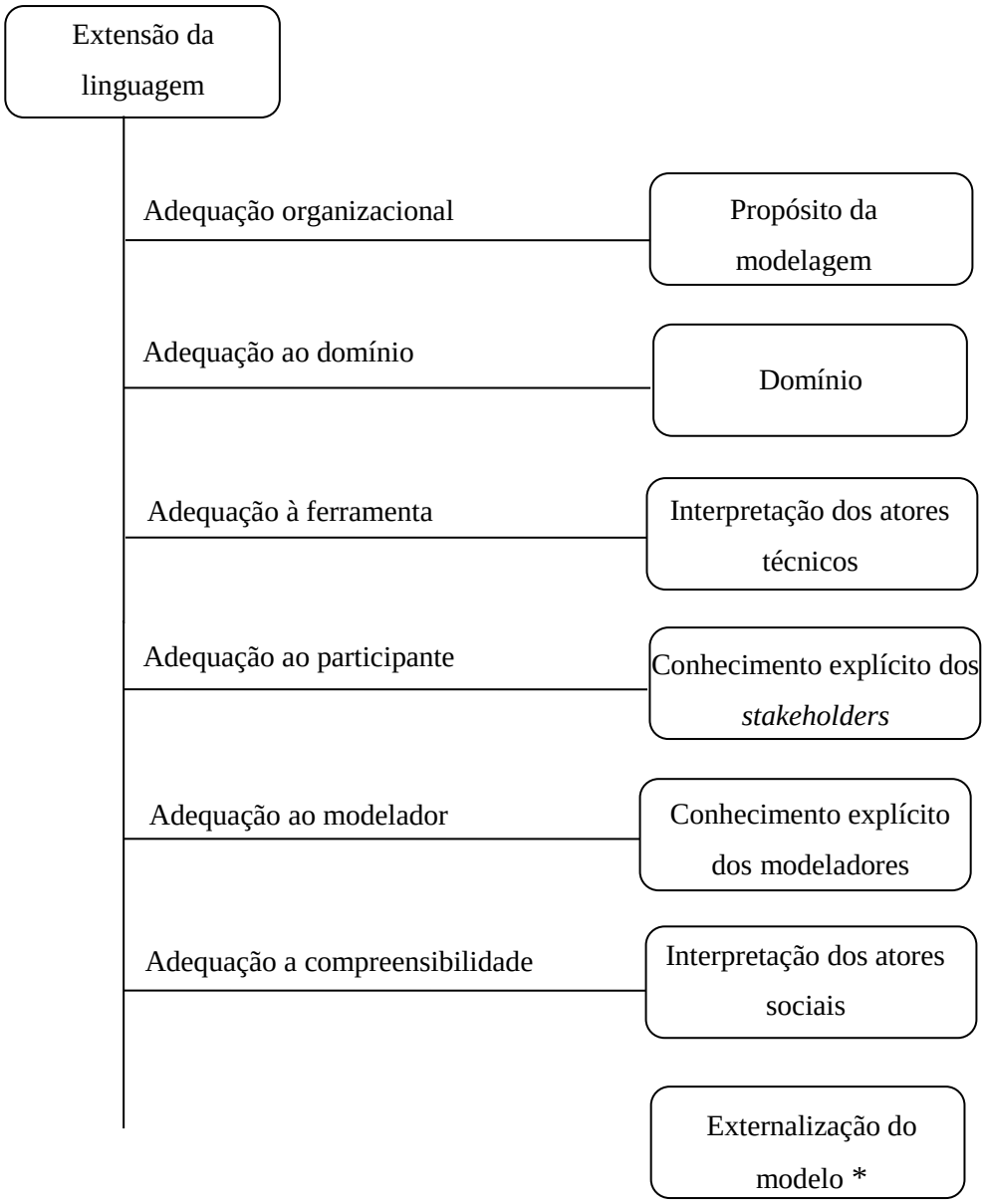
Não seria possível conseguir esse tipo de avaliação por meio do *Bunge-Wand-Weber Framework* (BWW), uma vez que ele foca sua avaliação na base conceitual da linguagem de modelagem (Wahl & Sindre, 2005). Em outras palavras, o BWW *Framework* se concentra na análise da capacidade da linguagem de modelagem em dar descrições completas e claras do domínio modelado por meio do mapeamento de constructos no modelo representacional e na linguagem de modelagem (Indulska *et al*., 2008). Não seria possível também conseguir esse tipo de avaliação com o *Workflow Patterns Framework*, uma vez que ele restringe a sua avaliação em estabelecer vários padrões e investiga a habilidade da linguagem de modelagem em expressar cada um desses padrões. Assim, as linguagens de modelagem são avaliadas apenas em termos das perspectivas de controle de fluxo, dados, recursos e tratamento de exceções. Características

como, por exemplo, a facilidade de utilização e facilidade de aprendizado não são examinadas pelo *Workflow Patterns Framework* (Wohed *et a*l., 2009).

A revisão da literatura mostra que o *Semiotic Quality Framework* tem sido usado para avaliar e comparar algumas linguagens de modelagem. Krogstie (2003) usa o *Semiotic Quality Framework* para avaliar a linguagem UML. A avaliação do BPMN (*Business Process Modeling Notation*) usando esta estrutura foi realizada por Wahl & Sindre (2005). Cortes-Cornax *et al*. (2011) estenderam o *Semiotic Quality Framework* para avaliar coreografias em BPMN 2.0. Nysetvold & Krogstie (2005) e Krogstie & Arnesen (2004) aplicaram o *Semiotic Quality Framework* para avaliar e comparar linguagens de modelagem. Nysetvold & Krogstie (2005), por exemplo, avaliaram e compararam as linguagens UML, BPMN e EEML (Extended Enterprise Modelling Language).

O *Semiotic Quality Framework*, com foco na qualidade da linguagem avalia a adequação da linguagem para a modelagem em relação a seis áreas de qualidade: adequação organizacional, adequação ao domínio, adequação à ferramenta, adequação ao participante, adequação ao modelador e adequação a compreensibilidade (Nysetvold & Krogstie, 2005). Estas áreas resultam das relações entre os seguintes conjuntos (Figura 3.5) (Nysetvold & Krogstie, 2005):

- Propósito da modelagem - os objetivos da modelagem;
- Extensão da linguagem - o que pode ser expresso na modelagem baseada em grafos, vocabulário e sintaxe da linguagem utilizada;
- Domínio - o conjunto de afirmações que podem ser expressos sobre a situação real;
- Externalização do modelo - o conjunto de todas as afirmações expressas no modelo pela linguagem;
- Conhecimento dos s*takeholders* - o conhecimento explícito dos *stakeholders* envolvidos na modelagem;
- Conhecimento dos modeladores - o conhecimento explícito dos modeladores envolvidos na modelagem;
- Interpretação dos atores sociais - o conjunto de afirmações que os participantes interpretam a partir do modelo;
- Interpretação dos atores técnicos – a interpretação das informações do modelo por diferentes linguagens de modelagem.



* No *Semiotic Quality Framework* com foco na qualidade da linguagem, o conjunto "extensão da linguagem" não se relaciona com o conjunto "externalização do modelo".

Figura 3.5. Semiotic Quality Framework com foco na qualidade da linguagem (Adaptada de Nysetvold & Krogstie, 2005).

A área de adequação organizacional está relacionada com as necessidades da organização no contexto da modelagem. Adequação ao domínio mede a capacidade da linguagem de expressar todas as afirmações no domínio. Adequação à ferramenta está relacionada com a interpretação técnica. Adequação ao participante mede o conhecimento dos *stakeholders* sobre a linguagem e suas habilidades de usá-la. Adequação ao modelador mede a capacidade da linguagem em expressar afirmações sobre o conhecimento que o modelador possui. Adequação a compreensibilidade está relacionada com o quão bem os participantes interpretam e

compreendem a linguagem (Wahl & Sindre, 2005). Ver Nysetvold & Krogstie (2005) para uma descrição mais detalhada sobre o *Semiotic Quality Framework*.

O modelo aqui proposto para avaliação e escolha de uma linguagem de modelagem para o BPM consiste em seis etapas, que são a seguir descritas (Figura 3.6).

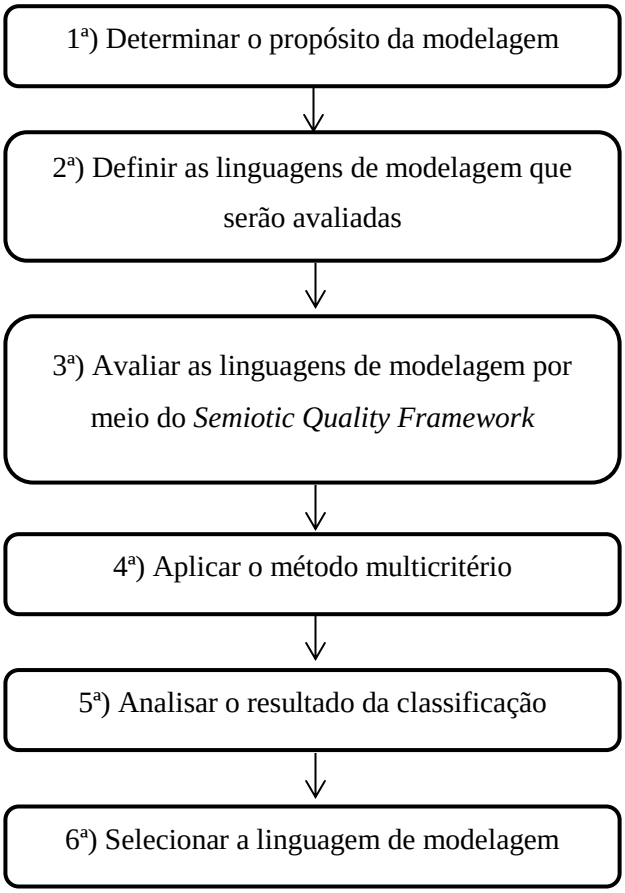


Figura 3.6. Modelo para seleção de uma linguagem de modelagem de processos de negócio para o BPM

- 1ª Etapa

É essencial saber o que se almeja obter com a modelagem antes de escolher uma linguagem. Por conseguinte, o primeiro passo consiste em determinar o propósito da modelagem, ou seja, o seu objetivo. Este objetivo pode ser, por exemplo, o de compreender a estrutura e a dinâmica do processo ou o de capturar o processo atual, a fim de identificar oportunidades de melhoria ou de assegurar que todos os funcionários, fornecedores e clientes tenham um entendimento comum do processo ou de controlar e monitorar as atividades do processo, etc. O propósito da modelagem não corresponde necessariamente a um único objetivo, dependendo da situação, pode ocorrer uma combinação de vários objetivos. Assim, por exemplo, o propósito da modelagem pode ser

tanto o de compreender a estrutura do processo quanto o de implementar um sistema de controle do processo.

- 2ª Etapa

Na segunda etapa, as linguagens de modelagem a serem avaliadas devem ser identificadas.

- 3ª Etapa

Nesta etapa, cada linguagem de modelagem deve ser avaliada por meio do *Semiotic Quality Framework*. Como descrito anteriormente, o *Semiotic Quality Framework* avalia a adequação da linguagem para modelagem em relação a seis áreas de qualidade.

No entanto, o *Semiotic Quality Framework* é muito geral e abstrato para avaliar as linguagens de modelagem. Assim, é necessário incluir uma lista de critérios e requisitos relacionados a cada uma das seis áreas de qualidade a fim de avaliar as linguagens de modelagem. Nysetvold & Krogstie (2005) propuseram o uso de uma lista de critérios definidos por Østbø (2000) que identificou cerca de 60 potenciais critérios/requisitos.

Desse modo, o gerente/modelador pode avaliar as linguagens de modelagem contra os critérios/requisitos que ele acredita que são relevantes de acordo com o objetivo da modelagem previamente definido. Assim, não é necessário avaliar as linguagens de modelagem contra todos os 60 critérios/requisitos. Além disso, o gerente/modelador pode adicionar outros critérios/requisitos a esta lista.

A fim de avaliar as linguagens de modelagem, uma escala de 4 pontos (0-3) pode ser utilizada como Nysetvold & Krogstie (2005) propuseram. De acordo com esta escala todo critério/requisito que não for suportado pela linguagem tem grau de avaliação 0. Possui avaliação 1 se for parcialmente suportado, 2 se for satisfatoriamente suportado e 3 se for bem suportado.

- 4ª Etapa

Esta etapa consiste na aplicação do método multicritério para classificação das linguagens de acordo com a sua adequação para a modelagem. O método multicritério ELECTRE TRI-B é considerado o mais apropriado para este tipo de problema e, portanto, é usado neste modelo. Uma ferramenta disponível no site LAMSADE (www.lamsade.dauphine.fr/) pode ser utilizada para se obter a classificação das linguagens de modelagem ou este modelo pode ser construído e executado em uma planilha eletrônica.

O método ELECTRE TRI-B exige a definição de diversos valores, tais como o peso dos critérios, os limites das categorias e os parâmetros. O peso do critério representa a sua importância relativa e o seu valor aumenta de acordo com a importância do critério. Assim, o gerente/modelador deve expressar a importância de cada critério/requisito levando em conta a

sua contribuição para alcançar o(s) objetivo(s) da modelagem (definido na etapa 1). Os critérios/requisitos que não são usados para avaliar as linguagens de modelagem recebem automaticamente o peso 0.

As categorias para classificação das linguagens de modelagem também devem ser definidas. Como cada categoria é limitada por dois índices de referência, um superior e um inferior, os valores destes índices devem ser especificados. As categorias serão definidas de acordo com as preferências do gerente/modelador.

Por fim, os valores dos parâmetros precisam ser determinados. Eles devem ser definidos de acordo com a estrutura de preferência do gerente/modelador. Assim, a fim de reduzir a imprecisão das avaliações das linguagens de modelagem, o gerente/modelador deve estabelecer os valores dos limiares de preferência (p) e indiferença (q) para cada critério. Ele também deve estabelecer o limiar de veto (v) para cada critério. O nível de corte (λ) também é outro parâmetro que precisa de ser determinado. O nível de corte deve ser definido com cuidado uma vez que desempenha um papel importante para a classificação das alternativas. Se o seu valor for alto (próximo de 1), as alternativas serão alocadas às categorias mais baixas pelo procedimento pessimista, enquanto que o procedimento otimista vai alocá-las às categorias mais altas. Se o valor do nível de corte for baixo (próximo de 0,5) o inverso irá acontecer.

Em seguida, é necessária a realização da análise de sensibilidade para analisar o grau de robustez do resultado.

- 5ª Etapa

Nesta etapa, o resultado da classificação deve ser analisado. Se houver mais de uma linguagem de modelagem atribuída à melhor categoria, o gerente/modelador deve aprofundar seu entendimento em tais linguagens a fim de adquirir um conhecimento mais aprofundado sobre as suas vantagens antes de escolher uma. A fim de auxiliar o gerente/modelador nesta nova comparação, outro método multicritério pode ser utilizado, tal como o ELECTRE I ou o PROMETHEE I.

No entanto, é importante ressaltar que qualquer uma dessas linguagens está de acordo com o(s) objetivo(s) de modelagem definido(s) previamente pelo gerente/modelador.

- 6ª Etapa

O gerente/modelador seleciona a linguagem que será usada para a modelagem dos processos de negócio.

3.2.1 Aplicação Numérica

A fim de ilustrar o modelo proposto, foram utilizados alguns dados e informações sobre o estudo de caso de uma companhia de seguros descrito em Nysetvold & Krogstie (2005), entretanto foi considerado um novo decisor (gerente). A aplicação numérica aqui exposta também possui os mesmos objetivos da modelagem e avalia as mesmas linguagens de modelagem conforme descrito em Nysetvold & Krogstie (2005).

Assim, como em Nysetvold & Krogstie (2005), os objetivos da modelagem estão relacionados com a implementação de um novo sistema que integra diferentes sistemas de negócio presentes em diferentes departamentos da empresa e no auxilio aos funcionários no entendimento dos aspectos da empresa e na comunicação destes aspectos com os outros funcionários (etapa 1). As linguagens de modelagem de processos de negócio avaliadas são: *Extended Enterprise Modelling Language* (EEML), UML 2.0 *activity-diagrams* e BPMN (etapa 2). Cada linguagem de modelagem foi avaliada por meio do *Semiotic Quality Framework* utilizando uma lista de critérios/requisitos definidos por Østbø (2000) conforme apresentado em Nysetvold & Krogstie (2005) (etapa 3). No Anexo 1 encontra-se os critérios/requisitos e a avaliação das linguagens de modelagem em relação a esses critérios/requisitos conforme exposto em Nysetvold & Krogstie (2005) (nesta tabela de avaliação, Nysetvold & Krogstie (2005) compilaram as avaliações coletadas com todas as pessoas envolvidas). Nas tabelas apresentadas ao longo desta seção os critérios/requisitos foram identificados conforme a numeração definida no Anexo 1 para melhor visualização das mesmas.

Depois da avaliação das linguagens de modelagem, o método ELECTRE TRI-B foi aplicado a fim de classificar as linguagens de modelagem de acordo com a sua adequação para a realização da modelagem (etapa 4).

Para definição dos pesos, o novo decisor usou uma escala de 6 pontos (0-5), sendo que 0 representa a menor importância atribuída ao critério e 5 a maior importância dada ao critério. A importância de cada critério/requisito foi estabelecida levando em consideração o seu grau de contribuição para o alcance do(s) objetivo(s) da modelagem. A Tabela 3.2 apresenta os pesos obtidos a partir dos julgamentos de valor do novo decisor. Os critérios/requisitos que não foram utilizados na avaliação das linguagens de modelagem automaticamente receberam peso 0 e, dessa maneira, não foram inseridos na Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Peso dos critérios e índices de referência

Critério/Requisito	**Peso**	Ir_1	Ir_2
1.1	5	2	1
1.2	2	2	1
1.3	1	2	1
1.4	2	2	1
1.5	2	2	1
1.6	2	2	1
1.7	2	2	1
1.8	1	2	1
1.9	1	2	1
1.10	1	2	1
1.11	1	2	1
2.1	4	2	1
2.2	2	2	1
2.3	1	2	1
2.4	2	2	1
2.5	2	2	1
4.1	2	2	1
4.2	1	2	1
4.3	2	2	1
4.4	4	2	1
4.5	3	2	1
4.6	2	2	1
4.7	2	2	1
5.1	2	2	1
5.2	4	2	1
5.3	1	2	1
5.4	2	2	1
5.5	3	2	1
6.1	4	2	1
6.2	2	2	1
6.3	4	2	1
6.4	3	2	1

Para esta aplicação numérica, o novo decisor decidiu que as linguagens de modelagem deveriam ser classificadas em três categorias de acordo com a sua adequação para a realização da modelagem:

Categoria 1: "Mais Adequada", as linguagens atribuídas a esta categoria são apropriadas para a realização da modelagem;

Categoria 2: "Possivelmente Adequada", as linguagens atribuídas a esta categoria podem ser apropriadas para a realização da modelagem;

Categoria 3: "Não Adequada", as linguagens atribuídas a esta categoria não são apropriadas para a realização da modelagem.

Como são três categorias, dois índices de referência (Ir_1 e Ir_2) devem ser estabelecidos. O índice de referência Ir_1 determina o desempenho mínimo que a linguagem de modelagem deve possuir para ser alocada na Categoria 1 e o índice de referência Ir_2 define o desempenho mínimo que a linguagem de modelagem deve possuir para ser alocada na Categoria 2. Caso contrário, a linguagem é atribuída a Categoria 3. Os índices de referência (Tabela 3.2) foram determinados com base na estrutura de preferência do novo decisor em conformidade com a escala utilizada para avaliação das linguagens de modelagem. Devido ao fato de que quanto melhor a linguagem for avaliada nos critérios, mais adequada e completa ela é, o índice de referência que define a primeira categoria (Ir_1) – categoria "Mais Adequada" – possui um valor maior do que o índice de referência Ir_2.

Em relação aos parâmetros:

• Devido à estrutura de preferência do gerente, o limiar de veto e os limiares de preferência (p) e indiferença (q) associados a cada critério foram considerados iguais a zero.

• O nível de corte (λ) foi estabelecido igual a 0,6.

Com base em todas essas informações o modelo baseado no método multicritério ELECTRE TRI-B foi construído e executado em uma planilha eletrônica. Como o novo decisor é cauteloso, ele adotou a classificação pessimista. Assim, analisando o resultado do procedimento pessimista, verifica-se que o BPMN foi atribuído à categoria “Mais Adequada” e as linguagens UML e EEML foram atribuídas à categoria “Possivelmente Adequada”. Ao final, a análise de sensibilidade foi realizada e a robustez da classificação verificada.

Como apenas uma linguagem de modelagem foi atribuída à categoria “Mais Adequada”, o novo decisor deve selecionar esta linguagem uma vez que apenas ela atende os objetivos de modelagem definidos previamente (etapas 5 e 6). Conforme descrito anteriormente, caso houvesse mais de uma linguagem de modelagem alocada à melhor categoria, o gerente poderia

usar outro método multicritério (por exemplo, ELECTRE I, PROMETHEE I) a fim de auxiliá-lo em uma nova comparação e decisão.

O fato do BPMN ter sido selecionado nesta aplicação numérica não tem relação com o BPMN ter sido escolhido em Nysetvold & Krogstie (2005), pois embora ambas as aplicações utilizem a mesma tabela de avaliação das linguagens de modelagem, um procedimento de agregação dos dados diferente foi utilizado por cada uma delas a fim de chegar em um resultado. Neste presente estudo sugere-se a utilização de um método formal que possibilita que a decisão seja tomada de forma racional e eficiente.

3.2.2 Discussão

O principal objetivo deste modelo é propor uma estrutura para ajudar o gerente/modelador avaliar e selecionar uma linguagem de modelagem por meio de métodos consistentes.

O modelo proposto pode avaliar qualquer quantidade de linguagens de modelagem, uma vez que nem o *Semiotic Quality Framework e* nem o método ELECTRE TRI-B coloca restrições quanto ao número de alternativas a serem analisadas.

Outra vantagem de utilizar o método multicritério ELECTRE TRI-B para a classificação das linguagens de modelagem é que ele permite que o gerente/modelador tome uma decisão que leva em consideração diversos critérios simultaneamente que muitas vezes são conflitantes ou até mesmo subjetivos. Além disso, o método ELECTRE TRI-B auxilia o gerente/modelador a organizar e analisar a informação e assim a se sentir mais confiante na tomada de decisão.

Conforme discutido na seção 3.2, o *Semiotic Quality Framework* é sugerido para avaliar as linguagens de modelagem, uma vez que considera os aspectos mais importantes relacionados com a qualidade da linguagem (qualidade física, empírica, sintática, semântica, pragmática, social e organizacional) (Krogstie *et al*., 2006) possibilitando assim, que a linguagem seja avaliada de acordo com um conjunto de critérios necessários para análise da sua adequação para a modelagem (Cortes-Cornax *et al*., 2011). Esse tipo de avaliação não seria possível obter por meio das outras duas estruturas propostas na literatura capazes de avaliar as linguagens de modelagem de processo: o *Workflow Patterns Framework* (van der Aalst *et al*., 2003) e o *Bunge-Wand-Weber Framework* (Wand & Weber, 1993).

Como mencionado anteriormente, é necessário definir critérios relacionados com cada uma das seis áreas de qualidade estabelecidas pelo *Semiotic Quality Framework* a fim de avaliar as linguagens de modelagem. É sugerida a utilização da lista de critérios definida por Østbø (2000) conforme Nysetvold & Krogstie (2005) também propuseram. No entanto, quaisquer outros meios

de estabelecer uma lista de critérios podem ser utilizados, desde que essa lista seja completa (exaustiva), não redundante, concisa e que permita tanto a avaliação quantitativa quanto a qualitativa das linguagens de modelagem.

Embora não seja fácil de fazer uma avaliação quantitativa das linguagens por meio do *Semiotic Quality Framework*, o seu foco em avaliações qualitativas permite que a qualidade das linguagens de modelagem seja avaliada (Krogstie *et al*.,2006). Além disso, o uso do método multicritério ELECTRE TRI-B permite que as imprecisões nas avaliações das linguagens de modelagem sejam levadas em consideração por meio da definição dos valores dos limiares de indiferença, preferência e veto. Dessa maneira, este método irá atribuir as linguagens de modelagem em diferentes categorias somente se elas realmente forem diferentes.

A necessidade de se definir vários parâmetros (limiares de indiferença preferência, veto, peso dos critérios, índices de referência e nível de corte) para a construção de um modelo que represente as preferências do decisor é uma desvantagem do método ELECTRE TRI-B. Por conseguinte, a presença de um analista de decisão é sugerida a fim de auxiliar o decisor a estruturar o problema e a quantificar as suas preferências. No entanto, há algumas técnicas que podem ser utilizadas pelo analista a fim de inferir os valores dos parâmetros, como por exemplo, apresentado por Mousseau & Slowinski (1998), que propõe a elicitação dos parâmetros do modelo a partir de exemplos de atribuição.

3.3 Modelo para Classificação dos Processos de Negócio para Planejamento das Ações de Implementação do BPM com Base no Método FlowSort com *Fuzzy Set* Usando Informação Subjetiva e Imprecisa [*]

Para esse modelo foi proposto a integração dos números *fuzzy* com o método de classificação FlowSort dando origem ao método *Fuzzy* FlowSort (F-FlowSort).

O modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM é descrito por meio de um estudo de caso no departamento de Tecnologia da Informação da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Eletrobras Chesf). Neste estudo de caso é analisada a aplicação do F-FlowSort quando a avaliação das alternativas em relação aos critérios é feita por variáveis linguísticas (Seção 3.3.1). Quando estas avaliações são quantitativas, porém imprecisas, é apresentado um exemplo que é baseado na aplicação numérica descrita em Goumas & Lygerou (2000) (Seção 3.3.2). Entretanto, as etapas envolvidas

[*] Parte deste trabalho contou com a colaboração do professor Bertrand Mareschal quando da ocasião da visita da aluna de doutorado à Université Libre de Bruxelles (ULB) para participar do Doutorado Sanduíche como parte do Programa de Cooperação CAPES/WBI projeto nº 007/10.

no modelo quando o F-FlowSort é aplicado a avaliações quantitativas, porém imprecisas são as mesmas de quando as avaliações são feitas por variáveis linguísticas.

3.3.1 *Fuzzy* FlowSort – Uso de Variáveis Linguísticas

A teoria dos conjuntos *fuzzy* é uma extensão da teoria dos conjuntos clássica em que a função de pertinência dos membros do conjunto pode assumir valores no intervalo [0, 1]. Em outras palavras, o conjunto *fuzzy* é uma classe de objetos em que não há um limite bem definido entre os elementos que pertencem a um grupo e aqueles que não pertencem (Lemaire, 1990). Assim, na teoria *fuzzy* ocorre um relaxamento no conceito de pertinência da teoria clássica.

As formas especiais de números *fuzzy* são trapezoidal, triangular, retangular e gaussiana. É sugerida a utilização da variável linguística com sua semântica baseada na representação triangular difusa, uma vez que esta possui uma interpretação mais intuitiva e natural, além de ser mais fácil de manusear aritmeticamente. Um número *fuzzy* triangular normal do tipo LR (Figura 3.7) é definido por três parâmetros $a = (m, \alpha, \beta)_{LR}$. A sua função de pertinência é expressa da seguinte forma:

$$\mu(x) = \begin{cases} 1 - \frac{m-x}{\alpha}\ para\ \ (m-\alpha) < x \leq m \\ 1 - \frac{x-m}{\beta}\ para\ m < x \leq (m+\beta) \\ 0\ , caso\ contrário \end{cases} \qquad (3.1)$$

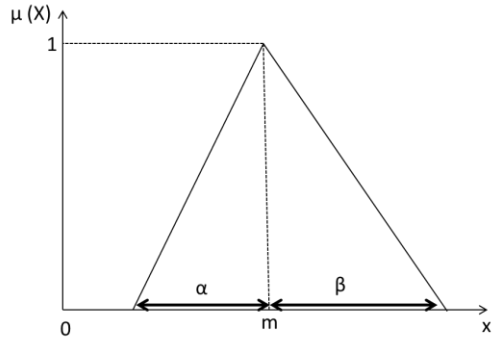


Figura 3.7. Número Fuzzy Triangular normal do tipo LR

Realizar a avaliação das alternativas utilizando-se números *fuzzy* por meio da avaliação linguística ajudará a converter as informações qualitativas e a imprecisão do julgamento do decisor em uma expressão matemática mais estruturada alcançando assim, resultados mais realistas (Bisel *et al*., 2006).

A utilização da variável linguística é necessária e útil em situações em que é difícil avaliar a informação em termos quantitativos, mas que é fácil em termos qualitativos (Zadeh, 1975; Herrera & Herrera-Viedma, 2000).

Foi considerado que os outros parâmetros do modelo, tais como os limiares de indiferença e preferência (*q* e *p*), os índices de referência e o peso dos critérios são números *crips*.

Conforme é estabelecido pelo método FlowSort (Nemery & Lamboray, 2007) é assumido que o desempenho das alternativas está compreendido entre o pior e o melhor índice de referência e que as categorias são ordenadas.

As etapas envolvidas no algoritmo F-FlowSort são:

1º) Estabelecer o peso w_j e uma função de preferência P_j para cada critério g_j. Brans & Mareschal (2002) propõem seis tipos de funções de preferência. Em geral, as funções de preferência V-*Shape* e V-*Shape* com indiferença são as mais utilizadas.

2º) O índice de preferência π (*x, y*) para cada alternativa *x* sobre uma alternativa *y* é calculado usando as operações com números *fuzzy* triangulares para todas as alternativas *x, y* de R_i*. Sendo R_i*= *R** U $\{a_i\}$, onde *R**= $\{r_1, ..., r_{k+1}\}$ é o conjunto dos índices de referência e a_i é a alternativa a ser alocada em uma das categorias (Nemery & Lamboray, 2007).

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_j \otimes P_j\,(x, y)$$

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_i \otimes P_j\,(g_j(x) \ominus g_j(y))$$

Seja $g_j(x) = (m, \alpha, \beta)_{LR}$, $g_j(y) = (n, \gamma, \delta)_{LR}$ *e* w_j *um escalar:*

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_j \otimes P_j\,((m, \alpha, \beta)_{LR} \ominus (n, \gamma, \delta)_{LR})$$

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_j \otimes P_j\,(m - n,\ \alpha + \delta,\ \beta + \gamma)_{LR}$$

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_j \otimes P_j\,(m', \alpha', \beta')_{LR}\text{**}$$

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} w_j \otimes (m'^{P_j}, \alpha'^{P_j}, \beta'^{P_j})_{LR}$$

$$\pi(x, y) = \sum_{j=1}^{j} (w_j m'^{P_j}, w_j \alpha'^{P_j}, w_j \beta'^{P_j})_{LR}$$

$$\pi(x, y) = (\sum_{j=1}^{j} w_j m'^{P_j},\ \sum_{i=1}^{i} w_i\, \alpha'^{P_j}, \sum_{j=1}^{j} w_j \beta'^{P_j})_{LR} \qquad (3.2)$$

** A função de preferência difusa V-*Shape* com indiferença é definida por Geldermann *et al*. (2000) como definido na equação 3.3 e apresentado na Figura 3.8:

$$P_j\,(m', \alpha', \beta')_{LR} = (P_j(m');\ \left(P_j(m') - P_j(m' - \alpha')\right);\ (P_j(m' + \beta') - P_j(m')))_{LR} \quad (3.3)$$

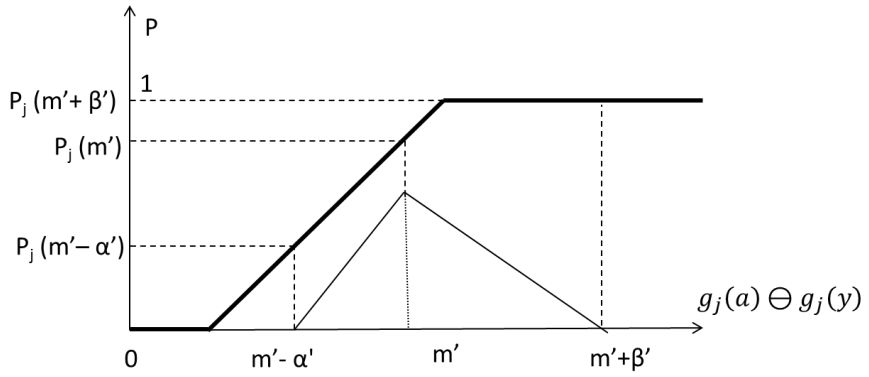


Figura 3.8. Função de preferência difusa V-Shape com indiferença

3º) Cada índice de preferência $\pi(x, y)$ deve ser defuzzificado. O uso do operador Yager (Yager, 1981) é sugerido uma vez que ele é conceitualmente e numericamente mais simples, é de fácil implementação e assim não torna o uso do método F-FlowSort pelos usuários mais difícil (Le Téno & Mareschal, 1998). A forma defuzzificada de um número *fuzzy* triangular L-R é definida por:

$$F(m, \alpha, \beta)_{LR} = \frac{3m-\alpha+\beta}{3} \qquad (3.4)$$

4º) Com base nos índices de preferência defuzzificado, o fluxo positivo (Q^{+}_{R*i}), negativo (Q^{-}_{R*i}) e líquido (Q_{R*i})de cada alternativa $x \in R_i*$ é calculado:

$$Q^{+}_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*|-1}\sum_{y \in R_i^*} \pi(x, y) \quad (3.5)$$

$$Q^{-}_{R_i^*}(x) = \frac{1}{|R_i^*|-1}\sum_{y \in R_i^*} \pi(y, x) \quad (3.6)$$

$$Q_{R_i^*}(x) = Q^{+}_{R_i^*}(x) - Q^{-}_{R_i^*}(x) \quad (3.7)$$

5º) A alternativa é alocada a uma determinada categoria conforme a metodologia do FlowSort (Nemery & Lamboray, 2007). Portanto, essa alocação é feita com base na posição relativa da alternativa em relação aos índices de referência em termos do fluxo positivo, negativo e líquido (Nemery & Lamboray, 2007). Assim, assumindo que a categoria C_t é limitada superiormente pelo valor do fluxo do índice de referência Ir_t e inferiormente limitada pelo valor do fluxo do índice de referência Ir_{t+1}, duas diferentes regras de alocação com base nos fluxos positivos e negativos são definidas como se segue:

$$C_{Q+}(a_i) = C_t \text{ if } Q^{+}_{Ri}(Ir_t) \geq Q^{+}_{Ri}(a_i) > Q^{+}_{Ri}(Ir_{t+1}) \qquad (3.8)$$

$$C_{Q-}(a_i) = C_t \text{ if } Q^{-}_{Ri}(Ir_t) < Q^{-}_{Ri}(a_i) \leq Q^{-}_{Ri}(Ir_{t+1}) \qquad (3.9)$$

Para alocação da alternativa estritamente em uma categoria, a regra de alocação com base no fluxo líquido é utilizada:

$$C_Q(a_i) = C_t \text{ if } Q_{Ri}(Ir_t) \geq Q_{Ri}(a_i) > Q_{Ri}(Ir_{t+1}) \qquad (3.10)$$

3.3.1.1 Estudo de Caso

Um estudo de caso é apresentado nesta seção para descrever o modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM. Na Figura 3.9 é apresentada a estrutura desse modelo.

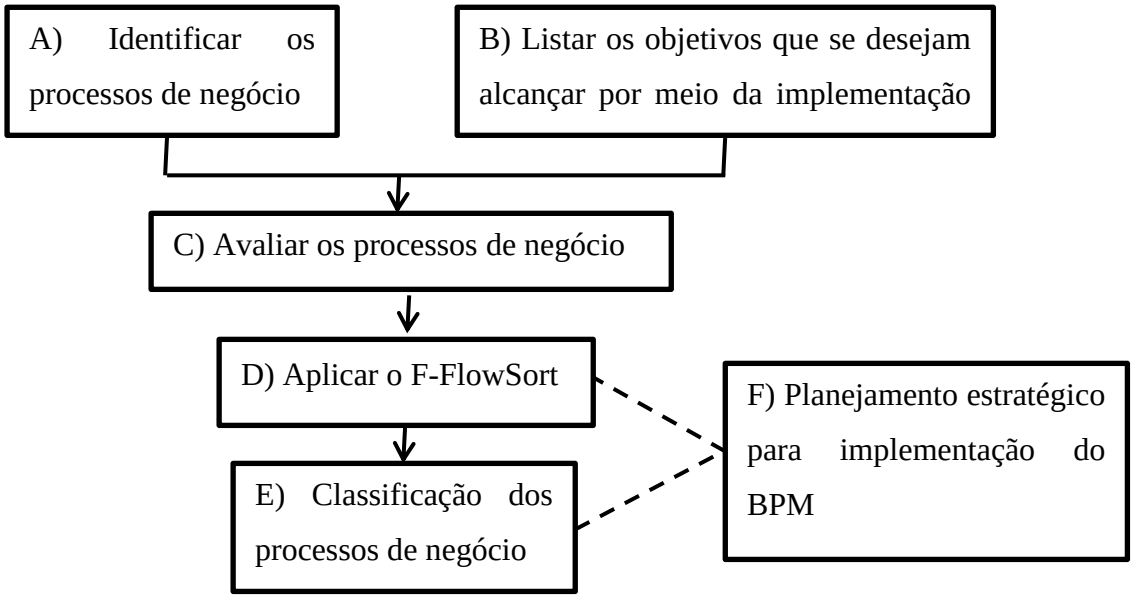


Figura 3.9. Modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM

O modelo proposto permite que a gerente do departamento de TI da Companhia Hidro Elétrica do São Francisco (Eletrobrás Chesf) priorize os processos de negócio de modo a ajudá-la no planejamento da melhor forma de implementar o BPM dentro da sua unidade de negócio. Assim, por meio do uso desse modelo, os esforços e os recursos disponíveis podem ser gerenciados de forma mais eficiente.

A Eletrobras Chesf é responsável pela geração, transmissão e venda de energia elétrica no Nordeste do Brasil. O departamento de Tecnologia da Informação é responsável pelo fornecimento de suporte de TI para todos os demais departamentos da empresa e pela prestação de consultoria e desenvolvimento de ferramentas que promovam melhorias aos processos de negócio.

O método F-FlowSort, desenvolvido para ser utilizado no modelo proposto, foi empregado para classificar os processos de negócio em categorias de implementação estratégica do BPM e, dessa maneira, indicou quais processos devem ser primeiramente tratados. Por isso, deve-se adotar para cada categoria uma estratégia de implementação dos conceitos de BPM diferente,

uma vez que cada categoria corresponde a um determinado nível de necessidade de melhoria do processo de negócio.

No contexto do BPM, o método F-FlowSort pode ser usado para apoiar o processo de decisão para a implementação estratégica do BPM uma vez que ele permite que vários critérios relacionados com os objetivos que se pretende atingir com a implementação do BPM dentro da unidade de negócio sejam levados em conta simultaneamente. Além disso, este método contribui para a resolução de conflitos entre os critérios e classifica os processos de negócio com base na avaliação recebida por cada um. Outra vantagem do F-FlowSort é que ele permite que o gerente avalie os processos de negócio utilizando variáveis linguísticas, o que possibilita a conversão das informações qualitativas e a imprecisão do julgamento do gerente para uma forma matemática concreta permitindo assim, obter ao final, um resultado mais realista.

Trinta e sete processos de negócio foram identificados e descritos dentro do departamento de Tecnologia da Informação (Anexo 2). Os objetivos que se desejam alcançar por meio da implementação do BPM foram estabelecidos e os critérios para a avaliação dos processos de negócio de TI foram definidos com base nesses objetivos. Assim, os critérios estabelecidos para avaliação foram:

A. Apoia diretamente o alcance dos objetivos estratégicos da empresa;
B. Atende os requisitos externos (por exemplo, conformidade com os requisitos legais, órgãos reguladores/controladores, SOX, certificações tais como ISO, OSHAS, aderência a melhores práticas de mercado/ITIL, COBIT);
C. Incorporação de novas tecnologias;
D. Redução de custos empresariais;
E. Segurança da Informação;
F. Contato com o cliente;
G. Criticidade de Automação;
H. Eficiência para o negócio da empresa;

Os processos de negócio da área de TI foram avaliados em relação a esses critérios por meio do uso de uma variável linguística com cinco termos linguísticos distribuídos não uniformemente com a sua semântica baseada na representação triangular difusa. Este conjunto de avaliação linguística foi definido por meio da ajuda de um analista com base na forma como a gerente percebe a diferença entre os rótulos da escala.

De acordo com Zadeh (1975) uma variável linguística é uma variável cujos valores são palavras ou frases em linguagem natural ou artificial, em vez de números. Por exemplo, os

possíveis valores que a variável linguística "idade" pode assumir poderiam ser: extremamente jovem, muito jovem, mais ou menos jovem, não muito jovem, etc

Formalmente, uma variável linguística é caracterizada por um quíntuplo de parâmetros (*X, T (X), U, G, M*). De acordo com o exemplo dado acima, *X* é o nome de uma variável linguística (idade), *T(*X) é o conjunto de nomes dos valores linguísticos, ou seja, os termos linguísticos (extremamente jovem, muito jovem, mais ou menos jovem, não muito jovem), *U* é o universo do discurso de *X* (faixa etária entre 11 e 30), *G* é a regra sintática (ou rótulos) usada para gerar os nomes de *X* e *M* é a regra semântica que associa cada termo linguístico *T(X)* com o seu significado em *X*, onde *M(X)* é um subconjunto difuso de *U*.

Arai & Sang (2011) e Liu & Liu (2010) descreveram maneiras de definir o conjunto de termos linguísticos e sua semântica a fim de expressar o desempenho linguístico. No entanto, Herrera & Herrera-Viedma (2000) expuseram este assunto com mais detalhes, sumarizando, com base na revisão da literatura, os métodos que são utilizados para definir uma variável linguística. Basicamente, é preciso escolher a granularidade do conjunto de termos linguísticos, os seus rótulos e a sua semântica.

Assim, cada um dos processos de negócio pôde ser avaliado (Tabela 3.3) utilizando cinco diferentes termos linguísticos em que cada um corresponde um número *fuzzy* triangular LR diferente (Figura 3.9): MA: muito alto $(1, 0{,}25, 0)_{LR}$, A: alto $(0{,}75, 0{,}3, 0{,}25)_{LR}$, M: médio $(0{,}45, 0{,}15, 0{,}3)_{LR}$, B: baixo $(0{,}3, 0{,}3, 0{,}15)_{LR}$, e MB: muito baixo $(0, 0, 0{,}3)_{LR}$.

Tabela 3.3. Avaliação dos processos de negócio utilizando o conjunto de cinco termos linguísticos

Processos de Negócio	**Critérios**							
	A	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
1	MA	A	A	M	M	MA	B	B
2	MA	A	A	A	M	A	M	B
3	MA	M	MA	B	M	M	B	A
4	A	M	M	A	MA	M	M	A
5	A	M	M	M	B	MA	M	B
6	M	B	B	A	M	MB	MB	B
7	A	A	MB	A	M	MA	A	H
8	MA	A	MB	A	M	MA	B	MA
9	A	A	MB	A	M	A	A	A
10	MB	M	MA	B	M	B	MB	M
11	MB	A	MB	B	B	MB	M	B
12	A	A	M	A	MA	M	A	M
13	M	A	B	B	MA	M	A	B
14	B	MA	MB	M	A	M	M	M
15	M	A	MB	M	MA	M	B	B
16	M	A	MB	M	MA	MA	MB	B

17	B	A	B	B	MA	M	A	M
18	A	M	B	MA	MA	A	A	A
19	M	B	M	A	A	A	MA	A
20	M	B	B	M	B	MA	A	A
21	B	B	B	A	M	A	A	MA
22	M	M	B	A	M	M	A	A
23	A	B	M	A	MB	MA	B	A
24	A	M	M	B	B	MA	M	B
25	M	MB	MA	M	M	B	M	M
26	B	B	B	M	M	M	A	M
27	M	A	B	B	A	A	A	B
28	B	M	M	M	M	B	MA	B
29	M	B	M	M	M	B	MA	A
30	M	M	M	B	A	MB	B	MB
31	M	M	M	M	A	M	M	M
32	M	B	A	A	M	M	B	M
33	M	B	A	A	M	A	M	A
34	A	M	A	A	M	A	A	MA
35	M	M	B	M	M	A	A	A
36	B	A	B	M	A	A	MA	M
37	M	A	B	M	M	M	A	M

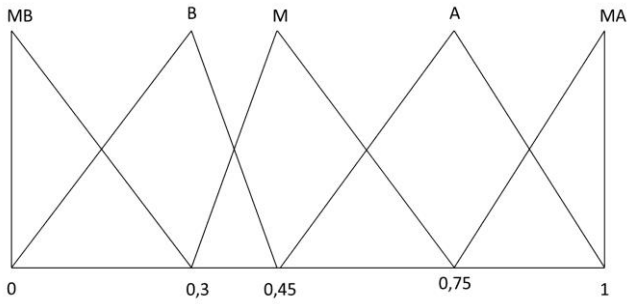


Figura 3.10. Conjunto de cinco termos e sua semântica

A fim de aplicar o método F-FlowSort, as preferências foram elicitadas com a ajuda de um analista. Assim, para cada critério foi definido um peso para refletir a sua importância relativa, uma função de preferência e foram estabelecidos os parâmetros necessários. Os pesos foram definidos e, em seguida normalizados (Tabela 3.4). A função de preferência difusa V-*Shape* com indiferença foi escolhida para a avaliação. Os limiares de preferência (p) e indiferença (q) foram definidos iguais a 0,25 e 0, respectivamente.

Tabela 3.4. Peso normalizado e limiares de preferência (p) e indiferença (q)

Critérios	**Peso**	***p***	***q***
A) Apoia diretamente o alcance dos objetivos estratégicos da empresa;	0,20	0,25	0
B) Atende os requisitos externos;	0,30	0,25	0
C) Incorporação de novas tecnologias;	0,07	0,25	0
D) Redução de custos empresariais;	0,10	0,25	0
E) Segurança da Informação;	0,09	0,25	0
F) Contato com o cliente;	0,15	0,25	0
G) Criticidade de Automação;	0,04	0,25	0
H) Eficiência para o negócio da empresa;	0,05	0,25	0

Foram estabelecidas três categorias e para cada categoria uma estratégia diferente de implementação do BPM foi definida (Tabela 3.5). O desempenho dos índices de referência é apresentado na Tabela 3.6.

Tabela 3.5. Categorias de implementação estratégica do BPM

Categoria	**Descrição**	**Implementação estratégica do BPM**
Implementação imediata do BPM	Os processos de negócio alocados nesta categoria precisam urgentemente ser melhorados e monitorados.	Implementar os conceitos do BPM nos processos alocados nesta categoria a curto prazo. Empregar tempo, esforços e recursos a fim de melhorar o desempenho desses processos em termos de qualidade, custos, flexibilidade e tempo. Estes processos são prioridade.
Implementação do BPM a médio prazo	Os processos de negócio alocados nesta categoria precisam ser melhorados e monitorizados.	Implementar os conceitos do BPM nos processos alocados nesta categoria a médio prazo. Empregar algum tempo, esforço e recurso a fim de melhorar a eficiência e eficácia desses processos.
Implementação do BPM a longo prazo	Não há urgência em melhorar e controlar os processos de negócio alocados nesta categoria.	Implementar os conceitos do BPM nos processos alocados nesta categoria a longo prazo. Melhorar o desempenho dos processos de negócio alocados nesta categoria na medida do possível. No entanto, eles não são prioridade.

Tabela 3.6. Desempenho dos índices de referência

R*	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**	**F**	**G**	**H**
Ir_1	1,30	1,3	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30	1,30
Ir_2	0,6	0,65	0,55	0,50	0,40	0,30	0,30	0,40
Ir_3	0,30	0,30	0,24	0,20	0,24	0,04	0,04	0,01
Ir_4	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1	-1

O método *Fuzzy* FlowSort foi então aplicado para classificar os processos de negócio de TI em categorias de implementação estratégica do BPM. A Tabela 3.7 apresenta os resultados.

Tabela 3.7. Classificação dos processos de negócio de acordo com o fluxo positivo, negativo e líquido

Processos	$C_{Fluxo\ Positivo}$	$C_{Fluxo\ Negativo}$	$C_{Fluxo\ Líquido}$
1	C1	C1	C1
2	C1	C1	C1
3	C2	C1	C1
4	C1	C1	C1
5	C2	C2	C2
6	C2	C2	C2
7	C1	C1	C1
8	C1	C1	C1
9	C1	C1	C1
10	C2	C2	C2
11	C2	C2	C2
12	C1	C1	C1
13	C2	C2	C2
14	C2	C1	C2
15	C2	C1	C2
16	C2	C1	C2
17	C2	C2	C2
18	C1	C1	C1
19	C2	C2	C2
20	C2	C2	C2
21	C2	C2	C2
22	C2	C2	C2
23	C2	C2	C2
24	C2	C2	C2
25	C2	C2	C2
26	C2	C2	C2
27	C2	C1	C2
28	C2	C2	C2
29	C2	C2	C2
30	C2	C2	C2

31	C2	C2	C2
32	C2	C2	C2
33	C2	C2	C2
34	C1	C1	C1
35	C2	C2	C2
36	C2	C2	C2
37	C2	C1	C2

Para fins de planejamento da melhor forma de implementar o BPM dentro da unidade de negócio, a alocação em uma única categoria é preferível, sendo assim, a alocação obtida por meio da regra do fluxo líquido deve ser a considerada. Com base nessa classificação deve-se conduzir a estratégia de implementação do BPM definida anteriormente (Tabela 3.5). Assim, deve-se aplicar os conceitos do BPM e, consequentemente, concentrar os esforços e os recursos nos processos de negócio atribuídos à categoria "Implementação imediata do BPM" (*C1*), uma vez que os processos de negócio atribuídos a esta categoria são aqueles que precisam ser urgentemente melhorados e monitorados de acordo com essa classificação.

3.3.1.2 Discussão

A aplicação do F-FlowSort foi considerada simples e de fácil entendimento. A possibilidade também de poder avaliar os processos de negócio linguisticamente tornou o processo de avaliação mais fácil. Dessa maneira, a utilização do F-FlowSort associado ao uso de variáveis linguísticas é um método prático para resolver problemas quando é difícil expressar a avaliação dos critérios em termos quantitativos precisos.

É evidente que uma boa avaliação dos critérios depende do conhecimento que os decisores (gerentes) possuem dos seus processos de negócio, o que também está relacionado com a sua experiência profissional. Portanto, deve-se ter cuidado ao realizar a avaliação das alternativas em relação aos critérios utilizando variáveis linguísticas a fim de construir um processo de tomada de decisão confiável.

A definição do conjunto linguístico e da sua regra semântica, que relaciona cada valor linguístico com um conjunto *fuzzy*, pode ser uma tarefa difícil de ser executada uma vez que este conjunto deve expressar os valores de avaliação do decisor (gerente) de acordo com o seu conhecimento sobre o problema e da maneira que as diferenças entre os rótulos da escala são percebidos por ele. Esta tarefa pode não ser fácil, pois é difícil capturar com toda precisão a subjetividade e a imprecisão da mente humana. Para auxiliar o decisor (gerente) na definição

deste conjunto de avaliação linguística é sugerida a presença de um analista. O analista também pode auxiliar o decisor a estruturar o problema e a elicitar suas preferências, a fim de estabelecer os parâmetros requeridos pelo método (peso dos critérios, função de preferência, limiares de preferência e indiferença). A necessidade de definir tais parâmetros continua sendo uma desvantagem também presente no F-FlowSort.

Deve-se notar que o uso dos números *fuzzy* é recomendado quando a função de pertinência a esquerda e a direita de *m* não é simétrica e, portanto, o operador de Yager resulta em um valor diferente de *m*. Caso contrário, não haverá qualquer alteração no resultado apresentado pelos métodos F-FlowSort e FlowSort. (Goumas & Lygerou, 2000).

O resultado da classificação chama a atenção uma vez que os processos de negócio foram classificados apenas nas categorias 1 ou 2, embora houvesse três categorias. Uma análise de sensibilidade foi realizada, e mesmo assim nenhum processo de negócio foi alocado na categoria 3. Dessa maneira, observou-se uma tendência de se fazer julgamentos positivos ao avaliar as alternativas. Como isso pode ser uma tendência dos decisores em geral, sugere-se que, apesar das categorias serem definidas por eles, elas não devem ser igualmente divididas, isto é, a distância entre as categorias não devem ser a mesma. Além disso, é interessante dividir a última categoria em 2, e, portanto, a última categoria é um tipo de categoria virtual que dificilmente terá uma alternativa alocada.

A fim de comparar o resultado da classificação fornecido pelos métodos F-FlowSort e FlowSort, o método FlowSort foi aplicado ao mesmo problema, considerando os mesmos valores dos parâmetros e os valores de α e β foram igualados a 0, assim MA: muito alta (1), A: alta (0,7), M: médio (0,45), B: baixo (0,3), e MB: muito baixo (0).

Como pode ser observado na Tabela 3.8, dois processos de negócio foram alocados em categorias diferentes por esses métodos (processo 14 e 27). O método FlowSort alocou os dois processos de negócio em uma categoria superior ao alocado pelo o F-FlowSort. Portanto, quando a imprecisão dos dados de entrada é levada em consideração, nem todas as alternativas são atribuídas à mesma categoria pelos métodos F-FlowSort e FlowSort.

Analisando os resultados e os dados de entrada deste estudo de caso, pode-se afirmar que o total de divergências entre os métodos F-FlowSort e FlowSort não foi maior porque não existem critérios totalmente opostos. Além disso, acredita-se que o uso de um conjunto de termos linguísticos com maior nível de granularidade (por exemplo, uma escala de nove pontos) pode ocasionar maiores diferenças entre os resultados - neste estudo de caso foi utilizada uma escala de cinco pontos. Acredita-se também que o número de categorias pode interferir no resultado,

assim quanto mais categorias existirem mais diferenças podem ocorrer entre os resultados apresentados pelos métodos. No estudo de caso, embora houvesse três categorias, os processos de negócio foram classificados em apenas duas, assim, se houvesse mais categorias (≥4) os resultados apresentados pelos métodos poderiam ser mais divergentes. Em função disso, sugere-se como trabalhos futuros a realização de uma simulação a fim de analisar tais suposições.

Tabela 3.8. Resultado da classificação: F-FlowSort e FlowSort

Processos	**$C_{Fluxo\ Líquido}$**	
	F-FlowSort	**FlowSort**
1	C1	C1
2	C1	C1
3	C1	C1
4	C1	C1
5	C2	C2
6	C2	C2
7	C1	C1
8	C1	C1
9	C1	C1
10	C2	C2
11	C2	C2
12	C1	C1
13	C2	C2
14	C2	C1
15	C2	C2
16	C2	C2
17	C2	C2
18	C1	C1
19	C2	C2
20	C2	C2
21	C2	C2
22	C2	C2
23	C2	C2
24	C2	C2
25	C2	C2
26	C2	C2

27	C2	C1
28	C2	C2
29	C2	C2
30	C2	C2
31	C2	C2
32	C2	C2
33	C2	C2
34	C1	C1
35	C2	C2
36	C2	C2
37	C2	C2

Por outro lado, grandes divergências entre os resultados do F-FlowSort e FlowSort, ou seja, alocações das alternativas em categoria bem distantes, não são esperadas. Isso se deve ao fato de que as alternativas são comparadas com índices de referência que assumem valores constantes e sua ordem sempre irá respeitar a ordem das categorias.

3.3.2 *Fuzzy* FlowSort – Avaliações Quantitativas Imprecisas

O método F-FlowSort também pode ser utilizado quando as avaliações das alternativas são quantitativas, porém imprecisas (por exemplo, 440 reais de rendimento médio com variações de -10% e +15%). Neste caso os valores das avaliações são vagos e, portanto, podem ser interpretados como número *fuzzy*. O número *fuzzy* triangular foi adotado devido à sua facilidade de interpretação, definição e aplicação (aritmeticamente fácil de manusear). Para o exemplo dado anteriormente o número *fuzzy* triangular é: $(440, 44, 66)_{LR}$.

Para este tipo de problema (F-FlowSort com avaliações quantitativas imprecisas) é mantido os mesmos pressupostos assumidos para o caso F-FlowSort com uso de variáveis linguísticas. Desta maneira, conforme explicado na Seção 3.3.1, os parâmetros do modelo, tais como os limiares de preferência (q e p), os índices de referência e o peso dos critérios são números crips. Além disso, também é considerado que o desempenho das alternativas está compreendido entre o pior e melhor índice de referência e que as categorias são ordenadas.

As etapas envolvidas no modelo proposto quando os valores das avaliações são imprecisos são as mesmas descritas na Seção 3.3.1.1.

Para melhor entendimento de como o modelo pode ser aplicado para este tipo de problema descreve-se, a seguir, um exemplo numérico.

3.3.2.1 Exemplo Numérico

O exemplo dado a seguir é baseado na aplicação numérica descrita em Goumas & Lygerou (2000).

Goumas & Lygerou (2000) avaliaram quatro alternativas (cenários) de exploração para a área de baixa entalpia geotérmica de Nea Kessani, uma comunidade rural localizada no norte da Grécia. A motivação do estudo foi explicada pela crescente necessidade de desenvolvimento da região e da geração de novos empregos para acomodar a força de trabalho que está se afastando do setor agrícola tradicional. Os critérios utilizados para a avaliação destes cenários foram: Critério (A), valor presente líquido do investimento (em Drachmes gregos- GRD); Critério (B), criação de novos empregos; Critério (C), o consumo de energia. A energia utilizada indica o grau de exploração do recurso; Critério de (D), índice de risco. O risco está associado tanto com os novos produtos e/ou a aplicação de nova tecnologia ou com as incertezas associadas com mudanças futuras. Este índice é expresso em uma escala de 1 (sem risco) a 20 (muito arriscado).

Para fins de exemplificação da aplicação do modelo com dados quantitativos imprecisos, foi considerada uma situação parecida a esta. Entretanto os cenários de exploração passaram a ser considerados tipos de processos de exploração e foram criados 10 novos processos de exploração (alternativas) e um novo critério de avaliação também foi adicionado, Critério (E) - danos ambientais. Este novo critério é expresso em Drachmes gregos. O novo objetivo passa a ser o de classificar os tipos de processos de exploração de acordo com a necessidade de implantação do BPM: *C1*: "Necessidade Imediata", *C2*: "Necessidade a médio prazo", *C3*: "Necessidade a longo prazo", *C4*: "Não Necessário".

A avaliação dos processos de exploração com as suas variações são dadas a seguir (Tabela 3.9).

Tabela 3.9. Desempenho dos Processos de Exploração

Processos de Exploração	**Critério (A) (10^6 GRD)**	**Critério (B) (Unidade)**	**Critério (C) (10^{12} cal/ano)**	**Critério (D) (1 à 20)**	**Critério (E) (10^6 GRD)**
1	1999 (-6% e +10%)	150 (-2 e +4)	22,4 (-20% e +25%)	3 (-1 e +2)	66 (-12% e +10%)
2	4200 (-13% e +10%)	268 (-4 e +2)	18 (-20% e +23%)	9 (-1 e +2)	60 (-12% e +10%)
3	3700 (-13% e +10%)	156 (-4 e +2)	18 (-20% e +21%)	7 (-1 e +2)	55 (-12% e +10%)
4	3860	97	54	8	57

	(-13% e +10%)	(-4 e +2)	(-20% e +25%)	(-1 e +4)	(-12% e +10%)
5	4100 (-13% e +10%)	165 (-2 e +4)	50 (-20% e +24%)	8 (-1 e +2)	99 (-12% e +10%)
6	3863 (-16% e +10%)	96 (-4 e +2)	23 (-20% e +18%)	5 (-1 e +2)	94 (-12% e +10%)
7	4700 (-20% e +10%)	164 (-2 e +4)	70 (-20% e +17%)	4 (-1 e +4)	61 (-12% e +10%)
8	2750 (-16% e +10%)	90 (-2 e +4)	52 (-20% e +22%)	3 (-1 e +2)	49 (-12% e +10%)
9	1350 (-15% e +10%)	95 (-4 e +2)	19 (-20% e +17%)	1 (-1 e +4)	43 (-12% e +10%)
10	1900 (-12% e +10%)	75 (-4 e +2)	16 (-20% e +24%)	2 (-1 e +2)	29 (-12% e +10%)

Transformaram-se então estas avaliações imprecisas em números triangulares *fuzzy* (Tabela 3.10).

Tabela 3.10. Avaliações Imprecisas representadas por Números Triangulares Fuzzy

Critérios		**(A)** **(10^6 GRD)**	**(B)** **(Unidade)**	**(C)** **(10^{12} cal/ano)**	**(D)** **(1 à 20)**	**(E)** **(10^6 GRD)**
Processos de Exploração	1	$(1999, 119{,}94, 199{,}9)_{LR}$	$(150, 2, 4)_{LR}$	$(22{,}4, 4{,}48, 5{,}6)_{LR}$	$(3, 1, 2)_{LR}$	$(66, 7{,}92, 6{,}6)_{LR}$
	2	$(4200, 546, 420)_{LR}$	$(268, 4, 2)_{LR}$	$(18, 3{,}6, 4{,}14)_{LR}$	$(9, 1, 2)_{LR}$	$(60, 7{,}2, 6)_{LR}$
	3	$(3700, 481, 370)_{LR}$	$(156, 4, 2)_{LR}$	$(18, 3{,}6, 3{,}78)_{LR}$	$(7, 1, 2)_{LR}$	$(55, 6{,}6, 5{,}5)_{LR}$
	4	$(3860, 501{,}8, 386)_{LR}$	$(97, 4, 2)_{LR}$	$(54, 10{,}8, 13{,}5)_{LR}$	$(8, 1, 4)_{LR}$	$(57, 6{,}84, 5{,}7)_{LR}$
	5	$(4100, 533, 410)_{LR}$	$(165, 2, 4)_{LR}$	$(50, 10, 12)_{LR}$	$(8, 1, 2)_{LR}$	$(99, 11{,}88, 9{,}9)_{LR}$
	6	$(3863, 618{,}08, 386{,}3)_{LR}$	$(96, 4, 2)_{LR}$	$(23, 4{,}6, 4{,}14)_{LR}$	$(5, 1, 2)_{LR}$	$(94, 11{,}28, 9{,}4)_{LR}$
	7	$(4700, 940, 470)_{LR}$	$(164, 2, 4)_{LR}$	$(70, 14, 11{,}9)_{LR}$	$(4, 1, 4)_{LR}$	$(61, 7{,}32, 6{,}1)_{LR}$
	8	$(2750, 440, 275)_{LR}$	$(90, 2, 4)_{LR}$	$(52, 10{,}4, 11{,}44)_{LR}$	$(3, 1, 2)_{LR}$	$(49, 5{,}88, 4{,}9)_{LR}$
	9	$(1350, 202{,}5, 135)_{LR}$	$(95, 4, 2)_{LR}$	$(19, 3{,}8, 5{,}13)_{LR}$	$(1, 1, 4)_{LR}$	$(43, 5{,}16, 4{,}3)_{LR}$
	10	$(1900, 228, 190)_{LR}$	$(75, 4, 2)_{LR}$	$(16, 3{,}2, 3{,}84)_{LR}$	$(2, 1, 2)_{LR}$	$(29, 3{,}48, 2{,}9)_{LR}$

Para aplicação do método F-FlowSort conforme as etapas descritas em 3.3.1 foi adotada a função de preferência difusa V-*Shape* com indiferença. Na Tabela 3.11 encontram-se os valores dos limiares de preferência (p) e indiferença (q) e dos pesos normalizados.

Tabela 3.11. Valores dos limiares de preferência (p) e indiferença (q) e do peso normalizado

Critérios	***p***	***q***	**Peso**
(A) Valor presente líquido do investimento (10^6 GRD)	100	0	0,25
(B) Criação de novos empregos (Unidade)	20	0	0,20
(C) Consumo de energia (10^{12} cal/ano)	5	0	0,10
(D) Índice de risco (1 à 20)	3	0	0,20
(E) Danos ambientais (10^6 GRD)	7	0	0,25

Conforme informado anteriormente, os processos de exploração foram classificados em quatro categorias. Os limites de cada categoria (índices de referência) estabelecidos são apresentados na Tabela 3.12.

Tabela 3.12. Limites das categorias

R^*	**(A)**	**(B)**	**(C)**	**(D)**	**(E)**
Ir_1	6000	1500	1000	-100	-100
Ir_2	4000	147	51	3	60
Ir_3	3750	125	40	6	74
Ir_4	2000	98	20	9	93
Ir_5	0	0	0	25	160

O método *Fuzzy* FlowSort foi então aplicado. A Tabela 3.13 apresenta os resultados.

Tabela 3.13. Classificação dos processos de exploração de acordo com o fluxo positivo, negativo e líquido

Processos	$C_{Fluxo\ Positivo}$	$C_{Fluxo\ Negativo}$	$C_{Fluxo\ Líquido}$
1	C2	C2	C2
2	C2	C2	C2
3	C2	C2	C2
4	C2	C2	C2
5	C2	C2	C2
6	C3	C3	C3
7	C1	C1	C1
8	C2	C2	C2
9	C3	C3	C3
10	C3	C3	C3

3.3.2.2 Discussão

A aplicação do método F-FlowSort ao modelo contendo avaliações quantitativas imprecisas se mostrou simples e de fácil utilização.

Após a aplicação do método foi confirmado o potencial da lógica difusa associada com a metodologia FlowSort para o tratamento de dados vagos e imprecisos. A introdução da imprecisão no modelo por meio da avaliação das alternativas, trouxe uma nova gama de informações que permitiram o aperfeiçoamento do processo decisório criando condições de tratar com mais precisão os problemas do mundo real.

Conforme já dito anteriormente (Seção 3.3.1.2), o uso dos números *fuzzy* é recomendado quando a função de pertinência a esquerda e a direita de *m* não é simétrica e, portanto, o operador de Yager resulta em um valor diferente de *m* (Goumas & Lygerou, 2000).

Com o objetivo de comparar os resultados, o método FlowSort foi então aplicado ao problema. Assim, os mesmos dados de entrada foram utilizados, com exceção das variações das avaliações que foram desconsideradas. Os resultados obtidos na classificação dos dez processos de exploração pelos métodos F-FlowSort e FlowSort são apresentados na Tabela 3.14.

Tabela 3.14. Comparação dos resultados

Processos	F-FlowSort			FlowSort		
	C_{Fluco} ***Positivo***	C_{Fluxo} ***Negativo***	C_{Fluxo} ***Líquido***	C_{Fluco} ***Positivo***	C_{Fluxo} ***Negativo***	C_{Fluxo} ***Líquido***
1	C2	C2	C2	C2	C2	C2
2	C2	C2	C2	C2	C2	C2
3	C2	C2	C2	C2	C2	C2
4	C2	C2	C2	C2	C2	C2
5	C2	C2	C2	C2	C2	C2
6	C3	C3	C3	C3	C3	C3
7	C1	C1	C1	C1	C1	C1
8	C2	C2	C2	C2	C2	C2
9	C3	C3	C3	C3	C2	C3
10	C3	C3	C3	C3	C3	C3

Verifica-se que apenas alternativa 9 é alocada em categoria diferente quando considerada a classificação com base no fluxo negativo.

Acredita-se que mais casos de divergências de classificação poderiam ocorrer entre os dois métodos caso as imprecisões consideradas em torno das avaliações fossem maiores (para o exemplo descrito aqui, elas eram em média de 10%) e se as categorias não fossem definidas tão largas.

A fim de verificar se existe alguma correlação entre os resultados dos métodos FlowSort e F-FlowSort em relação ao PROMETHEE e F-PROMETHEE, estes últimos métodos também foram aplicados ao problema aqui descrito. Os resultados apresentados pelos métodos PROMETHEE e F-PROMETHEE são mostrados na Tabela 3.15.

Tabela 3.15. PROMETHEE e F-PROMETHEE

Ranking dos Processos	
PROMETHEE	**F-PROMETHEE**
7	7
2	2
8	3
9	4
3	5
4	8
5	10
10	1
1	9
6	6

Observa-se por meio dos resultados apresentados pelo PROMETHEE e F-PROMETHEE, que ocorreu reversão de ordem quando as imprecisões das avaliações das alternativas foram levadas em consideração. A alternativa 9 teve a sua ordem invertida. Na ordenação proposta pelo PROMETHEE ela ocupava a 4º posição e no F-PROMETHEE passou a ocupar a nona posição.

Pode-se concluir então, que de certa forma existe alguma relação entre as divergências apresentadas pelos resultados PROMETHEE e F-PROMETHEE e entre FlowSort e F-FlowSort, uma vez que a alternativa que sofreu inversão de ordem no F-PROMETHEE (alternativa 9) foi a única que apresentou divergência de classificação no F-FlowSort. Entretanto, essas observações não podem ser generalizadas, uma vez que são necessários estudos mais aprofundados nesta área.

4 CONCLUSÕES E FUTUROS TRABALHOS

A tomada de decisão é uma importante tarefa de gerenciamento. Decisões eficientes e eficazes na gestão de processos trazem vantagens competitivas para a organização e a leva a ser bem sucedida.

Este estudo teve como objetivo o desenvolvimento de modelos multicritério de apoio à decisão para auxiliar os gerentes e profissionais envolvidos com a aplicação dos conceitos e práticas da Gestão de Processos de Negócio (BPM). Diferentemente dos modelos de decisão encontrados na literatura relacionados ao BPM, este trabalho sugeriu a utilização de métodos multicritérios não compensatórios de classificação da família do ELECTRE e do PROMETHEE. A utilização de métodos não compensatórios nos modelos propostos deve-se ao fato deste tipo de método favorecer alternativas mais balanceadas, ou seja, aquelas que possuem um melhor desempenho médio. O que já não seria possível obter caso o método fosse compensatório, no qual é possível contrabalancear as desvantagens de um critério em relação a uma vantagem em outro, favorecendo assim, ações não balanceadas, aquelas cujo desempenho é excelente sob algum aspecto, mas ruim em outros.

Desta maneira, os modelos propostos devem ser usados quando as preferências do decisor permitam uma abordagem não compensatória. Entretanto, podem-se utilizar outros métodos diferentes dos sugeridos, desde que esses sejam não compensatórios, fazendo uso assim, apenas o arcabouço geral dos modelos propostos neste trabalho.

Para auxiliar o decisor na estruturação do problema e na aplicação dos modelos a presença de um analista é importante e, portanto recomendada neste trabalho. O sucesso da aplicação dos modelos também está relacionado com o nível cultural e intelectual do decisor.

O desenvolvimento de modelos que podem ser usados para resolução dos problemas relacionados com a Gestão de Processos de Negócio (BPM) é a principal contribuição metodológica do trabalho. O propósito do primeiro modelo apresentado é o de apoiar o gerente na análise dos dados e informações de desempenho dos processos de negócio a fim de ajudá-lo na definição da melhor estratégia para o gerenciamento de cada processo. Com o auxílio do modelo, os gerentes podem planejar e gerenciar as suas atividades semanais associados a cada processo de negócio de forma mais eficiente. Para este fim, o modelo fornece a classificação dos processos sob a responsabilidade do gerente em categorias de procedimentos gerenciais. O modelo utiliza o método multicritério ELECTRE TRI-B para classificar os processos.

Uma das características apresentadas pelo ELECTRE TRI-B é a consideração das situações de incomparabilidade no processo de avaliação. Entretanto, essa característica não é

bem explorada pelo modelo "Planejamento Gerencial" uma vez que o objetivo foi o de desenvolver um modelo que pudesse ser facilmente utilizado pelos gerentes. O desenvolvimento do Software "Planejamento Gerencial" e a avaliação dele em situações da vida real são propostas para trabalhos futuros. Além disso, uma adaptação do modelo "Planejamento Gerencial" para problemas de decisão em grupo pode ser abordado em pesquisas futuras.

O segundo modelo propôs uma estrutura para ajudar o gerente/modelador a avaliar e a selecionar uma linguagem de modelagem para o BPM de acordo com os propósitos de modelagem com base no *Semiotic Quality Framework* (SEQUAL) e no método ELECTRE TRI-B. Este estudo não objetivou estabelecer novas formas e critérios de avaliação, mas sim pretendeu demonstrar como duas abordagens já existentes podem ser combinadas para resolver o problema de seleção de uma linguagem de modelagem. Uma limitação do estudo está relacionada com a definição dos critérios associados a cada uma das seis áreas de qualidade da linguagem definidas pelo *Semiotic Quality Framework*. Foi utilizada uma lista de critérios definida por Østbø (2000) conforme empregada por Nysetvold & Krogstie (2005) em seu estudo, mas reconhece-se que novos estudos devem ser realizados nesta área de modo que uma lista exaustiva de critérios de avaliação possa ser desenvolvida.

No presente trabalho, foi também proposto uma extensão do método de classificação FlowSort para a tomada de decisão em ambiente *fuzzy*, que foi denominado *Fuzzy* FlowSort (F-FlowSort). A motivação para o desenvolvimento deste método é que muitos problemas da vida

real podem ser formulados como um problema de classificação e não havia até então nenhum método pertencente à família do PROMETHEE que lidasse com esse tipo de problemática e que, ao mesmo tempo, fosse capaz de levar em conta a opinião subjetiva e imprecisa do decisor.

Uma das vantagens do F-FlowSort é que por se tratar de um método de classificação baseado na metodologia PROMETHEE, incorpora as facilidades oferecidas por este método. Além disso, o resultado de classificação é consistente com os resultados do PROMETHEE II. Por fim, este novo método adiciona mais informação ao processo de decisão possibilitando o alcance de um resultado mais realista.

A fim de descrever do método proposto, ele foi utilizado em um modelo para classificação dos processos de negócio para planejamento das ações de implementação do BPM. Para analisar a aplicabilidade tanto do modelo quanto do método quando a avaliação das alternativas em relação aos critérios é feita por variáveis linguísticas, o modelo foi utilizado em um estudo de caso. Para investigar a aplicabilidade quando as avaliações são quantitativas, porém imprecisas,

o modelo foi demonstrado por meio de uma aplicação numérica baseado no estudo de caso descrito em Goumas & Lygerou (2000).

Em geral, os resultados mostram que a F-FlowSort é um método útil para a modelagem do processo de tomada de decisão que incorpora informações subjetivas e imprecisas. Os resultados obtidos por meio F-FlowSort foram comparados com os resultados fornecidos pelo método FlowSort. Como não houve divergências significativas entre os resultados apresentados por estes dois métodos, foram feitas 3 suposições (seção 3.3.1.2) de modo a explicar o porquê que não verificou-se grandes diferenças entre os resultados, são elas: ausência de critérios totalmente opostos, utilização de conjunto de termos linguísticos com baixo nível de granularidade e uso de pequena quantidade de categorias. Por isso, como trabalho futuro é sugerida a realização de uma simulação a fim de analisar tais suposições.

Além disso, também é sugerida como pesquisa futura a elaboração da extensão do F-FlowSort quando as classes são definidas por alternativas de referência.

A revisão bibliográfica evidenciou que não existem muitos trabalhos científicos relacionados com a aplicação de métodos multicritério à Gestão de Processos de Negócio, uma vez que a abordagem multicritério é uma área nova em todos os campos de conhecimento, inclusive no BPM. Portanto, existem ainda diversas áreas relacionadas ao BPM que podem ser exploradas pela abordagem multicritério. Entre elas, encontra-se a gestão da maturidade em BPM, uma vez que é uma área que vem recebendo uma atenção crescente nos últimos anos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aagesen, G. and Krogstie, J., (2010), "Analysis and design of business process using BPMN", in J. vom Brocke, J. and Rosemann, M. (Eds.), *Handbook on Business Process Management 1 - Introduction, Methods and Information Systems*, Springer, pp. 213–235.

Aguilar-Savén, R.S. (2004), "Business Process Modelling: Review and Framework", *International Journal of Production Economics*, Vol. 90, pp. 129 –149.

Almeida, A.T. de (2013), *Processo de Decisão nas Organizações: Construindo Modelos de Decisão Multicritério*. Editora Atlas. 1ª Edição, São Paulo.

Almeida, A.T. de. (2011), *O Conhecimento e o Uso de Métodos Multicritério de Apoio a Decisão*. Editora Universitária da UFPE. 2ª Edição, Recife.

Almeida, A.T. de, Costa, A.P.C.S. (2003), *Aplicações com métodos multicritério de apoio a decisão*. Editora Universitária, Recife.

Almeida, A.T. de, Morais, D.M., Costa, A.P.C.S., Alencar, L.H., Daher, S.F.D. *Decisão em Grupo e Negociação: Métodos e Aplicações*. Editora Atlas, 2012.

Almeida, A.T. de, Ramos, F.S., org. (2002) Gestão da Informação na competitividade das organizações. Editora Universitária UFPE, 2 ed., Recife

Almeida, A.T. de, Souza, F.C M. (2001), *Gestão da manutenção na direção da Competitividade*. Editora Universitária, Recife.

Almeida-Dias, J., Figueira, J.R. and Roy, B. (2010), "ELECTRE TRI-C: A multiple criteria sorting method based on characteristic reference actions", *European Journal of Operational Research*, Vol. 204, pp. 565–580.

Andrews, T., Curbera, F., Dholakia, H. (2003). Business process execution language for web services (BPEL4WS) 1.1.

Arai K. and Sang, T.X. (2011), "Fuzzy Genetic Algorithm for Prioritization Determination with Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution", *IJCSNS International Journal of Computer Science and Network Security*, Vol.11 (5), pp. 229–235.

Bana e Costa, C.A. and Vansnick, J. (2001), "A Fundamental Criticism to Saaty's Use of the Eingenvalue Procedure to Derive Priorities", *Working Paper Series*, London School of Economics.

Bandara, W., Alibabaei, A. and Aghdasi, M. (2009), "Means of achieving business process management success factors", MCIS 2009 Proceedings of the 4th Mediterranean Conference on Information Systems, Athens, Greece, 25-27 September.

Becker, J., Knackstedt, R. and Poppelbuß, J. (2009), "Developing maturity models for IT management – a procedure model and its application", *Business and Information Systems Engineering*, Vol. 1 (3), pp. 213–22.

Belacel, N. (2000), "Multicriteria assignment method PROAFTN: Methodology and medical application", *European Journal of Operational Research*, Vol. 125, pp. 175–183.

Belton V, Gear T. (1983), "On a shortcoming of Saaty's method of analytic hierarchies", *Omega*, Vol. 11, pp. 228–230.

Bernroider, E.W.N and Bernroider, M. (2008), "A Comparative Study of Business Process Management Tools based on Open Source", in: http://www.iiis.org/CDs2008/CD2008SCI/CITSA2008/PapersPdf/I478DF.pdf

Bisel, R.U., Büyüközkan, G. and Ruan, D. (2006), "A Fuzzy Preference-Ranking Model for a Quality Evaluation of Hospital Web Sites", *International Journal of Intelligent Systems*, Vol. 21(11), pp. 1181–1197.

Blanco, A., Delgado, M., Martin, J. and Polo, M. (2003), "Multicriteria decisions with qualitative information. The new fuzzy electre I & II methods", Intelligent control systems and signal processing: (ICONS 2003). In Proceedings volume from the IFAC international conference (pp. 255-260).

Błaszczyński, J., Greco, S. and Słowiński, R. (2007), "Multi-criteria classification – A new scheme for application of dominance-based decision rules", *European Journal of Operational Research*, Vol. 181, pp. 1030-1044.

Booch, G., Jacobson, I. and Rumbaugh, J. (1998), *The Unified Modeling Language Users Guide*, Addison-Wesley, Reading, MA.

Booch, G., Rumbaugh, J., and Jacobson, I. (2005), *The Unified Modeling Language User Guide*, Second Edition, Addison Wesley.

Bouchbout, K., Akoka, J. and Alimazighi, Z. (2012), "An MDA-based framework for collaborative business process modelling", *Business Process Management Journal*, Vol. 18 (6), pp. 919–948.

Bouyssou & Marchant, (2007), "An axiomatic approach to noncompensatory sorting methods in MCDM, II: More than two categories", *European Journal of Operational Research*, Vol. 178, pp. 246–276.

BPM&O (2011), Status Quo Prozessmanagement 2010/2011 Cologne.

Brans, J.P. and Mareschal, B. (2002). PROMÉTHÉE-GAIA: une méthodologie d´aide à la décision en présence de critères multiples. Éditions de L´Université de Bruxelles, Bruxelles.

Brans, J.P., Mareschal, B. and Vincke, P. (1984), "Promethee: A new family of outranking methods in Multicriteria Analysis", In Brans, J.P. (Ed.), Operational Research '84, North-Holland, New York, pp.477-490.

Brito, A.J., Almeida, A.T. de and Mota, C.M.M. (2010), "A multicriteria model for risk sorting of natural gas pipelines based on ELECTRE TRI integrating Utility Theory", *European Journal of Operational Research*, Vol. 200, pp. 812–821.

Brown, R., Recker, J. and West, S. (2011),"Using virtual worlds for collaborative business process modeling", *Business Process Management Journal*, Vol. 17 (3), pp. 546– 564.

Bruin, T., Business process management: theory on progression and maturity. PhD thesis, Queensland University of Technology, 2009 (Ph.D. Thesis).

Campos, A.C.S.M., Daher, S., Almeida, A.T. (2011), "New Patents on Business Process Management Information Systems and Decision Support", *Recent Patents on Computer Science*, Vol. 4, pp. 91-97.

Chen, C.T. (2000), "Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 114, pp. 1–9.

Chen, M., Zhang, D.S, Zhou L. (2007), "Empowering collaborative commerce with Web services enabled business process management systems", *Decision Support Systems*, Vol. 43, pp. 530–546.

Cho, C. and Lee, S. (2011), "A study on process evaluation and selection model for Business Process Management", *Expert Systems with Applications*, Vol. 38, pp. 6339–6350.

Condor, R.D., Scarelli, A. and Valentini, R. (2011), "Multicriteria Decision Aid to support Multilateral Environmental Agreements in assessing international forestry projects", *International Environmental Agreements: Politics, Law and Economics*, Vol. 11 (2), pp. 117–137.

Cortes-Cornax, M., Dupuy-Chessa, S., Rieu, D. and Dumas, M., 2011. Evaluating Choreographies in BPMN 2.0 Using an Extended Quality Framework. *In: Third International Workshop, BPMN 2011,* 21-22 November 2011 Lucerne, Switzerland. Lecture Notes in Business Information Processing, Vol. 95, 103–117.

Czyzak, P. and Slowinski, R. (1996), "Possibilistic construction of fuzzy outranking relation for multiple-criteria ranking", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 81, pp. 123–131.

Decker, G. and Weske, M. (2009), "Toward collaborative business process modeling", *Cutter IT Journal*, Vol. 10.

Doebeli G., Fisher, R., Gapp, R. and Sanzogni, L. (2011), "Using BPM governance to align systems and practice", *Business Process Management Journal*, Vol. 17 (2), pp. 184–202.

Doumpos, M. and Zopounidis, C. (2004), "A multicriteria classification approach based on pairwise comparisons", *European Journal of Operational Research*, Vol. 158, pp. 378–389.

Dyer, J.S. (1990), "Remarks on the Analytic Hierarchy Process", *Management Science*, Vol. 36 (3), pp. 249–258.

Elzinga, D.J., Horak, T., Lee, C.Y. and Bruner, C. (1995), "Business Process Management – Survey and Methodology", *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 42 (2), pp.119–128.

Felix, T.S. and Bing, J. (2001), "The application of flexible manufacturing Technologies in Business Process Reengineering", *International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 13, pp. 131–144.

Fernandez, E., Navarro, J. and Duarte, A. (2008), "Multicriteria sorting using a valued preference closeness relation", *European Journal of Operational Research*, Vol. 185, pp. 673–686.

Figueira, J. and Roy, B. (2002), "Determining the weights of criteria in the ELECTRE type methods with a revised Simos' procedure", *European Journal of Operational Research*, Vol. 139, pp. 317–326.

Figueira, J., Greco, S. and Ehrgott, M., ed., (2005), *Multiple Criteria Decision Analysis: State of the Art Surveys*. Springer.

Figueira, J.R., Greco, S., Roy,B. and Słowinski, R. (2010), "ELECTRE methods: Main features and recent developments", in *Handbook of Multicriteria Analysis*, Springer, New York.

Geldermann, J., Spengler, T. and Rentz, O. (2000), "Fuzzy outranking for environmental assessment. Case study: Iron and steel making industry", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 115, pp. 45– 65.

Giaglis, G.M. (2001), "Taxonomy of Business Process Modeling and Information Systems Modeling Techniques", *The International Journal of Flexible Manufacturing Systems*, Vol. 13, pp. 209–228.

Glassey, O. (2008), "A case study on process modelling — Three questions and three techniques", *Decision Support Systems*, Vol. 44 (4), pp. 842–853.

Gomes L.F.A.M., Araya M.C.G. and Carignano C. (2004), *Tomada de decisões em cenários complexos*. Pioneira Thompson Learning, São Paulo.

Gomes L.F.A.M., Gomes C.F.S. and Almeida A.T. de (2009), *Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério*. Editora Atlas, 3a Edição, Rio de Janeiro.

Goumas, M. and Lygerou, V. (2000), "An extension of the PROMETHEE method for decision making in fuzzy environment: Ranking of alternative energy exploitation projects", *European Journal of Operational Research*, Vol. 123, pp. 606–613.

Greenberg, P.S., Ralph H.G., Antonucci, Y.L. (2008),"The role of trust in the governance of business process outsourcing relationships: A transaction cost economics approach", *Business Process Management Journal*, Vol. 14 (5), pp. 593–608.

Harmon, P. (2004). Evaluating an Organization's Business Process Maturity. *BPTrends*. [Online]. Available: http://www.bptrends.com/resources_publications.cfm

Herrera, F. and Herrera-Viedma, E. (2000), "Linguistic decision analysis: steps for solving decision problems under linguistic information", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 115, pp. 67–82.

Hurson Ch. and Ricci, N (1998), "Multicriteria decision making and portfolio management with arbitrage pricing theory", in: Zopounidis, C. (Ed.), *Operational Tools in the Management of Financial Risks*, Kluwer, Dordrecht, pp. 31-55.

Indulska, M., Recker, J., Green, P. and Rosemann, M. (2008), "Representational Deficiency of Process Modelling Languages: Measures and Implications. *In:* W. Golden et al. eds. *Proceedings of the 16th European Conference on Information Systems*, 9-11 June 2008 Ireland. ECIS, 1632–1643.

Indulska, M. and Recker, J.C. and Rosemann, M. and Green, P. (2009), "Business process modeling: current issues and future challenges". In: The 21st International Conference on Advanced Information Systems, 8-12 June 2009, Amsterdam, The Netherlands.

Jayaganesh, M. and Shanks, G. (2009), "A cultural analysis of ERP-enabled business process management strategy and governance in Indian organisations", ACIS 2009 Proceedings of the 20th Australasian Conference on Information Systems, Melbourne, Australia, 2-4 December.

Kadlec J. (2012), "Two-dimensional process modeling (2DPM): A new approach to integration of process workflow, process structure, and resource communication", *Business Process Management Journal,* Vol. 18 (6), pp. 849–875.

Khusidman, V. (2010). BPM Governance Framework. BPTrends (http://www.bptrends.com/)

Ko, R.K.L., Lee, S.S.G. and Lee, E.W. (2009), "Business process management (BPM) standards: a survey", *Business Process Management Journal*, Vol. 15 (5), pp. 744–791.

Korhonen, J. On the Lookout for Organizational Effectiveness – Requisite Control Structure in BPM Governance. 1st International Workshop on BPM Governance – WoGo (2007).

Krogstie, J. (2003), "Evaluating UML using a generic quality framework", in *UML and the unified process*, Idea Group Publishing, Hershey, pp. 1–22.

Krogstie, J. and Arnesen, S. (2004), "Assessing Enterprise Modelling Languages using a Generic Quality Framework". *Information Modeling Methods and Methodologies: Advanced Topics in Database Research*. IGI Global, 63–79.

Krogstie, J., Sindre, G., Jørgensen, N. (2006), "Process models representing knowledge for action: a revised quality framework", *European Journal of Information Systems,* Vol. 15, pp. 91–102.

La Rosa, M., ter Hofstede, A.H.M.., Wohed, P., Reijers, H.A., Mendling, J. and van der Aalst, W.M.P. (2011), "Managing Process Model Complexity via Concrete Syntax Modifications", *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* Vol. 7 (2), pp. 255–265.

Le Téno, J.F. and Mareschal, B. (1998), "An interval version of PROMETHEE for the comparison of building products' design with ill-defined data on environmental quality", *European Journal of Operational Research,* Vol. 109, pp. 522–529.

Lee, J., Lee, D., Kang, S. (2007). "An Overview of the Business Process Maturity Model (BPMM)", Advances in Web and Network Technologies, and Information Management, Proceedings in Lecture Notes in Computer Science Vol. 4537, pp. 384–395.

Lee, R.G and Dale, B.G. (1998), "Business process management: a review and evaluation", *Business Process Management Journal*, Vol. 4, pp. 214-225.

Léger, J. and Martel, J.M. (2002), "A multicriteria assignment procedure for a nominal sorting problematic", *European Journal of Operational Research,* Vol. 138, pp. 349–364.

Lemaire, J. (1990), "Fuzzy Insurance", *ASTIN Bulletin*, vol. 20 (1), pp. 33–55.

Liu C.F, Li Q, Zhao X.H. (2009), "Challenges and opportunities in collaborative business process management: Overview of recent advances and introduction to the special issue", *Information Systems Frontiers*, Vol. 11, pp. 201–209.

Liu W. and Liu, P. (2010), "Hybrid multiple attribute decision making method based on relative approach degree of grey relation projection", *African Journal of Business Management*, Vol. 4 (17), pp. 3716–3724.

Lourenço, R.P. and Costa, J.P. (2004), "Using ELECTRE TRI Outranking Method to Sort MOMILP Nondominated Solutions", *European Journal of Operational Research*, Vol. 153, pp. 271–289.

Luo, W. and Tung, Y. (1999), "A Framework for Selecting Business Process Modeling Methods", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 99, pp. 312–319.

Mansar, S.L., Reijers, H.A. and Ounnar, F. (2009), "Development of a decision-making strategy to improve the efficiency of BPR", *Expert Systems with Applications*, Vol. 36, pp. 3248–3262.

McCormack, K., Willems, J., van den Bergh, J., Deschoolmeester, D., Willaert, P., Stemberger, M. Skrinjar, R., Trkman, P., Ladeira, M.B., Oliveira, M.P.V, Vuksic, V.B, Vlahovic, N. (2009),"A global investigation of key turning points in business process maturity", Business Process Management Journal, Vol. 15 (5), pp. 792–815.

Mendling, J. (2009), "Event-Driven Process Chains (EPC)", in *Metrics for Process Models Lecture Notes in Business Information Processing*, Vol. 6, pp 17–57.

Merad, M.M., Verdel, T., Roy, B. and Kouniali, S. (2004), "Use of Multi-Criteria Decision-Aids for Risk Zoning and Management of Large area Subjected to Mining-Induced Hazards", *Tunnelling and Underground Space Technology*, Vol. 19, pp. 125–138.

Mousseau, V. and Slowinski, R. (1998), "Inferring an ELECTRE TRI Model from Assignment Examples", *Journal of Global Optimization*, Vol. 12, pp. 157–174.

Mousseau, V., Figueira J. and Naux, J.P (2001), "Using assignment examples to infer weights for ELECTRE TRI method: Some experimental results", *European Journal of Operational Research*, Vol. 130, pp. 263–275.

Nemery, P. and Lamboray, C. (2007), "FlowSort: a flow-based sorting method with limiting or central profiles", *TOP (Official Journal of the Spanish Society of Statistics and Operations Research)*, Vol. 16, pp. 90–113.

Niehaves, B. and Plattfaut, R. (2011),"Collaborative business process management: status quo and quo vadis", *Business Process Management Journal*, Vol. 17 (3), pp. 384– 402.

Nysetvold, A.G. and Krogstie, J. (2005), "Assessing Business Processing Modeling Languages Using a Generic Quality Framework. *In: T.A. Halpin, K. Siau, and J. Krogstie, editors, Proceedings of the 10th Workshop on Evaluating Modeling Methods for Systems Analysis and Design (EMMSAD'05), held in conjunction with the 17th Conference on Advanced Information Systems (CAiSE'05),* 13-17 June 2005 Porto, Portugal. FEUP, 545–556.

OMG, (2011) in: http://www.omg.org/

OMG, BPMI (2006). Business process modeling notation (BPMN)

Østbø, M., Anvendelse av UML til dokumentering av generiske systemer (In Norwegian), Høgskolen i Stavanger, Norway, 2000 (Master Thesis).

Recker, J. (2007), "Why do we keep using a process modelling technique?", in Toleman, M., Cater-Steel, A. and Roberts, D. (Eds), paper presented at the 18th Australasian Conference on Information Systems, The University of Southern Queensland, Toowoomba.

Recker, J. (2008), "BPMN modeling – who, where, how and why", *BPTrends*, Vol. 5 (5), pp. 1–8.

Recker, J. (2010),"Opportunities and constraints: the current struggle with BPMN", *Business Process Management Journal*, Vol. 16 (1), pp. 181–201.

Recker, J., Indulska, M., Rosemann, M. and Green, P. (2005), "Do process modelling techniques get better? A comparative ontological analysis of BPMN", in Campbell, B., Underwood, J. and Bunker, D. (Eds), paper presented at the 16th Australasian Conference on Information Systems, Australasian Chapter of the Association for Information Systems, Sydney.

Recker, J., Indulska, M., Rosemann, M. and Green, P. (2006), "How good is BPMN really? Insights from theory and practice", in Ljungberg, J. and Andersson, M. (Eds), paper presented at the 14th European Conference on Information Systems, Association for Information Systems, June 12-14,Goeteborg, Sweden.

Recker, J., Rosemann, M., Indulska, M. and Green, P. (2009), "Business Process Modeling: A Comparative Analysis", *Journal of the Association for Information Systems*, Vol. 10 (4), 333–363.

Rocha, C. and Dias, L.C. (2008), "An algorithm for ordinal sorting based on ELECTRE with categories defined by examples", *J Glob Optim*, Vol. 42, pp. 255–277.

Röglinger, M., Pöppelbuß, J., Becker, J. (2012), "Maturity models in business process management", *Business Process Management Journal*, Vol. 18 (2), pp. 328–346.

Rosemann, M. and Bruin, T. de (2005), "Application of a holistic model for determining BPM maturity", *BPTrends*, February, pp. 1-21, available at: www.bptrends.com/publicationfiles/02%2D05%20WP%20Application%20of%20a%20Holistic%20Model%2D%20Rosemann%2DBruin%20%2D%E2%80%A6%2Epdf

Roy, B. (1996), *Multicriteria Methodology for Decision Aiding*, Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Roy, B. and Bouyssou, D. (1993), *Aide Multicritère à la Décision: Méthodes et Cas*, Economica, Paris.

Ruoning, X. and Xiaoyan, Z. (1992), "Extensions of the analytic hierarchy process in fuzzy environment", *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 52, pp. 251–257.

Saaty, T.L. (1980), *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw Hill, New York.

Santana, A.F.L., Alves, C.F., Santos, H.R.M. and Felix, A.D.C. (2011), "BPM Governance: An Exploratory Study in Public Organizations", Enterprise, Business-Process and Information Systems Modeling in Lecture Notes in Business Information Processing Volume 81, 2011, pp 46-60.

Seethamraju, R. (2012), "Business process management: a missing link in business education", *Business Process Management Journal*, Vol. 18 (3), pp. 532–547.

Shimizu, Y. and Sahara, Y. (2000), "A supporting system for evaluation and review of business process through activity-based approach", *Computers and Chemical Engineering*, Vol. 24, pp. 997–1003.

Siau, K. and Loo, P.-P. (2006), "Identifying difficulties in learning UML", *Information Systems Management*, Vol. 23, pp. 43–51.

Siskos Y., Grigoroudis, E., Krassadaki, E. and Matsatsinis, N. (2007), "A multicriteria accreditation system for information technology skills and qualifications", *European Journal of Operational Research*, Vol. 182, pp. 867–885.

Smith, H. and Fingar, P. (2003). *Business Process Management: The Third Wave*, 1.ed.Tampa: Menghan Kiffer Press.

Söderström, E., Andersson, B., Johannesson, P., Perjons, E. and Wangler B., 2002. Towards a Framework For Comparing Process Modelling Languages. *In: 14th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, CAiSE 2002*, 27-31 May 2002 Canada. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2348, 600–611.

Spanyi, A. (2010), "Business Process Management Governance" in vom Brocke, J., Rosemann, M. (Eds.), *Handbook on Business Process Management 2 - Strategic Alignment, Governance, People and Culture*, Springer-Verlag, Berlin Heildelberg.

Stemberger, M.I., Bosilj-Vuksic, V. and Jaklic, J. (2010), "Business Process Management software selection – Two case studies", *Ekonomska Istrazivanja-Economic Research*, Vol. 22, pp. 84–99.

Su, X., Ilebrekke, L., 2002. A comparative study of ontology languages and tools. *In: 14th International Conference on Advanced Information Systems Engineering, CAiSE 2002*, 27-31 May 2002 Canada. Lecture Notes in Computer Science, Vol. 2348, 761–776.

Subramanian, N. and Ramanathan, R. (2012), "A review of applications of Analytic Hierarchy Process in operations management", Int. J.ProductionEconomics, Vol. 138, pp. 215–241.

Szajubok, N.K, Alencar L.H, Almeida A.T. de (2006), "Modelo de gerenciamento de materiais na construção civil utilizando avaliação multicritério", *Pesquisa Operacional*, Vol. 26, pp. 625–648.

Tervonen, T., Figueira, J.R., Lahdelma, R., Almeida-Dias, J. and Salminen, P. (2009), "A stochastic method for robustness analysis in sorting problems", *European Journal of Operational Research*, Vol. 192 (1), pp. 236–242.

van der Aalst, W.M.P. (2004), "Business Process Management: a Personal View", Business Process Management Journal, Vol. 10 (2), pp. 135-139.

van der Aalst, W.M.P. and ter Hofstede, A.H.M. (2005), "YAWL: yet another workflow language", *Information Systems*, Vol. 30, pp. 245–75.

van der Aalst, W.M.P., ter Hofstede, A.H.M., Kiepuszewski, B. and Barros, A.P. (2003), "Workflow Patterns", *Distributed and Parallel Databases*, 14 (3), 5–51.

van Laarhoven, P.J.M. and Pedrycz, W. (1983), "A fuzzy extension of Saaty's priority theory", *Fuzzy sets and systems*, Vol. 11, pp. 229–241.

van Looy, A, De Backer, M and Poels, G. (2011), "Defining business process maturity. A journey towards excellence", *Total Quality Management & Business Excellence*, Vol. 22 (11), pp. 1119–1137.

Vergidis, K., Turner, C.J. and Tiwari, A. (2008). "Business process perspectives: Theoretical developments vs. real-world practice. International Journal Production Economics", Vol. 114, pp. 91–104.

Vincke, P., (1992), *Multicriteria decision-aid*. Londres, John Wiley & Sons, 1992.

vom Brocke, J. and Sinnl T. (2011), "Culture in business process management: a literature review", *Business Process Management Journal*, Vol. 17 (2), pp. 357–377.

Wahl, T. and Sindre, G., 2005. An Analytical Evaluation of BPMN Using a Semiotic Quality Framework. *In:* In T.A. Halpin, K. Siau, and J. Krogstie, editors, *Proceedings of the Workshop on Evaluating Modeling Methods for Systems Analysis and Design (EMMSAD'05), held in conjunction with the 17th Conference on Advanced Information Systems (CAiSE'05)*, 13-17 June 2005 Porto, Portugal. FEUP, 533–544.

Wand, Y. and Weber, R. (1993), "On the Ontological Expressiveness of Information Systems Analysis and Design Grammars", *Journal of Information Systems*, Vol. 3, pp. 217–237.

Wang, W., Ding, D., Dong, J. and Ren, R. (2006), "A Comparison of Business Process Modeling Methods", Conference: IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics - SOLI , 2006.

White, S.A. (2004), "Introduction to BPMN", available at: www.bpmn.org/Documents/Introduction_to_BPMN.pdf (accessed 21 November 2011).

Wohed, P. Russell, N., ter Hofstede, A.H.M., Andersson, B. and van der Aalst, W.M.P. (2009), "Patterns-based Evaluation of Open Source BPM Systems: The Cases of jBPM, OpenWFE, and Enhydra Shark", *Information and Software Technology*, Vol. 51 (8), pp. 1187–1216.

Xu, X. and Zhou, X. (2010), "Key Business Process Selection Based on AHP and TOPSIS Model, 2010 International Conference on Management Science and Engineering (MSE 2010), VOL 4 Pages: 459-462.

Yager, R.R. (1981), "A procedure for ordering fuzzy subsets of the unit interval", *Information Science*, Vol. 24, pp. 143–161.

Yang, D.H., Kim, S., Nam, C. and Min, J.W. (2007), "Developing a decision model for business process outsourcing", *Computers & Operations Research*, Vol. 34, pp. 3769–3778.

Yen, V.C. (2009), "An integrated model for Business Process Measurement", *Business Process Management Journal*, Vol. 15 No. 6, pp. 865–875.

Yu W., Aide multicritère à la décision dans le cadre de la problématique du tri, Université de Paris-Dauphine, 1992 (Ph.D. Thesis).

Zadeh, L.A. (1975), "The Concept of a Linguistic Variable and its Application to Approximate Reasoning-I", *Information Science*, Vol. 8, pp. 199–249.

Zopounidis, C. and Doumpos, M. (1999), "A Multicriteria Decision Aid Methodology for Sorting Decision Problems: The Case of Financial Distress", *Computational Economics*, Vol. 14, pp. 197–218.

Zopounidis, C. and Doumpos, M. (2000), "Building additive utilities for multi-group hierarchical discrimination: The MHDIS method", *Optimization Methods and Software*, 14 (3), pp. 219–240.

Zopounidis, C. and Doumpos, M. (2002), "Multicriteria classification and sorting methods: a literature review", *European Journal of Operational Research*, Vol. 138, pp. 229–246.

zur Muehlen, M. and Recker, J. (2008), "How much language is enough? Theoretical and practical use of the business process modeling notation", in Proceeding CAiSE '08 Proceedings of the 20th international conference on Advanced Information Systems Engineering, pp. 465 – 479.

ANEXO 1 – Avaliação das Linguagens de Modelagem

Critério/Requisito	UML	BPMN	EEML
1.1 A linguagem suporta os seguintes conceitos: (a) Processos, que devem ser possível decompor (b) Atividades (c) Atore/ Papéis (d) Pontos de decisão (e) Fluxo entre atividades, tarefas e pontos de decisão	3	3	3
1.2 A linguagem suporta: (a) recursos (b) estados	2	2	3
1.3 A linguagem suporta os padrões de controle básicos (van der Aalst *et al*., 2003)	3	3	3
1.4 A linguagem suporta ramificação avançada e padrões de sincronização	0	0,5	3
1.5 A linguagem suporta padrões estruturais	0	1,5	1,5
1.6 A linguagem suporta padrões envolvendo múltiplas instâncias	1,5	1,5	2
1.7 A linguagem suporta de estado baseados em padrões de fluxo	1	1	2
1.8 A linguagem suporta padrões de cancelamento	3	3	3
1.9 A linguagem inclui mecanismos de extensão para se ajustar ao domínio	3	1	1
1.10 Os elementos do modelo de processo podem ser vinculados a um modelo de dados/informação	3	1	3
1.11 É possível de fazer modelos hierárquicos	3	3	3
2.1 A linguagem é fácil de aprender, de preferência sendo baseado em uma linguagem já utilizada na organização	2	3	1
2.2 A linguagem possui um nível adequado de abstração	3	3	3
2.3 Os conceitos são nomeados de forma semelhante conforme estão no domínio	1	3	2

2.4 A representação externa dos conceitos é intuitiva para os *stakeholders*	2	2	2
2.5 Existem boas diretrizes para a utilização da linguagem	2	2	1
4.1 É fácil diferenciar conceitos diferentes	3	3	2
4.2 O número de conceitos é razoável	3	3	1
4.3 A linguagem é flexível em termos de precisão	1	2	3
4.4 É fácel distinguir os diferentes símbolos da linguagem	2	2	1
4.5 A linguagem deve ser consistente, não tendo um único símbolo para representar vários conceitos, ou vários símbolos para expressar o mesmo conceito.	3	3	3
4.6 Possui simplicidade gráfica	3	2	1
4.7 É possível agrupar afirmações relacionadas	1	1	2
5.1 A linguagem possui uma sintaxe formal	3	3	3
5.2 A linguagem possui uma semântica formal	1	3	2
5.3 É possível gerar BPEL- documentos a partir do modelo	2	3	0
5.4 É possível representar *web services* no modelo	1	3	1
5.5 A linguagem suporta execução automática e teste	1	3	2
6.1 A linguagem é apoiadas por ferramentas que já estão disponíveis ou que podem ser facilmente disponibilizadas na organização	3	3	1
6.2 A linguagem suporta a rastreabilidade entre o modelo do processo e qualquer sistema de suporte de processo automatizado	2	3	1
6.3 A linguagem suporta o desenvolvimento de modelos que podem melhorar a qualidade do processo	1	1	1
6.4 A linguagem suporta o desenvolvimento de modelos que ajudam no acompanhamento de diferentes casos.	1	1	2

ANEXO 2 - Processos de Tecnologia da Informação da Chesf

1. Formulação estratégica;
2. Gestão estratégica de TI;
3. Prospecção e direcionamento estratégico;
4. Gerenciamento da arquitetura da informação;
5. Gerenciamento da organização de TI e seus relacionamentos;
6. Gerenciamento do pessoal de TI;
7. Análise e otimização de processos;
8. Suporte à gestão por processos;
9. Gerenciamento de projetos;
10. Consultoria especializada e suporte à gestão;
11. Suporte ao gerenciamento de contratos;
12. Gerenciamento de riscos;
13. Monitoramento da segurança;
14. Avaliação da conformidade;
15. Manutenção das políticas de segurança;
16. Cultura da segurança da informação;
17. Tratamento de incidentes de segurança;
18. Gerenciamento da continuidade dos serviços de TI;
19. Gerenciamento da configuração de recursos descentralizados;
20. Atendimento aos clientes;
21. Gerenciamento de incidentes;
22. Gerenciamento de problemas;
23. Análise e gerenciamento de demandas especiais;
24. Comunicação com os clientes;
25. Projeto e expansão da infraestrutura;
26. Suporte e manutenção da infraestrutura;
27. Gerenciamento de acesso aos recursos computacionais;
28. Gerenciamento da configuração de infraestrutura;
29. Gerenciamento do desempenho e da capacidade;
30. Gerenciamento das instalações do CPD;
31. Gerenciamento dos bancos de dados e área de armazenamento;

32. Análise de solução para automação de processos;
33. Aquisição e manutenção de soluções automatizadas;
34. Desenvolvimento de soluções automatizadas;
35. Manutenção de sistemas de informação;
36. Gerenciamento do acesso a sistemas de informação;
37. Administração de dados.