



Escola de Engenharia
Universidade do Minho

Paulo António da Silva Ávila

**MODELO RIGOROSO DE SELECÇÃO DE SISTEMAS
DE RECURSOS PARA O PROJECTO DE EMPRESAS
ÁGEIS / VIRTUAIS PARA PRODUTOS COMPLEXOS**

Guimarães, 2004

UNIVERSIDADE DO MINHO

ESCOLA DE ENGENHARIA

DEPARTAMENTO DE PRODUÇÃO E SISTEMAS

Modelo Rigoroso de Selecção de Sistemas de
Recursos para o Projecto de Empresas Ágeis /
Virtuais para Produtos Complexos

Tese de Doutoramento

Paulo António da Silva Ávila

Fevereiro de 2004

Tese realizada sob a orientação do

Prof. Dr. Goran D. Putnik

Professor Associado do
Departamento de Produção e Sistemas
UNIVERSIDADE DO MINHO

“Um objectivo é um sonho com um prazo limite”

(Kenneth Blanchard)

À minha mulher por tudo ...

Aos meus filhos pelos bons momentos partilhados

Aos meus pais pela educação e formação

Ao meu irmão pela sua amizade

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador Prof. Doutor Goran Putnik, expresso o meu sincero agradecimento pela coragem que sempre me transmitiu e pelo acompanhamento amigo que me dedicou.

Ao Prof. Coordenador Ismael Cavaco e ao Prof. Coordenador Afonso Fernandes do Instituto Superior de Engenharia do Porto, um agradecimento por todo o apoio incondicional que me foi sempre concedido desde que cheguei ao ISEP e pelas oportunidades profissionais e de formação que me têm proporcionado.

À Doutora Manuela Cunha pela disponibilidade que sempre demonstrou em ajudar-me neste trabalho.

Aos meus colegas do ISEP e em especial aos de gabinete, Eng^o Pereira Lopes e Eng^o António Guerreiro.

Aos docentes do Departamento de Produção da Universidade do Minho, em especial à Eng^a Anabela Alves.

Ao meu colega de doutoramento, Eng^o Pithon, que a par trilhámos o mesmo caminho.

À minha escola, o ISEP, o meu muito obrigado.

Ao Programa PRODEP pela comparticipação financeira das propinas, na isenção de carga horária e nas despesas de deslocação à Universidade do Minho.

RESUMO

A emergência de novos requisitos para os sistemas de produção tem despoletado desafios no desenvolvimento de projectos de novos modelos organizacionais, nomeadamente do tipo Ágil/Virtual. Integrada num desses projectos, designado por “BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model” (BM_VEARM), esta tese pretende contribuir para a resolução do problema de selecção de recursos quer para esse mesmo projecto, quer para outros que se debatam com o mesmo tipo de problema.

Definimos os objectivos deste trabalho de doutoramento em: Mostrar as limitações dos modelos de selecção existentes por forma a potenciar a construção dum novo modelo; Construir um modelo de selecção de sistemas de recursos rigoroso e abrangente a qualquer método de selecção associado a qualquer dimensão do plano de tarefas e dos seus requisitos associados; Validar a necessidade dum Broker para efectuar a selecção do sistema de recursos, com base no modelo desenvolvido e simultaneamente validar o próprio modelo.

Resumidamente, pretendemos mostrar que o processo de selecção seguindo um modelo de selecção abrangente a qualquer requisito de selecção tem maior domínio de validação se for efectuado por um Broker, e desta forma validar o projecto do processo de selecção da BM_VEARM.

Para realizar o trabalho e podermos alcançar os objectivos a que nos propusemos, organizou-se a tese da seguinte forma: decorrente da análise do estado da arte que fizemos, mostramos que os objectivos do trabalho se enquadravam nas necessidades de investigação; Criámos um modelo de selecção rigoroso e abrangente, constituído pelas actividades mais representativas dum processo de selecção, tendo-se introduzido pela primeira vez actividades que até ao momento nunca haviam sido ponderadas, como a avaliação do espaço de soluções e a selecção do algoritmo de selecção; construiu-se um demonstrador numérico para o modelo de selecção baseado em estimativas reais dos seus parâmetros e com base no nosso conhecimento, que permitiu simular o desempenho do Broker e do Principal com esse modelo. Com as simulações do demonstrador e seus resultados, validámos:

1. A necessidade do Broker no processo de selecção tal como defendíamos em tese para o nosso modelo BM_VEARM, sendo extensível a outros modelos de Empresas Ágeis / Virtuais. Mostrámos que a **importância do Broker é tanto maior quanto maior o número de tarefas, o número de recursos pré-seleccionados e quanto mais complexo for o método de selecção.**
2. O nosso modelo de selecção no sentido de que pode ser aplicado a qualquer método de selecção para qualquer dimensão do plano de tarefas, mas que, para que possa ser abrangente **necessita dum Broker munido com as ferramentas apropriadas para a selecção.**

ABSTRACT

The appearance of new requisites for the production systems has defused challenges in the development of projects of new organizational models, namely of the type Virtual /Agile Enterprise. Inserted within one of these projects, designated by BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model (BM_VEARM), this thesis intends to contribute for the resolution of the resources selection problem within this project and for other projects that imply the same kind of problem.

We defined the goals of our PhD work on: Showing the limitations of the existing resources selection models to justify the development of the new one; Building a rigorous and embracing new resources system selection model for any selection method associated to any dimension task plan and its requisites; To validate the necessity of a Broker to carryout the resources system selection based in the developed model and simultaneously to validate the model itself.

Summarising, we intend to show that the selection process following an embracing selection model has a wider validation domain if it is made by a Broker, and then to validate the project of selection process for the BM_VEARM.

In order to realise our work and to achieve the proposed goals, the thesis was organised in the following way: As a consequence of the state of the art analyse that we have done, we show that our goals are fitted in the investigation necessities; We created a rigorous and embracing selection model, constituted by the most representative activities for a selection process, having introduced for the first time activities that have never been pondered before, like the solution space evaluation and the selection of the selection algorithms; We built a numeric demonstrator for the selection model based on real estimation of its parameters and based in our knowledge, that allowed us to simulate the Broker and Principal performance with that model. With the simulations results we validated:

1. The Broker necessity in the selection process like we defended in thesis for our model BM_VEARM, being extensible to other Agile/Virtual Enterprises models. We demonstrated that **the Brokers importance is the wider, the bigger the number of tasks is, the pre-selected resources number is and the more complex the method of selection is.**
2. Our resources selection model in the sense that can be applied to any selection method for any tasks plan dimension, but in order to be embracing it **needs a Broker provided with the appropriate tools for the selection process.**

ÍNDICE

LISTA DAS FIGURAS	V
LISTA DAS TABELAS.....	IX
LISTA DAS SIGLAS	XI
CAPÍTULO 1	
INTRODUÇÃO.....	1
1.1- Motivação	3
1.2- Âmbito e Objectivos	3
1.3- Organização	4
CAPÍTULO 2	
SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MODELOS ORGANIZACIONAIS AVANÇADOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO COMPETITIVOS	7
2.1 - Enquadramento dos Sistema de Produção	9
2.1.1 - Requisitos para um Sistema de Produção Competitivo	10
2.1.2 - Factores que Potenciam o Requisito da Flexibilidade dos Sistemas de Produção	11
2.2 - Modelos Organizacionais Avançados de Sistemas de Produção	12
2.2.1 - Empresas Virtuais.....	14
2.2.1.1 - Conceito de Empresa Virtual	14
2.2.1.2 - Desempenhos Esperados para as Empresas Virtuais	15
2.2.1.3 - Projectos Associados às Empresas Virtuais	19
2.2.2 - O Modelo da BM_VEARM (Empresa Ágil / Virtual)	20
CAPÍTULO 3	
PROJECTO E SELECÇÃO DE RECURSOS EM GERAL E EM EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS	25
3.1 - Selecção de Recursos em Geral	27
3.2 - Especificação do Problema da Selecção do Sistema de Recursos para uma Empresa Ágil / Virtual	29
3.2.1 – Análise da Entrada (requisitos / especificidades da E A/V) do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	31
3.2.1.1 - Conceito e Estrutura do Plano de Tarefas	32
3.2.1.2 - Funcionalidades Associadas aos Requisitos/Especificidades da E A/V	35
3.2.1.3 - Organização dos Requisitos/Especificidades da E A/V	38

3.2.2 –	Análise do Universo / Domínio de Recursos do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	41
3.2.2.1 -	Conceito de Recurso	42
3.2.2.2 -	Parâmetros dos Recursos.....	43
3.2.2.3 -	Estratégias para a Avaliação dos Parâmetros dos Recursos.....	47
3.2.3 –	Análise do Modelo de Selecção do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	49
3.2.3.1 -	Procura de Recursos.....	49
3.2.3.2 -	Especificação da Pré-selecção de Recursos por Tarefa.....	50
3.2.3.3 -	Especificação da Selecção do Sistema de Recursos.....	54
3.2.4 –	Análise do Esforço /Complexidade do Modelo da Selecção do Sistema de Recursos..	56
3.2.4.1 -	Avaliação da Dimensão do Espaço de Soluções.....	58
3.2.4.2 -	Avaliação do Algoritmo de Selecção.....	63
3.2.4.3 -	Análise do Método de Selecção	65
3.3 -	Selecção de Recursos para as Empresas Ágeis / Virtuais	67
3.3.1 –	Modelos de Selecção de Recursos.....	67
3.3.2 –	Classificação e Avaliação dos Modelos de Selecção de Recursos	75

CAPÍTULO 4

BROKER COMO COMPONENTE DAS EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS E AS SUAS FUNÇÕES	79	
4.1 -	Revisão de Modelos do Broker.....	81
4.1.1 -	Definições e Conceito de Broker.....	82
4.1.2 -	A Necessidade do Broker na E A/V	84
4.1.3 -	Taxonomia das Funções do Broker	86
4.1.4 -	Revisão e Classificação dos Modelos do Broker.....	91
4.2 -	O Modelo do Broker da BM_Virtual Enterprise.....	93

CAPÍTULO 5

MODELO RIGOROSO DE SELECÇÃO DE SISTEMAS DE RECURSOS PARA O PROJECTO DE E A/VS.....	97	
5.1 -	Metodologias de Modelação	99
5.1.1 -	A Técnica de Modelação IDEF	100
5.2 -	Um Enquadramento do Processo de Selecção	102
5.3 -	Modelo de Actividades Proposto para o Processo de Selecção do Sistemas de Recursos.....	105
5.3.1 -	Inserção do Modelo de Selecção no Ciclo de Vida da BM_VEARM.....	106
5.3.2 -	Planeamento de Tarefas.....	108
5.3.3 -	Selecção de Recursos.....	109

5.3.3.1 - Pré-selecção de Recursos	110
5.3.3.2 - Selecção do Sistema de Recursos	113
5.4 - Ferramentas e Técnicas de Apoio ao Modelo de Actividades Proposto para o Processo de Selecção do Sistema de Recursos	116
5.4.1 - Ferramentas para o Processo Procura de Recursos.....	116
5.4.2 - Ferramentas para o Processo Identificação Automática de Recursos.....	120
5.4.3 - Ferramentas para o Processo de Negociação Indirecta.....	125
5.4.4 - Ferramentas para o Processo de Negociação Directa	126
5.4.5 - Ferramentas para o Processo de Avaliação do Espaço de Soluções.....	126
5.4.6 - Ferramentas para o Processo de Selecção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Selecção.....	127
5.4.6.1 - Critérios de Validação dos Algoritmos de Selecção	128
5.4.6.2 - Revisão e Classificação dos Algoritmos de Selecção de Recursos para E A/Vs (Aplicados e Aplicáveis)	130
5.4.6.3 - Tópicos para um Procedimento de Selecção do(s) Algoritmo(s).....	135
5.4.7 - Requisitos para uma Ferramenta/Plataforma Software para a Selecção de Sistemas de recursos.....	136
5.5 - Modelo de Tempos e de Custos Associados ao Nosso Modelo de Selecção	139
5.5.1 - Modelo do Tempo e do Custo para o Método de Selecção Independente	143
5.5.2 - Modelo do tempo e do Custo para o Método de Selecção Dependente sem Pré- selecção de Recursos de Transporte	145
5.5.3 - Modelo do Tempo e do Custo para o Método de Selecção Dependente com Pré- selecção de Recursos de Transporte	147

CAPÍTULO 6

VALIDAÇÃO DO MODELO DE SELECÇÃO COM E SEM A PARTICIPAÇÃO DO BROKER	149
6.1 - Construção do Demonstrador.....	151
6.1.1 - Pressupostos do Nosso Demonstrador.....	153
6.1.2 - Expressões do Tempo e do Custo das Actividades da Selecção para o Principal Versus Broker.....	156
6.1.2.1 - Procura de Recursos.....	156
6.1.2.2 - Identificação Automática	157
6.1.2.3 - Identificação Indirecta.....	157
6.1.2.4 - Avaliação do Espaço de Soluções.....	158
6.1.2.5 - Selecção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Selecção	158

6.1.2.6 - Seleção Final do Sistema.....	159
6.1.2.7 - Resumo das Expressões	161
6.1.3 - Determinação das Constantes do Tempo e do Custo.....	163
6.2 - Planos de Simulação e Análise de Resultados	165
6.2.1 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Independente.....	165
6.2.2 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Dependente <u>sem</u> a Pré-seleção de Recursos de Transporte.....	169
6.2.3 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Dependente <u>com</u> Pré-seleção de Recursos de Transporte	174
6.2.4 - Síntese da Validação do Principal e do Broker para os Três Métodos	178
CAPÍTULO 7	
CONCLUSÕES.....	181
7.1 - Conclusões gerais.....	183
7.2 - Áreas de Futuros Desenvolvimentos.....	185
REFERÊNCIAS.	187
Bibliografia do Autor	189
Referências	191
ANEXOS	203
ANEXO 1 – RELATÓRIOS IDEF0	205
ANEXO 2 – SOFTWARE PILOTO PARA A GESTÃO DE RECURSOS EM E A/Vs.....	213

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 - Sistema de produção como um processo de transformação ou conversão (Buffa, E., Sarin, R., 1987).....	1
Figura 2.2 – Evolução do ciclo de vida do Produto (Cunha, M., Goran, P., 2002).....	13
Figura 2.3 – Análise qualitativa da importância das EVs (Ávila, P., 1998; Putnik, G. & Ávila, P. 2002).....	17
Figura 2.4 - Desempenho de: SP multi-produto, (a) e (b); EV, (c) e (d) (Ávila, P., 1998; Putnik G., 2002).....	18
Figura 2.5 - Sistema OPIM (Putnik, G., 1997).....	20
Figura 2.6 – Estrutura elementar dum sistema hierárquico multi-nível para o controlo dum sistema integrado e aberto (Putnik, G., 2000a, 2000b).....	21
Figura 2.7 - Estrutura elementar do controlo dum sistema distribuído hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).....	22
Figura 2.8 - Estrutura elementar do controlo dum sistema ágil hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).....	23
Figura 2.9 - Estrutura elementar do controlo dum sistema virtual hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).....	23
Figura 3.1 - Causas da necessidade da selecção de recursos.....	27
Figura 3.2 - Especificação genérica do problema da selecção do sistema de recursos.....	30
Figura 3.3 - Representação gráfica de recursos, domínio de recursos, sistemas de recursos e domínio de sistemas de recursos.....	31
Figura 3.4 – Relação do plano de tarefas de processamento com a estrutura do produto e plano de processo.....	33
Figura 3.5 – Estrutura detalhada dum plano de processo (Ávila, P., 1998).....	34
Figura 3.6 – Exemplo dum rede de localizações e suas ligações.....	46
Figura 3.7 – Exemplo dum plano de tarefas de processamento, ou simplesmente plano de tarefas.....	52
Figura 3.8 – Exemplo da fase da pré selecção de recursos de processamento.....	52
Figura 3.9 – Exemplo do plano de tarefas de transporte.....	53
Figura 3.10 – Exemplo da fase da pré selecção de recursos de transporte para o caso das tarefas de transporte $TT_{rp21 \rightarrow rp51}$ e $TT_{rp21 \rightarrow rp52}$	54
Figura 3.11 – Exemplo da configuração dum sistema de recursos seleccionado.....	55

Figura 3.12 - Variação do nº de sistemas de recursos de processamento em função do número de recursos pré-seleccionados por tarefa (X), e do número de tarefas do plano de tarefas de processamento (n).....	59
Figura 3.13 - Variação do nº de sistemas de recursos em função do número de recursos pré-seleccionados por tarefa (X), e do número de tarefas (n).	
Figura 3.14 - Análise qualitativa da eficiência média dos sistemas de recursos versus a ineficiência do processo de selecção	62
Figura 3.15 - Análise da variação da complexidade do modelo de selecção fraccionada sem considerar a pré-selecção de recursos de transporte (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2000).	66
Figura 3.16 - Processo de selecção (Wu N., et al, 1999).....	69
Figura 3.17 – Formas do pedido de proposta e da proposta (Wu N. et al, 1999).....	69
Figura 3.18 – Grafo das soluções possíveis do exemplo de Sluga e Butala.....	72
Figura 3.19 – Diagrama conceptual para a selecção de parceiros externos via rede (Ko C. S., et al. 2001)	74
Figura 4.1 – Broker como principal agente da agilidade na selecção / reconfiguração da E A/V (Putnick G., 2000a).....	82
Figura 4.2 – Cadeia de fornecimento de serviços estabelecida entre o Broker e a E A/V (adaptado de Hands, J. et al, 2000).....	83
Figura 4.3 – Broker como o principal agente da virtualidade na selecção / reconfiguração da E A/V (Putnik, G., 2000).....	85
Figura 4.4 – Relações de negócio, fora de operação, entre o triplo: E A/V, Broker e Mercado de Recursos.....	95
Figura 4.5 - Relações em operação, entre o triplo: E A/V, Broker e Mercado de Recursos	96
Figura 5.1 – Decomposição hierárquica da metodologia IDEF. As flechas dos diagramas pai são transpostas para os diagramas filhos e representam “coisas”, que podem ser planos, dados, informação, máquinas e outros (Ranky P., 1990)	101
Figura 5.2 – Representação elementar da técnica IDEF0	102
Figura 5.3 – Uma especificação do processo convencional de selecção.....	103
Figura 5.4 – Um enquadramento convencional do processo de selecção	103
Figura 5.5 - Uma especificação do processo de selecção proposto.....	104
Figura 5.6 - Um enquadramento global do processo de selecção proposto	105
Figura 5.7 – Ciclo de vida da EV (Camarinha-Matos, L. & Afarmanesh, H., 1997).....	106
Figura 5.8 – Ciclo de Vida Estendido da BM_VEARM.....	106

Figura 5.9 – Representação IDEF0 do processo global de projecto integração e operação da BM_VEARM.....	107
Figura 5.10 – Representação IDEF0 do processo A1 – Projecto e Integração da E A/V	108
Figura 5.11 – Representação IDEF0 do processo A12 – Selecção de Recursos.....	109
Figura 5.12 – Representação IDEF0 do processo A121 – Pré-selecção de Recursos.....	110
Figura 5.13 – Representação IDEF0 do processo A122 – Selecção do Sistema de Recursos	114
Figura 5.14 – Home pages de mercados electrónicos	118
Figura 5.15 – Interfaces da página web do mercado de recursos (Cunha, M., 2003)	119
Figura 5.16 – Janelas de interface da ferramenta Apoio à Selecção do Sistema de Máquinas Ferramentas para um Sistema SPV/OPIM.....	121
Figura 5.17 - Estrutura e composição do plano de processo que apoia o sistema de selecção do sistema de recursos de processamento para o SPV/OPIM.....	122
Figura 5.18 – Exemplos de transformações elementares	124
Figura 5.19 - Um exemplo da representação dum padrão geométrico utilizando MML (Ratchev, S. et al, 2000).....	125
Figura 5.20 – Esquema da instalação experimental (Putnik, G. 2000a).....	137
Figura 5.21 – Janela de gestão da E A/V (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2002a).....	138
Figura 5.22 – Janela da selecção (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2002a)	139
Figura 5.23 – Modelo qualitativo dos tempos para o método de selecção independente	144
Figura 5.24 – Modelo qualitativo do tempo para o método de selecção dependente sem pré-selecção de recursos de transporte.....	146
Figura 5.25 – Modelo qualitativo do tempo para o método de selecção dependente com pré-selecção de recursos de transporte.....	148
Figura 6.1 – Formas de estudar o comportamento de um sistema (adaptado de Law, A., Kelton, W., 1991).....	152
Figura 6.2 – Representação das curvas de interpolação dos tempos para o MSI.....	167
Figura 6.3 - Representação das curvas de interpolação dos custos para o MSI	168
Figura 6.4 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSI	169
Figura 6.5 – Representação das curvas de interpolação dos tempos para o MSDS	172
Figura 6.6 - Representação das curvas de interpolação dos custos para o MSDS	173
Figura 6.7 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSDS	173
Figura 6.8 – Identificação do domínio do Principal para o MSDC.....	176

Figura 6.9 - Identificação do domínio (majorado) do Broker para o MSDC177

Figura 6.10 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSDC178

Figura 6.11 – Representação esquemática da validação do Principal e do Broker180

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 – Vantagens dos modos de aquisição da informação dos recursos (adaptada de Purdy L., & Safayeni, F., 2000).....	47
Tabela 3.2 – Limitações dos modos de aquisição da informação dos recursos (adaptada de Purdy L., & Safayeni, F., 2000).....	48
Tabela 3.3 – Fórmulas para o cálculo dos índices (Huang G. & Mak K., 2000)	71
Tabela 3.4 – Exemplo duma lista de mensagens relevantes para o mediador num processo de selecção (Sluga A. & Butala P., 2001).....	73
Tabela 3.5 - Classificação dos Modelos de Selecção	77
Tabela 4.1 – Taxonomia das Funções do Broker	87
Tabela 4.2 – Classificação de modelos de Broker.....	92
Tabela 4.3 – Classificação do modelo de Broker da BM_VEARM.....	94
Tabela 5.1 – Adequação dos métodos de identificação dos recursos pré-seleccionados em função dos parâmetros de negociação (Cunha, M., 2003).....	113
Tabela 5.2 - Síntese dos parâmetros das máquinas ferramentas.....	123
Tabela 5.3 – Critérios de validação dos algoritmos de selecção de recursos para o projecto duma E A/V (Ávila P., Putnik G. & Cunha M., 2003)	129
Tabela 5.4 – Classificação e análise dos algoritmos de selecção (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2003).....	133
Tabela 5.5 – Lista de variáveis aplicadas no modelo de custos associados ao nosso modelo de selecção	140
Tabela 5.6 – Fórmulas de cálculo do tempo despendido e do custo por cada actividade do processo de selecção para um PT com n tarefas de processamento.....	140
Tabela 6.1 – Ferramentas disponíveis para o Principal e para o Broker	154
Tabela 6.2 – Valores possíveis para $CS_{(7)}$ e para $CS_{(4)}$	160
Tabela 6.3 - Expressões do tempo e do custo para o Principal e para o Broker em função das ferramentas utilizadas	162
Tabela 6.4 – Valores dos parâmetros das actividades da Selecção	164
Tabela 6.5 – Resultados das simulações para o MSI.....	165
Tabela 6.6 – Tempos e custos totais do processo de selecção com o Principal e com o Broker para o MSI.....	167
Tabela 6.7 – Resultados das simulações para o MSDS.....	169

Tabela 6.8 – Tempos e custos totais do processo de selecção com o Principal e com o Broker para o MSDS.....	171
Tabela 6.9 – Resultados das simulações para o MSDC	174

LISTA DE SIGLAS

- AHP – “Analytical Hierarchy Process”
- B2B – “Business to Business”
- BM_VEARM – “BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model”
- BOM – “Bill of Materials”
- CAD - “Computer Aided Design”
- CAE – “Computer Aided Engineering”
- CAM – “Computer Aided Manufacturing”
- CAPP - “ Computer Aided Process Planning”
- CORBA - “Common Object Request Broker Architecture”
- CPU - “Computer Processing Unity”
- CT – Custo Total
- DEA - “Data Envelopment Analysis”
- DNC - “Distributed Numeric Control”
- E A/V – Empresa Ágil / Virtual
- ebXML - “Electronic Business XML”
- EDI – “Electronic Data Interchange”
- ERP – “Enterprise Resource Planning”
- EUA – Estados Unidos da América
- et - transformação elementar (“elementary transformation”)
- EV - Empresa Virtual
- FMS - “Flexible Manufacturing System”
- FTP – “File Transfer Protocol”
- FV - Fábrica Virtual
- GAIA - “Generic Architecture for Information Availability”
- IDEF - é um acrónimo para ICAM (“Integrated Computer - Aided Manufacturing”) DEFinition methodology
- IRC – “Internet Relay Chat”
- ISO – “International Standards Organization”
- JIT – “Just in Time”

MML - “Manufacturability Mark-up Language”

MSDC – Método de Selecção Dependente Com a Pré-selecção de Recursos de Transporte

MSDS – Método de Selecção Dependente Sem a Pré-selecção de Recursos de Transporte

MSI – Método de Selecção Independente

NP - “Non-deterministic Polynomial Time Algorithm”

OOGT – “Object-Oriented Group Technology”

OSM - “Open Service Model”

OPIM - “One Product Integrated Manufacturing”

pg - padrão geométrico (“feature”)

Pps - Parâmetros da pré-selecção

Ps - Parâmetros da selecção

PT - Plano de Tarefas

PTP – Plano de Tarefas de Processamento

PTT – Plano de Tarefas de Transporte

RAISE – “Rigorous Approach to Industrial Engineering”

rp – recursos de processamento

Rps - Requisitos de pré-selecção

Rs – Requisitos de selecção

rt – recursos de transporte

SADT – “Structured Analysis and Design Technique”

SGBD - Sistema de Gestão de Base de Dados

SMED - “Single Minute Exchange of Die”

SP - Sistema de Produção

SPV/OPIM - Sistema de Produção Virtual / ” One Product Integrated Manufacturing”

SR – Sistema de Recursos

STEP - “Standard for Exchange of Product Model Data”

TP – Tarefa de Processamento

TT – Tarefas de Transporte

UDDI - “Universal Description, Discovery and Integration”

UM – Unidade Monetária

WAN – Wide Area Network

WWW – “World Wide Web”

XML - “eXtensible Mark-up Language”

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO.....1

1.1- Motivação3

1.2- Âmbito e Objectivos3

1.3- Organização4

1.1 - MOTIVAÇÃO

Há sempre vários motivos que nos podem induzir o desejo de fazer algo, mas no caso dum doutoramento precisamos dum motivo forte, i.e., que seja o factor que contribua com 80% num diagrama de Pareto. Esse factor, foi no nosso caso, o de querer ultrapassar um desafio que no meio académico é um dos mais difíceis mas também um dos mais aliciantes.

Quanto ao tema a motivação principal adveio de já termos trabalhado num tema de mestrado que envolvia a selecção de máquinas ferramentas para um Sistema de Produção Virtual, e cujo conhecimento adquirido possibilitou a nossa intervenção em domínios que envolviam a selecção de recursos, quer em sistemas de produção virtual quer em sistemas de produção convencional.

Adicionalmente, o tema que agora nos era proposto, centrado na construção de um modelo rigoroso de selecção de sistemas de recursos para o projecto de Empresas Ágeis/Virtuais, iria por um lado aprofundar o nosso conhecimento nessa área, e por outro, poder participar num projecto mais amplo de Empresas Ágeis Virtuais levado a cabo por uma equipa de investigadores, em que cada sub-projecto de doutoramento iria contribuir com uma parte da investigação.

1.2 – ÂMBITO E OBJECTIVOS

Esta tese, no âmbito da selecção de sistemas de recursos para o projecto duma Empresa Ágil/Virtual (E A/V), integra-se, como já referimos num projecto mais amplo, designado por “BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model” (BM_VEARM), iniciado em 1999 sob a orientação do Prof. Goran Putnik da Universidade do Minho e com a participação de vários investigadores de diferentes escolas. O tema desta tese é uma parte integrante do projecto (síntese) dos sistemas organizacionais do tipo E A/V.

Em virtude do nosso projecto de E A/V necessitar dum modelo de selecção de recursos e da gestão desses recursos (onde se inclui a selecção dos mesmos) ser atribuída a um gestor de recursos externo à própria, ao qual também o designamos por Broker, definimos os objectivos deste trabalho de doutoramento em:

- Mostrar as limitações dos modelos de selecção existentes por forma a potenciar a construção dum novo modelo;
- Construir um modelo de selecção de sistemas de recursos rigoroso e abrangente a qualquer método de selecção associado a qualquer dimensão do plano de tarefas e dos seus requisitos associados;
- Validar a necessidade dum Broker para efectuar a selecção do sistema de recursos, com base no modelo desenvolvido e simultaneamente validar o próprio modelo.

Resumidamente, pretendemos mostrar que o processo de selecção seguindo um modelo de selecção abrangente a qualquer requisito de selecção tem maior domínio de validação se for efectuado por um Broker, e desta forma validar o projecto do processo de selecção da BM_VEARM.

1.3 - ORGANIZAÇÃO

Para podermos alcançar os objectivos a que nos propomos, organizou-se a tese tendo em conta as cinco fases definidas no plano de projecto do doutoramento:

1. Análise do estado da arte e identificação dos objectivos do projecto (caps. 2, 3, 4);
2. Especificação funcional e desenvolvimento do modelo de selecção de sistemas de recursos (caps. 4, 5);
3. Construção dum demonstrador numérico do modelo desenvolvido (cap. 6);
4. Validação (cap. 6);
5. Plano de Exploração (cap. 7).

No capítulo 2, é feito inicialmente um levantamento dos principais requisitos para que os sistemas de produção sejam competitivos, com enfoco na necessidade da sua configuração e reconfiguração rápida dos seus recursos com vista à redução do tempo de resposta ao mercado, i.e., solicitações do cliente. Posteriormente, são apontados modelos organizacionais avançados de sistemas de produção, não virtuais e virtuais, que apareceram para dar resposta às diferentes solicitações que o mercado tem colocado às empresas. Dentro dos virtuais apresentamos alguns conceitos, desempenhos e projectos

relacionados com as Empresas Virtuais, incluindo o nosso, o da BM_VEARM, que se encaixa no tipo de empresas que designamos por Ágeis / Virtuais.

No capítulo seguinte, capítulo 3, abordamos o problema da selecção de recursos em geral e especificamente para o projecto de E A/Vs. Da especificação detalhada do problema, são criadas as condições para analisarmos os modelos de selecção existentes e identificarmos os contributos que são necessários ao processo de selecção e aqueles a que nos propomos contribuir para a sua resolução.

Como propomos no modelo BM_VEARM, que as actividades da selecção deverão caber a um Broker, quisemos explicar no capítulo 4 como encaramos funcionalmente o nosso modelo de E A/V a interagir com ele, e a apresentar hipóteses justificativas da sua necessidade.

Já no capítulo 5, é proposto um modelo de selecção abrangente, i.e., sem qualquer tipo de limitação, em que se incluíram as actividades que pensamos poderem ser necessárias a qualquer método de selecção, para qualquer plano de tarefas com os seus requisitos associados e desencadeado com qualquer tipo de seleccionador. Ou seja, cada caso pode ser tratado como um sub-modelo do modelo proposto. Abordou-se ainda, no mesmo capítulo, o desempenho do modelo quanto aos tempos e quanto aos custos para cada uma das actividades e para todo o processo da selecção.

De seguida, no capítulo 6, construiu-se um demonstrador numérico para validar a necessidade do Broker no processo de selecção e assim validar também o próprio modelo de selecção definido no capítulo anterior. Ajustou-se o modelo de selecção ao Principal e ao Broker e fizeram-se simulações com os três métodos de selecção (método de selecção independente, método de selecção dependente sem pré-selecção de recursos de transporte, e o método de selecção dependente com pré-selecção de recursos de transporte), para diferentes valores de X (número de recursos pré-seleccionados) e de n (dimensão do número de tarefas de processamento). Com os resultados obtidos, com base na quantificação do tempo e do custo da selecção, foi possível demonstrar o domínio de validação do modelo de selecção para o Principal e para o Broker e comparar os seus desempenhos nas zonas em que ambos apresentaram capacidade para efectuar a selecção.

No último capítulo, o 7, apresentam-se as conclusões gerais do trabalho tendo em consideração as cinco fases definidas para a execução deste projecto e apontam-se temas/áreas de investigação que podem e devem ser desenvolvidas para agilizar ainda mais o processo de selecção dum sistema de recursos para a sua integração numa E A/V com vista à implementação real do projecto BM_VEARM.

Por fim, disponibilizaram-se para consulta nos Anexos, dados referentes ao desenvolvimento do trabalho que podem ajudar a complementar informação do mesmo.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MODELOS ORGANIZACIONAIS AVANÇADOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO COMPETITIVOS

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE PRODUÇÃO E MODELOS ORGANIZACIONAIS AVANÇADOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO COMPETITIVOS	7
2.1 - Enquadramento dos Sistema de Produção	9
2.1.1 - Requisitos para um Sistema de Produção Competitivo	10
2.1.2 - Factores que Potenciam o Requisito da Flexibilidade dos Sistemas de Produção	11
2.2 - Modelos Organizacionais Avançados de Sistemas de Produção	12
2.2.1 - Empresas Virtuais.....	14
2.2.1.1 - Conceito de Empresa Virtual	14
2.2.1.2 - Desempenhos Esperados para as Empresas Virtuais	15
2.2.1.3 - Projectos Associados às Empresas Virtuais	19
2.2.2 - O Modelo da BM_VEARM (Empresa Ágil / Virtual)	20

Na primeira parte deste capítulo abordamos os principais requisitos dos sistemas de produção por forma a ganharem competitividade no mercado. Dentro desses requisitos concedemos especial atenção à necessidade da sua reconfiguração rápida (flexibilidade), face às solicitações do mercado uma vez que este factor carece de processos de decisão e de selecção eficientes e eficazes. Na segunda parte, damos especial atenção aos modelos organizacionais do tipo Empresa Virtual e apresentamos genericamente o nosso modelo, BM_VEARM, sobre o qual o trabalho se insere como parte desse projecto.

2.1 – ENQUADRAMENTO DOS SISTEMA DE PRODUÇÃO

De uma forma mais ou menos complexa aparecem na bibliografia várias definições para sistema de produção¹ (SP). Em termos gerais, (Buffa, E. & Sarin, R., 1987) define SP como sendo o meio através do qual se transformam recursos de entrada para criar produtos e serviços úteis como saídas e ilustra-o esquematicamente conforme a figura 2.1.

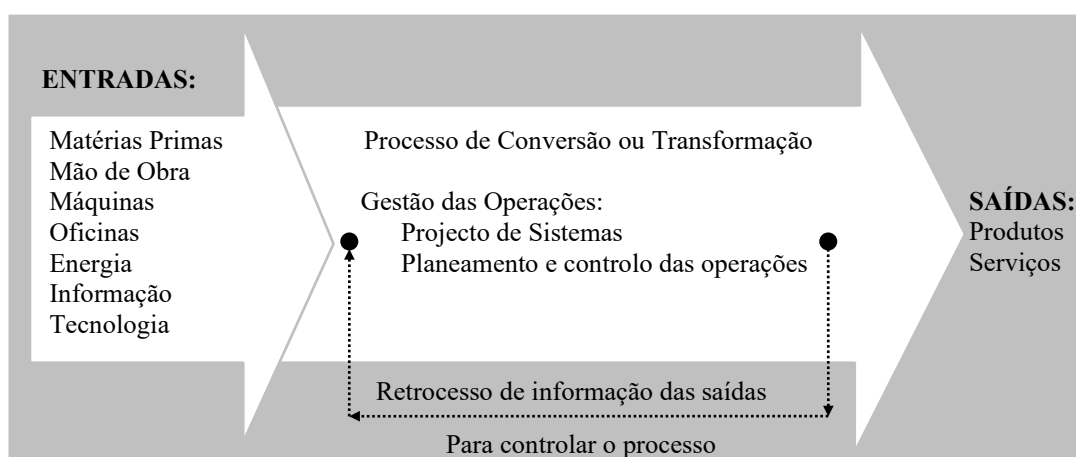


Figura 2. 1 – Sistema de produção como um processo de transformação ou conversão (Buffa, E., Sarin, R., 1987).

¹ Neste trabalho utilizaremos indistintamente os termos sistema de produção ou empresa.

A sequência, entradas-conversão-saídas é uma forma simples mas útil para conceptualizar SP, e até mesmo para operação / tarefa. A conversão é desencadeada à custa de sequências de operações / tarefas inter-relacionadas com vista à obtenção do produto / serviço final. Os recursos de entrada podem tomar várias formas. Assim, nas operações de manufactura, as entradas são diversas matérias primas, energia, mão de obra, máquinas, oficinas, informação, e tecnologia. Em sistemas orientados para a produção de serviços, as entradas restringem-se habitualmente à mão de obra, não esquecendo que em sistemas de serviços de saúde e de “fast food” as matérias primas são igualmente importantes. Gerir SP envolve o controlo do processo de conversão ou transformação e de todas as variáveis que afectam o seu desempenho.

É do conhecimento das empresas a necessidade incessante de melhorar o seu desempenho qualitativa e quantitativamente, face às exigências, cada vez maiores, do mercado e do consumidor. O espectro actual do grau de desempenho dos sistemas de produção é diverso, dependendo da realidade económica, social, cultural e política de cada país, sector de produção e da empresa em questão. Não interessa aqui definir esse espectro, mas apontar os requisitos que os SP devem satisfazer por forma a se manterem competitivos no mercado.

2.1.1 - REQUISITOS PARA UM SISTEMA DE PRODUÇÃO COMPETITIVO

Vários autores como (Yoshikawa, H., 1984; Milacic P., 1990; Roldão, V., 1995; Putnik, G., 1996); têm definido quais devem ser os requisitos que os sistemas de produção têm ou devem satisfazer para serem competitivos no mercado. Segundo (Putnik, G., 1996), os requisitos para um SP podem ser definidos para diferentes objectivos e de formas diferentes. Putnik, reuniu esses requisitos em dois níveis, ao nível do plano organizacional e ao nível do plano operacional. No plano organizacional (global) temos:

- Os SP deverão minimizar o consumo de energia, matérias primas e espaço de armazenamento;
- Os SP deverão desempenhar actividades altamente complexas com elevado grau de confiança;
- Os SP deverão ser capazes de acolher a criatividade das pessoas através do melhoramento da comunicação dentro do sistema;
- Os SP deverão ser altamente produtivos com a potencialidade de satisfazer rapidamente as solicitações do mercado;
- Os SP deverão ser projectados de forma a que homens e máquinas estejam separados no tempo e espaço;
- Os SP deverão ser altamente flexíveis.

Ao nível operacional temos:

- Aumentar a competitividade;

- Dar ênfase aos elementos de valor acrescentado;
- Tempo como uma “arma” competitiva;
- Focar os resultados finais e os objectivos;
- Tecnologia inovadora;
- Qualidade;
- Plano de negócios “agressivo”;
- Reelaborar os processos pelas extremidades;
- Melhorar os processos através das capacidades das tecnologias de informação;
- Reduzir custos e tempos de produção;
- Operar transversalmente com as unidades organizativas do SP.

Apesar dos sistemas de produção terem hoje em dia a noção dos requisitos que devem satisfazer, é difícil, se não mesmo impossível satisfazê-los todos em simultâneo, por um lado porque há limitação de recursos, e por outro lado porque o mercado em que o SP actua pode não o exigir. Pretendemos com isto dizer, que cada sistema de produção dá prioridade a determinados requisitos em detrimento de outros com vista ao seu melhor desempenho junto do mercado. Não há, digamos que uma “receita”, de quais devem ser as estratégias a seguir para quantificar o grau de importância dos requisitos dos SP. Sabemos que no passado a prioridade era baixar custos segundo uma óptica Taylorista e que no presente prioridades como a qualidade, prazo de entrega e flexibilidade têm-se tornado requisitos prioritários para muitas empresas.

Com mais ou menos dificuldade e com mais ou menos sucesso as empresas vão conseguindo satisfazer os requisitos que acima enumeramos, mas apresentando claras dificuldades em satisfazer o requisito da flexibilidade, que segundo vários autores, (Kim, 1990; Putnik, G., 2000a, 2000b; Cunha, M. & Putnik, G., 2002) constitui o requisito mais importante para a competitividade dos SP.

2.1.2 - FACTORES QUE POTENCIAM O REQUISITO DA FLEXIBILIDADE DOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO

O conceito de flexibilidade dos SP tem tido várias interpretações normalmente associadas apenas à capacidade de adaptação à mudança (Gerwin, D., 1993; Roldão, V., 1995). Contudo, nós defendemos o conceito de flexibilidade associado aos sistemas flexíveis de manufactura, cujo significado está associado à capacidade de adaptação do sistema sem haver interrupção do processo. A nossa visão, a mesma que a de Putnik (2002), é que a flexibilidade é sinónimo de capacidade de adaptação rápida dos SP, e que também é sinónimo de agilidade. Podemos dizer:

Flexibilidade ⇔ Capacidade de Adaptação Rápida ⇔ Agilidade

No limite, i.e., para um SP “ideal” a flexibilidade é traduzida numericamente, mas com valor qualitativo, por (Kim, S., 1990), através da capacidade em satisfazer os seguintes requisitos:

- Produzir de 1 a 1.000 produtos simultaneamente;
- Acomodar de 1 a 1.000.000 as dimensões do lote de fabrico;
- O sistema deverá reconfigurar-se para um novo produto, no intervalo de tempo de 1 segundo (de forma a satisfazer os dois requisitos anteriores).

Enquanto que para os dois primeiros requisitos Kim faz alusão à capacidade do SP em se adaptar, no terceiro, obriga que essa adaptação tenha que ser rápida, que levada ao limite seria instantânea.

A flexibilidade é tanto mais necessária quanto maiores forem as mudanças imprevisíveis quer provocadas internamente quer provocadas externamente aos SP. Os imprevistos internos são conhecidos, como as avarias, acidentes, greves e outros, com os quais, as empresas conseguem de certa forma lidar mais facilmente do que com os externos. Precisamente sobre os factores externos é que recai nos nossos dias a necessidade da flexibilidade dos SP. Esses factores são principalmente causados por:

- Ciclos de vida dos produtos cada vez mais curtos;
- Rápidos desenvolvimentos tecnológicos, nomeadamente nas tecnologias de informação e comunicação;
- Frequentes mudanças na procura, a obrigar a que os planos estratégicos das empresas sejam mais cuidadosos;
- Mudanças sociais e políticas, como o fenómeno da Globalização, ou a abertura da União Europeia aos países de Leste;
- Maior concorrência;
- Produtos cada vez mais complexos.

Os factores acima e as suas implicações são de todos conhecidos e por isso vamos apenas comentar o primeiro ponto, porque acaba por ser uma consequência dos demais.

Os ciclos de vida dos produtos cada vez mais curtos são uma realidade nos nossos dias, hoje o que se vende bem amanhã fica na prateleira¹, mas porquê, se por vezes o valor acrescentado dum novo produto ou modelo não é significativo em relação ao anterior. Esta é uma matéria que certamente os sociólogos saberão explicar, mas a realidade para as empresas é que o mercado está sempre à espera do mais novo produto ou da última versão, e se uma empresa em particular não avançar nesse sentido, arrisca-se a que as suas concorrentes lhe passem à frente. Contudo, o desenvolvimento do novo produto tem de ser devidamente planeado porque é a própria vida da empresa que fica suspensa das escolhas efectuadas (Baranger, P., et al., 1993).

¹ Caso flagrante é do ciclo de vida de produtos associados à moda, que chegam a durar apenas alguns meses.

Como se não bastasse já para os SP a convivência com a diminuição dos ciclos de vida dos produtos, há ainda a necessidade de proceder a um maior número de versões desse produto do que no passado. A figura 2.2 ilustra graficamente esses dois aspectos.

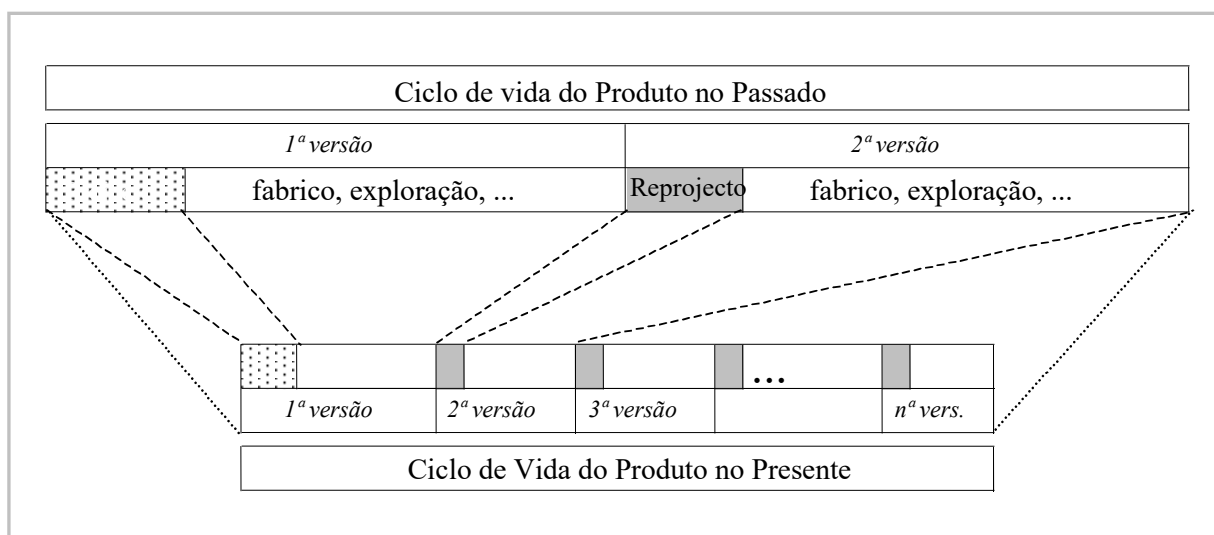


Figura 2.2 – Evolução do ciclo de vida do Produto (Cunha, M., Goran, P., 2002).

2.2 - MODELOS ORGANIZACIONAIS AVANÇADOS DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO

Na expectativa de satisfazer alguns dos requisitos que já falámos anteriormente, foram e têm sido propostos modelos organizacionais para os SP. Há os modelos que se viram mais para a filosofia organizacional dos recursos existentes no seio da própria empresa, e os modelos que seguem outra filosofia organizacional que aponta na necessidade de diferentes sistemas de produção se integrarem com o objectivo de participarem numa oportunidade de negócio. Aos primeiros modelos organizacionais vamos chamá-los de não virtuais, e para os segundos de virtuais¹.

Esses dois tipos de modelos numa visão estritamente de mercado são competitivos entre si, mas numa visão da capacidade para satisfazerem o maior número de requisitos possível, diríamos que os segundos são complementares dos primeiros. Ou seja, uma empresa que pretenda integrar-se num sistema de produção virtual tem que satisfazer determinados requisitos que passam obrigatoriamente pela adopção interna de modelos organizacionais não virtuais.

¹ Esta designação tem sido utilizada no seio do nosso grupo de investigação.

Alguns desses modelos mais recentes são:

- “Focused Factory” (Skinner, W., 1974);
- Produção Integrada por Computador;
- “Quick Response Manufacturing” (Suri, R., 1998);
- Sistema de Produção Inteligente;
- Fábrica Metamórfica (geração posterior à de Sistemas de Produção Flexível) (Yoshikawa, H., 1984);
- “One-of-a-Kind-Production” (Wortmann, J., 1990);
- “Lean Production” (Womack, J. et al., 1990);
- “Fractal Factory” (Warnecke, H., 1993);
- “Holonc Manufacturing Systems” (Tamura, S., 1995);
- “Global Manufacturing” (Mitsubishi, M. et al., 1992);
- “Agile Manufacturing” (Kidd, P., 1994).

2.2.1 - EMPRESAS VIRTUAIS

No passado as empresas estavam organizadas localmente, isto é, todos os recursos de que necessitavam encontravam-se dentro ou nas imediações da mesma, e por outro lado, as suas produções tinham determinados mercados garantidos, cuja concorrência dificilmente se fazia sentir. Com a abolição de fronteiras, melhorias dos meios de transporte e comunicação, ou seja, com o caminhar para um mercado livre à escala mundial (globalização), as empresas tendem a concentrarem-se nas suas competências e actividades principais, a associarem-se entre si, a subcontratar produtos/serviços a outras empresas, a estabelecer protocolos de mercado, formação, desenvolvimento, fornecimento, etc. Cada vez menos, um produto/serviço é produzido apenas por uma única empresa, mas sim com a contribuição de um grupo delas.

Com a evolução obrigatória da descentralização da actividade de produção, diminuição do tempo de vida dos produtos/serviços, desenvolvimento das tecnologias de informação e comunicação, e com a perspectiva de que o desempenho dos sistemas de produção pode ser melhorado com novas formas organizacionais, surge o conceito de Empresa Virtual (EV) ou Fábrica Virtual (FV).

2.2.1.1 - Conceito de EV

Existem duas abordagens (ou pelo menos duas), do conceito de EV, uma relacionada com a digitalização dos objectos físicos e sua simulação, como a realidade virtual e a outra relacionada com a distribuição de competências (serviços), que são integrados com o objectivo de desenvolver um

negócio (Bremer, C. et al., 1997). Esta segunda abordagem de EV, a que focamos nesta tese, e que está associada ao conceito da criação de redes de empresas dinâmicas, foi tornada pública depois dos trabalhos de P. Drucker (Harvard Business Review, 1990) e do Iacocca Institute em 1991 (Nagel, R. & Dove, R., 1993).

O conceito de EV que seguimos nesta tese, não tem uma definição única, nem uma mesma designação. Encontram-se na literatura várias definições de EV, para citar algumas, (Hormozi, A., 1994; Goldman et al., 1995; NIIP, 1996; Bremer, C., et al., 1997; Putnik, G. 2000a, 2000b), mas de um modo geral é designada como a criação de uma rede temporária de várias organizações físicas, com a intenção de desenvolver e produzir um ou mais artigos/serviços nas quantidades desejadas, respondendo prontamente a uma solicitação do mercado. Uma EV deverá aparecer como uma estrutura dinâmica capaz de reagir a uma oportunidade de negócio, sem que cada empresa interveniente, total ou parcialmente com os seus recursos, perca a sua própria entidade física e cultural, dando-se a sua desactivação com o final de vida do(s) produto(s). Para a sua criação poderão concorrer empresas que integrem vertical e/ou horizontalmente o processo de produção, ficando a coordenação da rede física de empresas constituintes da EV a cargo de uma pessoa, empresa ou grupo de empresas.

Apesar da terminologia EV ser comunmente utilizada, aparecem outras terminologias que estão associadas à de EV ou que partilham no essencial a designação que acima lhe atribuímos, tal como a de Corporação Virtual (Davidow, W. & Malone, M., 1992), Empresa Estendida (Browne, J., 1995), Empresa Distribuída (Azevedo, A. et al., 1999), OPIM¹ (Putnik, G. & Silva C., 1995; Punik, G., 1997), Empresa Ágil/Virtual (Goranson, H., 1999; Punik, G., 2000a, 2000b). A todas elas referimo-nos como Empresas Virtuais. Sabemos que podem existir diferenças, e nalguns casos há, e por isso tem havido necessidade da comunidade científica em classificar os diferentes tipos de EVs e de estabelecer diferenças entre elas, como no caso de (Burn J., et al., 1999; Browne J. & Zhang J., 1999; Cunha, M. 2003).

Contudo essa classificação é difícil. Para dois modelos de empresas virtuais que utilizem a mesma designação, não significa que os seus modelos sejam idênticos porque uma mesma designação tem sido interpretada de forma diferente consoante cada caso ou projecto. Por isso, atribuir a cada modelo de EV uma etiquetagem do tipo distribuída, ágil, virtual, estendida, etc, depende do conceito dado por cada pessoa a cada um dos termos.

2.2.1.2 - Desempenhos Esperados para as EVs

Temos todos a percepção de que as EVs podem trazer melhores desempenhos, em alguns domínios, do que os sistemas de produção convencionais, e por isso há indicadores de que as empresas tendem

¹ Acrónimo de “One Product Integrated Manufacturing”.

cada vez mais a procurarem entre si novas formas de colaboração. Segundo o projecto VOMap “em 2015 a maior parte das empresas deverá pertencer a alguma rede colaborativa sustentada que agirá como um embrião para a formação de organizações dinâmicas virtuais em resposta às rápidas mudanças das condições de mercado” (Camarinha-Matos, L. & Afsarmanesh, H., 2003), referido em (Camarinha Matos, L. & Abreu, A., 2003).

Há várias análises ao desempenho esperado das EVs face aos SP convencionais. Há estudos teóricos e de casos reais. De cada caso destacamos dois, um mais moderado quanto ao desempenho das EVs e o outro mais optimista.

Começando pelos estudos dos casos reais (Leimeister, J., et al., 2001), aponta melhores resultados para os modelos organizacionais convencionais que já tenham atingido a dimensão crítica para serem eficientes como empresa integrada. No caso que estudou, de aplicações informáticas sobre as novas tecnologias de informação e comunicação, o modelo organizacional de EV possibilitou apenas o crescimento duma pequena empresa, mas que a partir de determinada altura os proveitos mostraram-se melhores com uma estrutura organizacional do tipo convencional.

Um outro estudo dum caso real, efectuado por (Agrawal., A., & Graves, R., 1999), mais optimista que o anterior, aponta melhores resultados para os modelos organizacionais virtuais para a fabricação de placas de circuitos integrados, obtendo mesmo reduções significativas nos tempos de produção.

Quanto aos estudos analíticos do desempenho, do ponto de vista económico (Gebauer, J., 1996), aborda a questão sobre três parâmetros: estratégia da competitividade, economia dos custos de transacção e dos direitos de propriedade. O autor aponta vantagens e desvantagens, afirma que as empresas virtuais podem ser uma forma alternativa de modelo organizacional, mas que devem ser vistas como um complemento dos modelos organizacionais convencionais.

A nossa análise do desempenho dos sistemas de produção do tipo virtual, obtida à custa de simulações efectuadas com resultados de tempo de processamento, qualidade e custo, mostraram que **a importância das EVs aumenta com** (figura 2.3) (Ávila, P., 1998; Putnik, G. & Ávila, P. 2002):

- **O aumento dos processos especiais (a);**
- **O aumento do requisito da qualidade (b);**
- **A diminuição do custo e do tempo de transporte (c).**

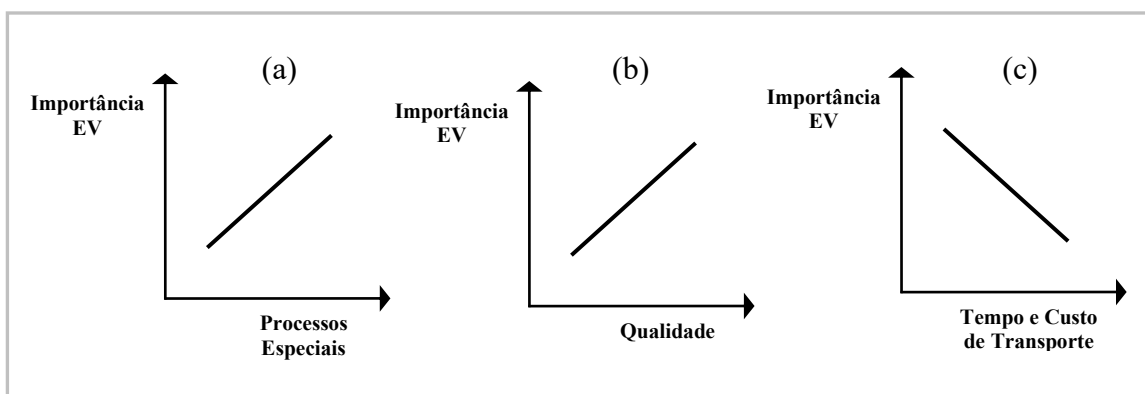


Figura 2.3 – Análise qualitativa da importância das EVs (Ávila, P., 1998; Putnik, G. & Ávila, P. 2002).

Uma última análise do desempenho ideal para uma EV, tem a ver com a possibilidade de disporem dum maior domínio de recursos face ao de um SP do tipo convencional. As empresas, nomeadamente aquelas cujo modelo organizacional assenta na produção de vários produtos (produção multi-produto) apresentam desempenhos diferentes para produtos diferentes, (figura 2.4a) em virtude do desempenho dos seus recursos na execução das diferentes operações (figura 2.4c). De uma forma generalizada, as operações com maior eficiência são as que fazem parte do processo de fabrico do(s) produto(s) para as quais se encontram mais vocacionadas.

Contrariamente, sob o conceito de EV é possível conceber uma nova estrutura de sistema de produção para cada novo produto. Os processos de projecto e produção para um produto são decompostos numa sequência de operações particulares. Os recursos mais apropriados para o elevado desempenho de cada uma dessas operações são seleccionados, desta forma, o desempenho alcançado pelos recursos poderá ser máximo, e idealmente atingiria os 100% (figura 2.4d).

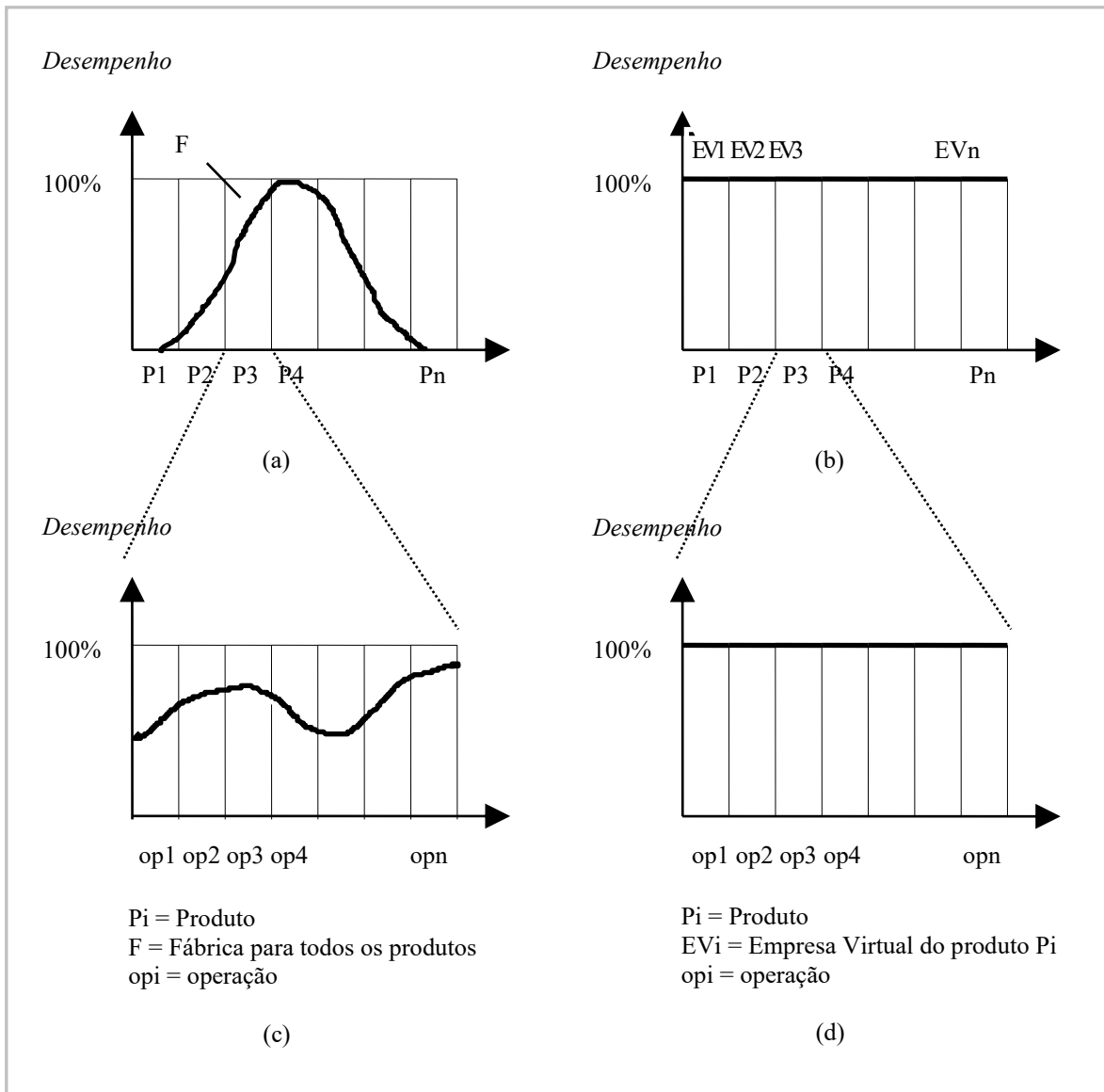


Figura 2.4 - Desempenho de: SP multi-produto, (a) e (b); EV, (c) e (d) (Ávila, P., 1998; Putnik G., 2002).

Há estudos mais otimistas do que outros, mas dos trabalhos que analisámos, ninguém nega que há espaço para este novo modelo organizacional. Contudo o sucesso de cada SP não depende apenas do modelo organizacional que adopta em cada altura, se assim fosse, qualquer SP do tipo convencional teria exactamente o mesmo desempenho que um seu directo concorrente. Ora, sabemos que não é assim. Por isso, será também de esperar que diferentes casos de EVs apresentem diferentes desempenhos e tal como nos modelos convencionais a selecção dos recursos adequados é certamente um dos factores chave para o seu sucesso, e que para o qual pretendemos contribuir com o nosso trabalho.

2.2.1.3 - Projectos Associados às EVs

Após os trabalhos de P. Drucker (Harvard Business Review, 1990) e do Iacocca Institute em 1991 (Nagel, R. & Dove, R., 1993), que a ideia de EV tem sido seguida por muitos, e que vários trabalhos de investigação têm sido desenvolvidos em diferentes vertentes. Desde a vertente conceptual de projecto e operação das EV's, passando pelo desenvolvimento de infra-estruturas tecnológicas de apoio às suas funcionalidades. Em (Bastos J., 2003; Mezgár, I. & Kincses, Z., 2000), são enumerados uma série desses projectos, mas queremos destacar alguns exemplos que para nós são mais representativos desses projectos, nomeadamente:

- NIIP – *National Industrial Information Protocols* – Desenvolvido nos EUA por um consórcio de 18 instituições com o objectivo de desenvolver protocolos e tecnologias software de suporte às diferentes fases do ciclo de vida duma EV que permitam aos seus participantes colaborar num ambiente computacional heterogéneo (NIIP, 1996).
- PRODNET II – *Production Planning and Management in an Extended Enterprise* – Cofinanciado pela União Europeia envolvendo parceiros Europeus e da América Latina, com o objectivo de desenvolver uma arquitectura de referência e infra-estruturas de suporte para empresas virtuais, particularmente ajustadas às pequenas e médias empresas (Camarinha-Matos, L. & Afsarmanesh, H., 1997).
- X-CITTIC – *A Planning and Control System for Semiconductor Virtual Enterprise* – Cofinanciado pela União Europeia, teve como objectivo o desenvolvimento dum sistema de informação que suportasse o planeamento e o controlo da produção numa rede de empresas (Richard, H., et al., 1997).
- OPIM – *One Product Integrated Manufacturing* – Em desenvolvimento na Universidade do Minho, com o objectivo de desenvolver e validar um modelo organizacional duma implementação física duma EV concebida para a produção dum único produto. Putnik (1997), definiu: “OPIM é um sistema otimizado de manufactura/produção com o propósito da manufactura/produção de um único produto, obtido através da síntese de recursos primitivos distribuídos à escala mundial., onde a estrutura física terá a duração máxima do ciclo de vida do produto e a substituição dessa estrutura se dará em tempo real” (figura 2.5). O sistema OPIM é entendido como um caso particular do modelo BM_VEARM levado à optimização máxima dos recursos que integram o sistema. Os resultados principais deste projecto estão apresentados em (Putnik, G., 2002a; Putnik, G. & Ávila, P., 2002)
- BM_VEARM – *BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model (Agile/Virtual enterprise)* – Em desenvolvimento na Universidade do Minho, com o objectivo de projectar um modelo de empresa virtual que satisfaça os requisitos de integrabilidade, distributividade,

agilidade e virtualidade, e de desenvolver teoria, ferramentas e tecnologias necessárias ao seu projecto e operação (Putnik, G., 2000a, 2000b).

É precisamente inserido neste projecto que o nosso trabalho de dissertação pretende dar um contributo para o processo da selecção de recursos e simultaneamente validar a necessidade dum gestor de recursos externo à EV (Broker) como um agente necessário nesse processo.

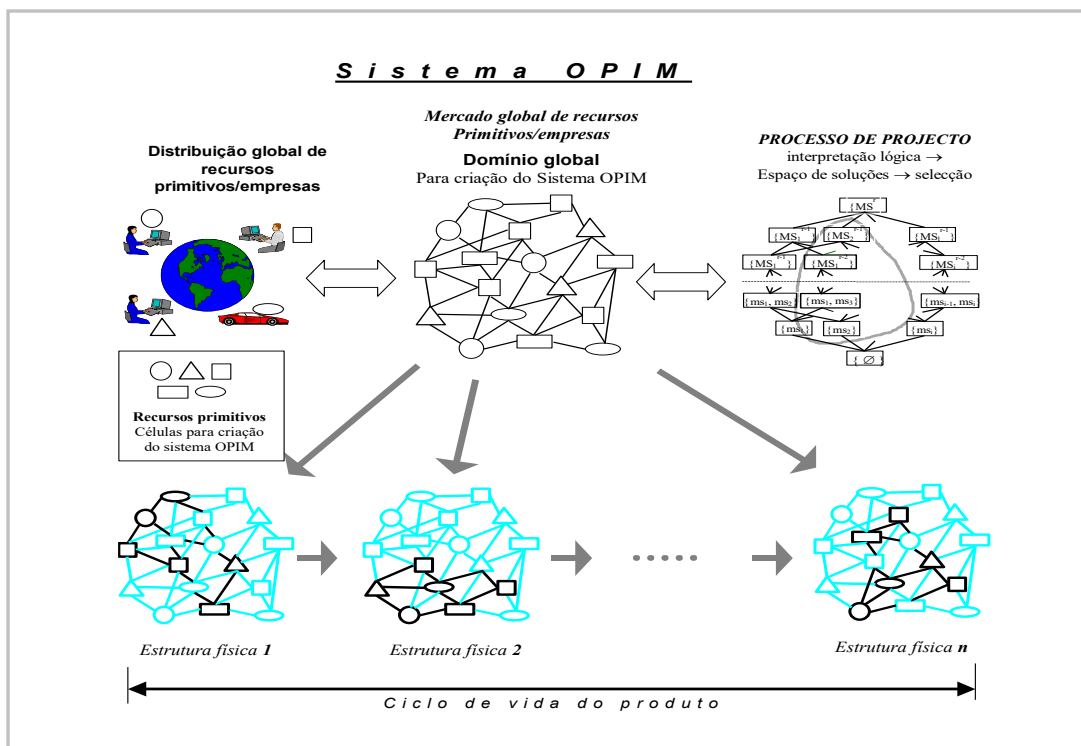


Figura 2.5 - Sistema OPIM (Putnik, G., 1997).

2.2.2 – O MODELO DA BM_VEARM (EMPRESA ÁGIL / VIRTUAL)

Nesta secção, introduzimos nos seus aspectos essenciais, o modelo referencial da BM_VEARM, proposto por (Putnik, G., 2000a; 2000b), que é a base de trabalho da estrutura do projecto BM_VEARM, com vista à cooperação e coordenação dos vários sub-projectos relacionados, como é o nosso caso.

O modelo da BM_VEARM assenta numa estrutura hierárquica multi-nível de processos, que visa satisfazer as propriedades básicas duma Empresa Virtual que segue o modelo da BM_VEARM. Essas propriedades devem seguir os princípios da:

- Integrabilidade;

- Distributividade;
- Agilidade;
- Virtualidade.

Às empresas virtuais que seguirem essas propriedades, de acordo com o nosso conceito referente a cada uma, das quais falaremos mais adiante, designamo-las por Empresas Ágeis / Virtuais (E A/V) (designação que passaremos a utilizar para identificar o nosso modelo de EV).

Para especificar as quatro propriedades da nossa E A/V sobre a estrutura hierárquica multi-nível, vamos considerar dois níveis de controlo (S_i, S_{i+1}), $i=1, \dots, n-1$. O par de dois níveis de controlo (S_i, S_{i+1}), é uma estrutura elementar para a especificação de diferentes sistemas, cada um referente a dois níveis hierárquicos, possuindo diferentes termos ou designações consoante as áreas científicas (Putnik, G. 2000a; 2000b).

Integrabilidade

A integrabilidade é segundo o nosso modelo de E A/V um dos requisitos mais importantes porque define a capacidade da mesma em integrar eficiente e eficazmente os recursos heterogéneos de que necessita para o seu projecto e operação.

No modelo da BM_VEARM, o mecanismo da integração está representado através do nível do “*Mecanismo da Integração*”, conforme mostra a figura 2.6, deverá conceptualmente, possuir a capacidade de funcionar como um mecanismo conversor (e.g. como o modo de transferência de dados de produtos STEP¹), e como um mecanismo de integração dum sistema distribuído (e.g. CORBA²).

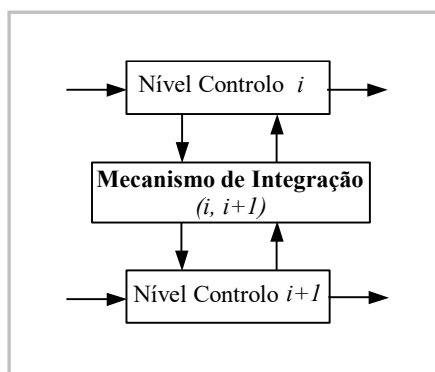


Figura 2.6 – Estrutura elementar dum sistema hierárquico multi-nível para o controlo dum sistema integrado e aberto (Putnik, G., 2000a, 2000b).

¹ Acrónimo de “Standard for Exchange of Product Model Data”.

² Acrónimo de “Common Object Request Broker Architecture”.

Distributividade

Há diferentes interpretações de distributividade, como a de aplicações software distribuído ou do controlo distribuído baseado em sistemas multi-agentes. No nosso modelo referencial de E A/V, esta propriedade prende-se com a possibilidade dos recursos estarem distribuídos geograficamente, i.e., definimos empresa distribuída como um sistema cujo desempenho não depende da distância física entre os recursos da empresa (Putnik, G., et al., 1998).

Tem havido esforços no sentido do desenvolvimento de tecnologias para sistemas distribuídos, ver e.g., (Mitsubishi, M., et al., 1992), (Moreira, J., et al., 1998). No modelo da BM_VEARM a distributividade é fornecida / conseguida através de tecnologia de comunicação WAN (“Wide Area Network”), que permita um eficiente acesso as recursos distribuídos geograficamente por todo o mundo, figura 2.7.

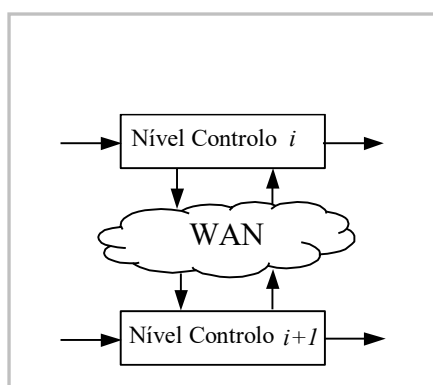


Figura 2.7 - Estrutura elementar do controlo dum sistema distribuído hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).

Agilidade

Sem entrar em comparações com outros, o nosso conceito de agilidade é da capacidade de adaptação rápida ou da reconfiguração rápida dum sistema. Tem significado idêntico ao de flexibilidade, mas a atitude da agilidade deverá ser pró-activa e não reactiva às solicitações conforme tem sido entendida a flexibilidade.

Para se conseguir essa agilidade, advogamos a necessidade duma organização exterior à E A/V, a qual designamos por gestor de recursos ou por Broker. A este, estarão consignadas funcionalidades como e.g., a selecção de recursos, sua integração, monitorização e outras conforme veremos mais detalhadamente no capítulo 4 reservado à análise das funcionalidades do Broker.

Na BM_VEARM a função agilidade é apresentada através do nível Gestão de Recursos_1, figura 2.8.

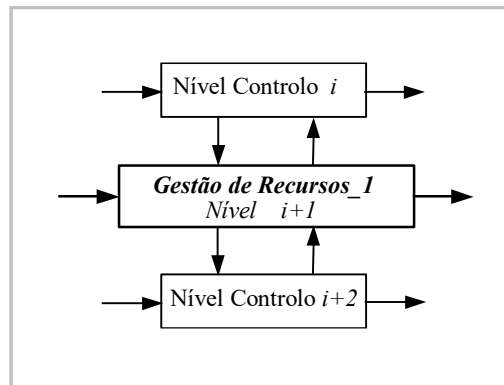


Figura 2.8 - Estrutura elementar do controlo dum sistema ágil hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).

Virtualidade

Introduzimos o conceito de virtualidade de forma semelhante à que é introduzida nos sistemas CAD e nos sistemas software distribuídos, como no caso do CORBA. Isto é, no caso do CAD o utilizador trabalha sobre um ambiente virtual na medida em que entre o processo de projecto e o seu armazenamento no hardware existe um dispositivo normalizado que torna a aplicação independente deste, em que ao se mudar de hardware não há interrupção nem perda do processo de projecto. Similarmente, no CORBA, “ o utilizador não está preocupado com o mecanismo usado para comunicar com, activar, ou para guardar o objecto no servidor. ...O CORBA permite aos objectos descobrirem-se uns aos outros em tempo real e invocar cada um outros serviços” (Orfali, R., et al., 1997).

Para implementar a virtualidade na BM_VEARM, pensámos na introdução dum nível de interface entre o nível de controlo i e o nível de controlo $i+1$, o qual passa agora para o nível de controlo $i+2$. O papel desse nível é a gestão por detrás da estrutura física, i.e., a gestão dos recursos será ordenada pelo nível acima. Similarmente à agilidade a virtualidade será desempenhada pelo gestor de recursos ou Broker, e a função que fornecerá a virtualidade está representada na figura 2.9 através da gestão de Recursos_2.

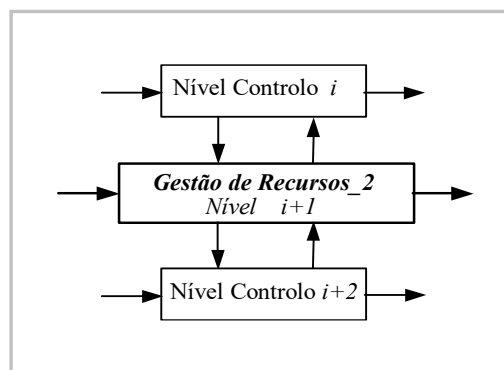


Figura 2.9 - Estrutura elementar do controlo dum sistema virtual hierárquico multi-nível (Putnik, G., 2000a, 2000b).

CAPÍTULO 3

PROJECTO E SELECÇÃO DE RECURSOS EM GERAL E EM EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS

CAPÍTULO 3

PROJECTO E SELECÇÃO DE RECURSOS EM GERAL E EM EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS	25
3.1 - Selecção de Recursos em Geral	27
3.2 - Especificação do Problema da Selecção do Sistema de Recursos para uma Empresa Ágil / Virtual	29
3.2.1 – Análise da Entrada (requisitos / especificidades da E A/V) do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	31
3.2.1.1 - Conceito e Estrutura do Plano de Tarefas	32
3.2.1.2 - Funcionalidades Associadas aos Requisitos/Especificidades da E A/V	35
3.2.1.3 - Organização dos Requisitos/Especificidades da E A/V	38
3.2.2 – Análise do Universo / Domínio de Recursos do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	41
3.2.2.1 - Conceito de Recurso	42
3.2.2.2 - Parâmetros dos Recursos.....	43
3.2.2.3 - Estratégias para a Avaliação dos Parâmetros dos Recursos.....	47
3.2.3 – Análise do Modelo de Selecção do Problema da Selecção do Sistema de Recursos	49
3.2.3.1 - Procura de Recursos.....	49
3.2.3.2 - Especificação da Pré-selecção de Recursos por Tarefa.....	50
3.2.3.3 - Especificação da Selecção do Sistema de Recursos.....	54
3.2.4 – Análise do Esforço /Complexidade do Modelo da Selecção do Sistema de Recursos..	56
3.2.4.1 - Avaliação da Dimensão do Espaço de Soluções.....	58
3.2.4.2 - Avaliação do Algoritmo de Selecção	63
3.2.4.3 - Análise do Método de Selecção	65
3.3 - Selecção de Recursos para as Empresas Ágeis / Virtuais	67
3.3.1 – Modelos de Selecção de Recursos.....	67
3.3.2 – Classificação e Avaliação dos Modelos de Selecção de Recursos	75

Neste capítulo pretendemos, inicialmente, mostrar que o problema da selecção de recursos é um problema vasto e que tem sido alvo de inúmeros estudos com vista á sua optimização e que continua a ser um assunto de interesse mesmo para sistemas de produção convencionais. De seguida, no segundo sub-capítulo 3.2, especificamos o problema da selecção de recursos para as E A/Vs, tendo em consideração as inúmeras questões que são colocadas aquando dum processo destes. No último sub-capítulo 3.3, são mostrados exemplos de modelos de selecção extraídos da literatura e feita também uma análise crítica a esses modelos, em cuja interpretação são identificadas as principais necessidades do processo de selecção, para a resolução das quais este trabalho pretende dar o seu contributo.

3.1 - SELECÇÃO DE RECURSOS EM GERAL

A necessidade de fazer com que os sistemas de produção funcionem de forma mais eficiente é nos nossos dias mais urgente que nunca. Actualização e manutenção dos recursos de produção, são factores chave para esse melhoramento contínuo da eficiência (Suomi, R., 1990). Decorrente desses factores e da oferta que o mercado apresenta, torna-se imperioso na maioria das situações, recorrer á selecção desses recursos (figura 3.1).

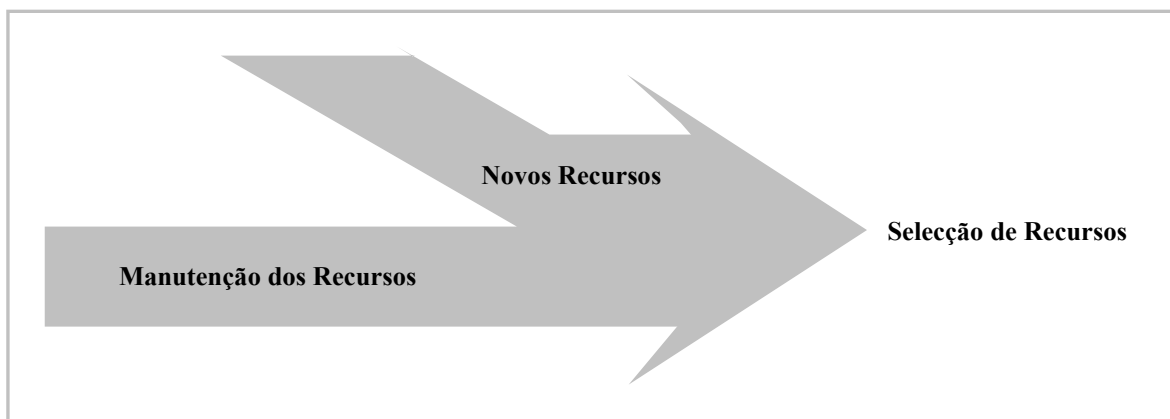


Figura 3.1 - Causas da necessidade da selecção de recursos (Suomi, R., 1990).

Segundo (Bichler, M. et al., 1998a; 1998b), a selecção de recursos é uma das mais importantes funções do processo de negócio das empresas, porque não só afecta as despesas da produção como da qualidade do produto final. A proporção das despesas referentes ao processo de selecção de recursos face ao total das despesas de produção varia entre 35% no caso de indústrias gráficas, até 90% em indústrias como do petróleo (Zenz, G. & Thompson G. H., 1994). Em (Olsen, S. et al., 2000) é lembrado ainda que um processo de selecção pode servir como catalisador de consensos internos, no incremento do trabalho em equipa, e como forma de realçar a qualidade do fornecedor de recursos nos mais variados domínios.

Não há hoje em dia dúvida, para a maioria das empresas, que um processo de selecção (seja do que for), carece dum procedimento estruturado que leve à tomada de decisão mais adequada. Se é verdade que em alguns domínios as empresas tendem a estabelecer laços de cooperação mais longos no tempo, como aqueles que pretendem com os seus fornecedores, também é verdade que esses mesmos fornecedores são continuamente avaliados e induzidos a praticarem processos que demonstre atitudes de incremento de melhoria contínua. No entanto, face às exigências do mercado, são vários os domínios sobre os quais as empresas são induzidas a desencadear processos de selecção. Face aos mais variados estudos referentes à selecção dos vários recursos associados à produção, decomposemos em cinco áreas de recursos sobre as quais os estudos de selecção se têm focado. São elas referentes à selecção de: fornecedores, sistemas integrados de produção, recursos de processamento, recursos computacionais, e de recursos humanos¹. Sobre estas áreas apresentam-se resumidamente abaixo alguns desses estudos.

Referentes à selecção de fornecedores:

- Abordagem multi-attribute à selecção de fornecedores (Weber, A. & Current, J., 1993);
- Desenvolvimento de estratégias para a avaliação de fornecedores com a identificação dos prós e contras de cada uma (Purdy, L. & Safayeni, F., 2000);
- Estudo empírico levado a cabo na Austrália, para a identificação dos principais critérios para pré seleccionar fornecedores (Ng, S. & Skitmore, R., 2001).

Referentes à selecção de sistemas integrados de produção:

- Modelo de avaliação económica para sistemas de produção avançados (Park, C. & Son, Y., 1988);
- Modelo de decisão apoiado na técnica DEA² para avaliação de sistemas flexíveis de produção (Sarkis, J. & Talluri S., 1999);
- Desenvolvimento duma base de decisão para a selecção duma implantação fabril baseada na técnica AHP¹ (Slomp J. & Bokhorst J., 2003).

¹ Matéria que tem sofrido bastante evolução na área da psicologia, e que por isso não será abordada neste trabalho.

² Acrónimo de “Data Envelopment Analysis”.

Referentes à selecção de recursos processamento:

- Técnicas de avaliação estruturada da compra de máquinas ferramentas (Primrose, L. & Leonard, R., 1984);
- Sistema inteligente de selecção de ferramentas para um processo de fabrico (Milacic R. & Putnik, G., 1991);
- Algoritmo e sistema inteligente para ajudar na selecção de caixas moldadas de circuitos “breakers programmable plugs” (Bzymek, M. & Vecchia D., 1992);
- Modelo descritivo multi-atributo para a selecção de sistemas de maquinaria reconfiguráveis (Olsen, S. et al., 2000);

Referentes à selecção de recursos computacionais:

- Abordagem à selecção de sistemas de produção integrados por computador (Malakooti, B., 1989);
- Metodologia para seleccionar produtos software (Suomi, R., 1990);
- Desenvolvimento dum método e duma ferramenta de selecção de software, para as pequenas e médias empresas (Little D., 1998);
- Sistema Inteligente para a selecção de pacotes software de planeamento e controlo da produção (Tatsiopoulos I. & Mekras N., 1999);
- Projecto dum sistema de selecção de software de planeamento e controlo da produção (Starbek, M. & Grum, J., 2000).

Enquanto a selecção de fornecedores, ou se quisermos de recursos, duma forma em geral, tem sido um problema importante para as empresas e para os comités de investigação académicos (como se depreende dos trabalhos que acima apresentámos), para as E A/Vs, são adicionadas novas dimensões de complexidade para resolver este problema (Gupta, P. & Nagi, R. 1995). Tendo em conta esse aumento de complexidade no caso das E A/Vs, no próximo sub-capítulo detalharemos as diferentes vertentes do problema.

3.2 - ESPECIFICAÇÃO DO PROBLEMA DA SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS PARA UMA E A/V

Especificar o problema da selecção do sistema de recursos que integram uma E A/V, de uma forma abrangente de modo a analisarmos o quão complexo é este problema. Recorrendo à representação

¹ Acrónimo de “Analytic Hierarchy Process”.

“IDEF0”¹ (técnica SADT, (Ross, D. 1977; Irvine, C. & Brackett, J., 1977)), a figura 3.2 mostra-nos a especificação genérica do problema da selecção do sistema de recursos.

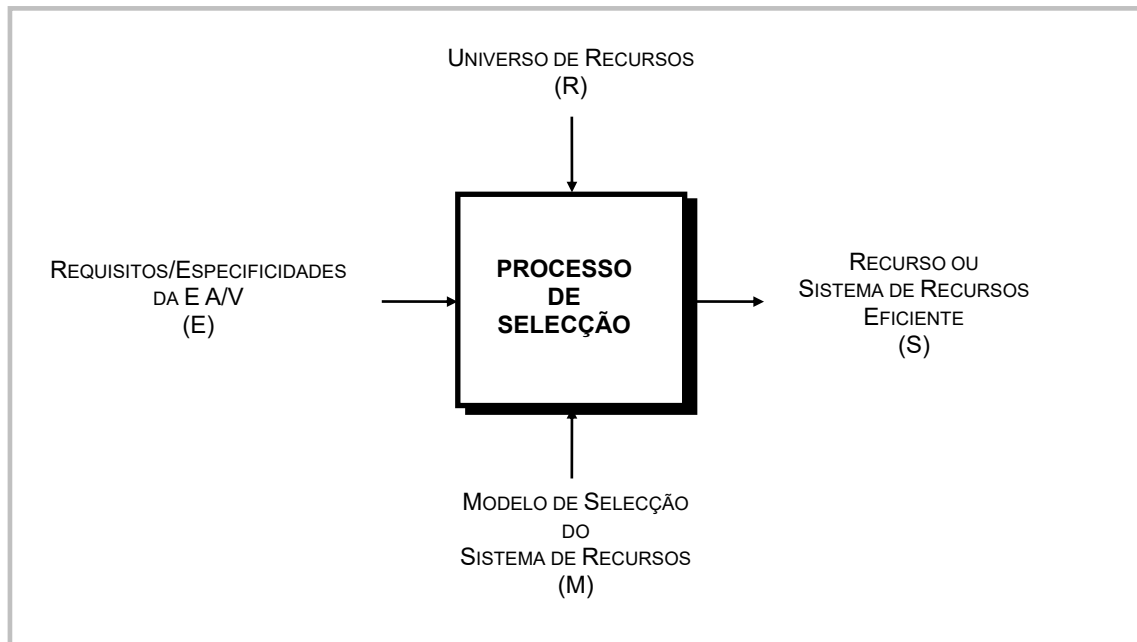


Figura 3.2 - Especificação genérica do problema da selecção do sistema de recursos.

O problema da selecção do sistema de recursos consiste na determinação dum sistema de recursos eficiente (saída do processo de selecção (S)) através dum modelo de selecção (ferramenta/mecanismo do processo de selecção (M)), face aos requisitos /especificidades da E A/V (entrada do processo de selecção (E)), e dos recursos que se candidatam ao sistema de recursos (controlo do processo de selecção (R)), que num contexto de E A/V se pode designar por universo de recursos uma vez que não há limitações de natureza geográfica.

Designámos o nosso problema por, *problema da selecção do sistema de recursos*, porque pretendemos apenas a selecção final de um recurso ou de um sistema de recursos. A saída do processo de selecção será sempre única, então há que esclarecer o que se entende por sistema de recursos. Nem sempre um recurso isolado é capaz de satisfazer a totalidade dos requisitos/especificidades da E A/V. Neste caso, situação que é esperada num contexto de E A/Vs, podemos encontrar vários recursos que no seu conjunto já satisfaçam esses requisitos. Esses recursos agrupados e relacionados entre si designam-se por sistemas de recursos. A figura 3.3, mostra a diferença entre uma possível representação gráfica de recursos, domínio de recursos, sistemas de recursos e de domínio de sistemas de recursos.

¹ “IDEF” é um acrónimo para ICAM (“Integrated Computer - Aided Manufacturing”) DEFinition methodology.

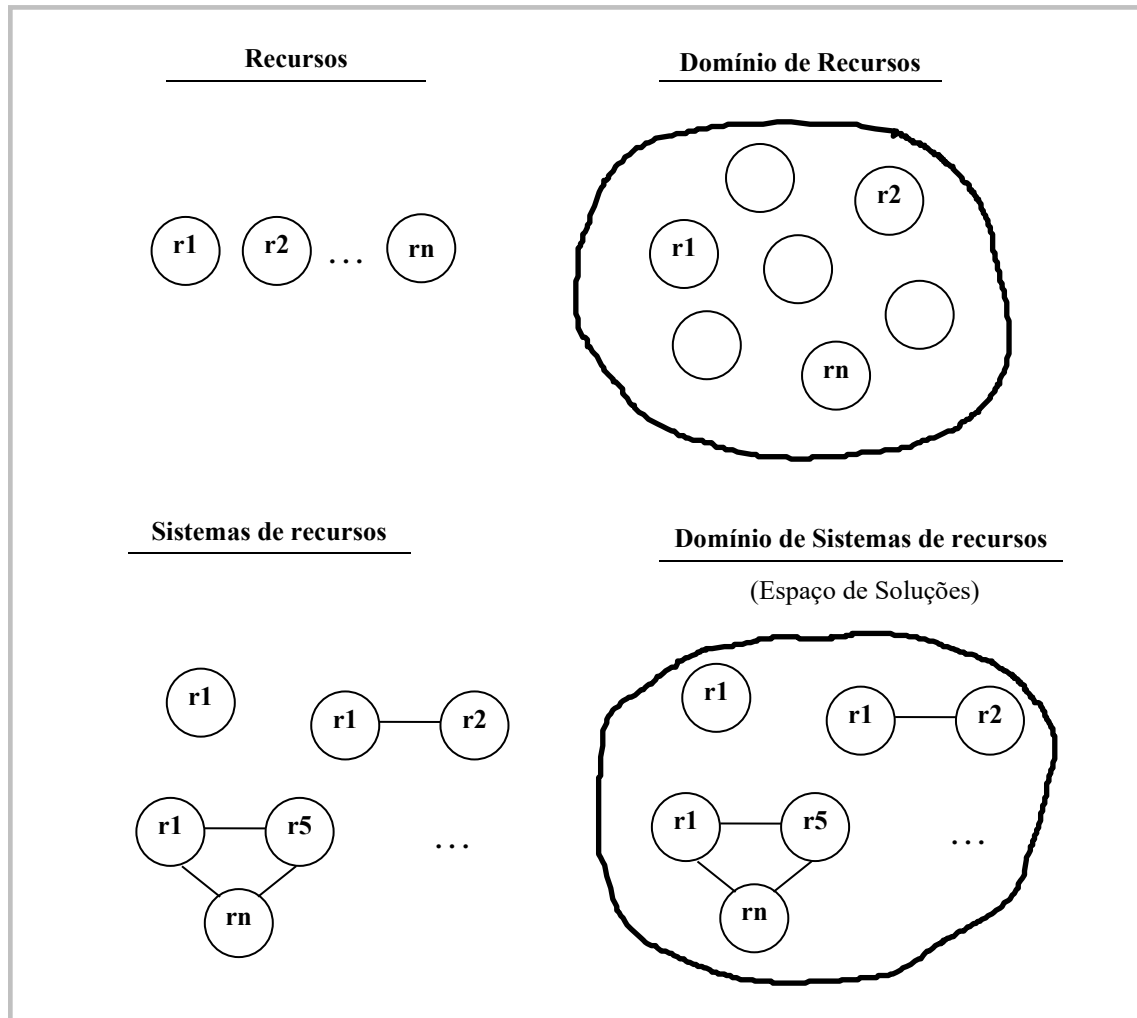


Figura 3.3 - Representação gráfica de recursos, domínio de recursos, sistemas de recursos e domínio de sistemas de recursos.

Também se pode considerar um recurso isolado capaz de satisfazer todas as especificidades do sistema, como um sistema de recursos, só que é constituído apenas por um único recurso. Daqui para a frente quando nos referirmos a sistema de recursos inclui a hipótese de recurso único.

3.2.1 - ANÁLISE DA ENTRADA (REQUISITOS/ESPECIFICIDADES DA E A/V) DO PROBLEMA DA SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

A entrada do processo de selecção, designada por requisitos/especificidades da E A/V (E), é o conjunto de requisitos associados a um plano de tarefas (PT), que a E A/V deseja serem satisfeitos pelo sistema de recursos seleccionado para o executar.

O conjunto de requisitos/especificidades da E A/V pode ser dividido em dois grandes subconjuntos, os *requisitos de pré-selecção* e os *requisitos de selecção*. Entendam-se por *requisitos de pré-selecção* (*Rps*), aqueles que determinam a pré selecção dos recursos candidatos à realização duma tarefa do plano de tarefas, e por *requisitos de selecção* (*Rs*), aqueles que definem a selecção do sistema de recursos. Os primeiros avaliam a eficácia dos recursos candidatos para a execução individual das tarefas, enquanto os segundos avaliam a eficiência dos sistemas de recursos candidatos à realização do plano de tarefas.

É na verdade sobre o plano de tarefas e sobre as tarefas desse plano que se deverão definir os requisitos. Desta forma, parece-nos oportuno primeiro explicar o nosso conceito de tarefa e de plano de tarefas antes de passarmos propriamente aos seus requisitos.

3.2.1.1 - Conceito e Estrutura do Plano de Tarefas

Def. – tarefa - é uma parte completa do ciclo de produção do produto/serviço, com a identificação dos seus requisitos definida pelo gestor (ou Principal) da E A/V, que é lançada no mercado com vista ao seu processamento, e cuja execução e controlo fica a cargo dum único recurso.

Def. – plano de tarefas - conjunto de tarefas (simples e/ou complexas) com as suas interdependências temporais, que definem o ciclo de produção do produto/serviço.

No entanto, apenas com as definições acima subsistem dúvidas de como definimos e relacionamos as tarefas com o projecto do produto ou com o seu processo de fabrico. Propositadamente deixámos em aberto este relacionamento, que como veremos de seguida pode tomar diferentes contornos.

Considerando um produto designado por P (produto final), cuja estrutura (BOM¹) se encontra representada na figura 3.4, pode indicar as matérias primas, componentes, subconjuntos (designados por P1 e P2 no nível - 1, e por P11, P12, P13, P21, P22 no nível - 2) que integram o produto final P (no nível - 0 da estrutura).

Cada elemento dessa estrutura pode ter, com maior ou menor detalhe, definidos os requisitos funcionais, projecto, processo de fabrico, dados do planeamento e programação da produção, e servir de base à definição do plano de tarefas, i.e, a cada elemento da estrutura pode estar associado uma tarefa. Mas também é verdade que a cada elemento dessa estrutura pode ter associado um plano de processo e a decomposição desse processo, e.g., em n operações, dar origem a várias tarefas cada uma associada a parte desse processo. Por outro lado a definição do plano de tarefas pode englobar vários elementos da estrutura do produto numa só tarefa por haver interesse em associar numa

¹ BOM – Acrónimo de “Bill of Materials”.

mesma tarefa elementos da estrutura, e.g., cujo processo de fabrico seja idêntico, ou até mesmo igual (neste caso tratar-se-iam de elementos da estrutura iguais).

Talvez agora consigamos compreender a razão de falarmos em plano de tarefas, porque esse plano não é, nem pode ser encarado de forma rígida. O plano de tarefas tem a estrutura que a E A/V achar apropriada. Atrevemo-nos mesmo a dizer que parte dum plano de tarefas pode seguir a estrutura do produto, outra parte a estrutura do processo de fabrico.

O que foi dito da relação do plano de tarefas com a estrutura do produto e com o processo de fabrico de cada elemento dessa estrutura, está explicitado na figura 3.4. Podemos ter: a integração (ao mesmo nível ou em níveis diferentes) de vários elementos da estrutura do produto numa só tarefa, como no caso de P11, P12 e P13 definidos na tarefa T_1 ; relação directa entre o elemento da estrutura do produto e a tarefa, como no caso de P2 com a tarefa T_5 ; e a relação de um elemento da estrutura com mais do que uma tarefa (decomposição do processo de fabrico), como no caso de P com as tarefas T_6 e T_7 .

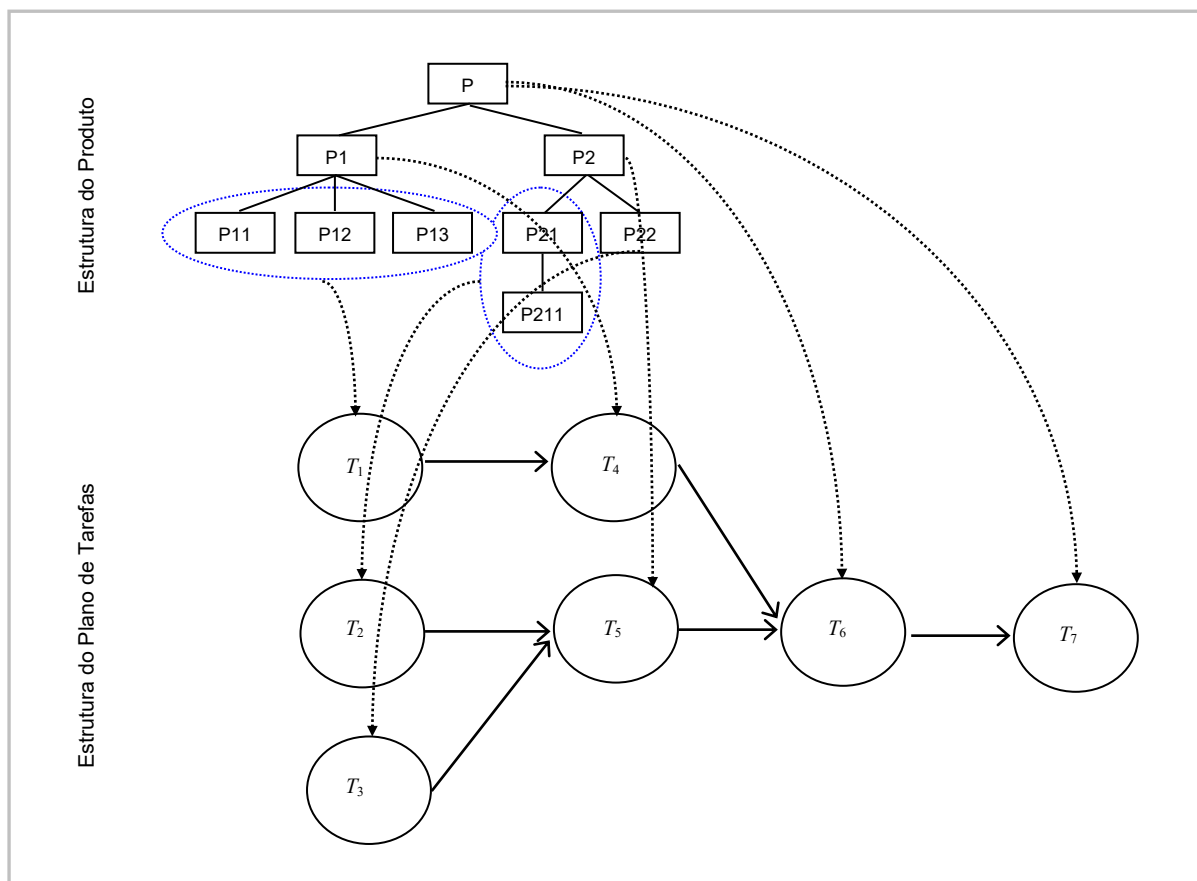


Figura 3.4 – Relação do plano de tarefas de processamento com a estrutura do produto e plano de processo.

Vários autores, como (Huang, G. & Mak, K., 2000; Subbu, R. et al., 1999), consideram no processo de selecção a relação directa entre estrutura do produto e plano de tarefas, enquanto outros apenas falam nas tarefas (ou utilizando outra denominação), como um dado já adquirido. Não nos cabe avaliar no âmbito deste trabalho qual a opção a seguir, mas sim perceber que a estrutura do plano de tarefas que chega ao processo de selecção pode ter várias configurações que não exactamente a da estrutura do produto.

Contudo, segundo o nosso conceito de E A/V, a produção de um produto far-se-á duma forma distribuída, mas para que assim seja, faz sentido que o plano de tarefas seja o mais elementar possível, mas por outro lado quanto mais elementar for maior desinteresse causará aos recursos que se queiram candidatar, i.e., se a tarefa que for lançada/oferecida ao mercado for insignificante em termos de quantidade de trabalho para os recursos, certamente que estes por sua vez não se sentirão interessados em participar nessa tarefa. É claro que também há outros assuntos relacionados, como os custos e dificuldades da própria logística e da gestão duma E A/V cujas tarefas sejam demasiadamente elementares.

Não sabemos relacionar o nível de elementaridade das tarefas com o sucesso do projecto duma E A/V, nem encontramos bibliografia que aborde directamente este assunto para além de G. Putnik., que tem desenvolvido trabalhos nessa área relacionados com o modelo de empresas virtuais do tipo SPV/OPIM, cujo plano de tarefas deverá ser considerado o mais elementar possível, i.e., plano de elementos de operação, que é conseguido à custa da decomposição de um plano de processo de fabrico conforme mostra a figura 3.5.

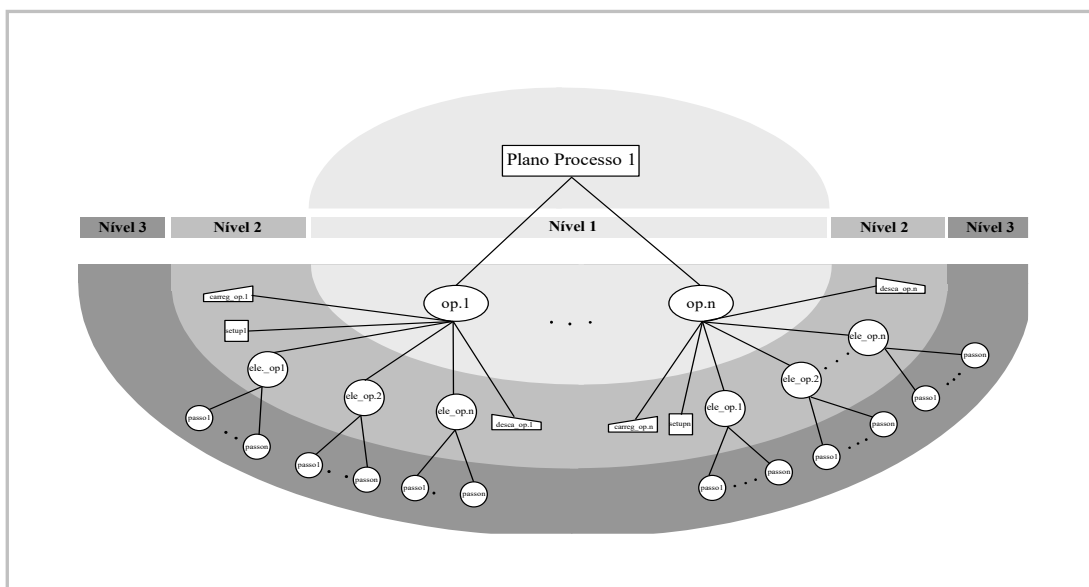


Figura 3.5 – Estrutura detalhada dum plano de processo (Ávila, P., 1998).

Como síntese do que dissemos, é um facto, que diferentes estruturas de planos de tarefas são possíveis para um mesmo produto e que para cada um desses planos os resultados do processo de selecção podem produzir diferentes desempenhos para os sistemas de recursos.

3.2.1.2 - Funcionalidades Associadas aos Requisitos/Especificidades da E A/V

Primeiro queremos esclarecer, para que não hajam dúvidas o conceito de funcionalidade¹ e de requisito. No nosso entender um requisito é uma funcionalidade ou um grupo de funcionalidades relacionadas entre si algebricamente, sujeito a uma condição de verificação. Por exemplo, a funcionalidade velocidade de avanço (va) duma máquina ferramenta pode originar diferentes requisitos e.g., $va \geq c$; $a \leq va \leq d$; $va = e$.

Funcionalidades associadas aos requisitos de pré-selecção

Alguns autores nomeadamente (Minis, I. et al., 1996; Huang, G. Q. & Mak, K. L., 2000; Sarkis, J. & Talluri, S., 2001) têm dado especial importância aos requisitos de pré-selecção de recursos, no âmbito das E A/Vs, e paralelamente às funcionalidades a eles associadas. Esses autores criaram mesmo estruturas hierárquicas das diferentes funcionalidades para que mais facilmente fossem expressadas as funcionalidades preferidas e o seu nível de importância.

Apresentam-se abaixo seis grupos pelos quais dividimos as funcionalidades associadas aos requisitos de pré-selecção:

➤ **Especificações funcionais do produto/tarefa.**

Por exemplo: especificações para o projecto do produto; valores pretendidos para a qualidade do produto como as especificações plano de controlo da qualidade; características dos materiais como por exemplo as mecânicas, químicas, de processo de fabrico da sua obtenção.

➤ **Projecto e modelação do produto/tarefa.**

Por exemplo: cálculos; modelos CAD² do produto, de conjunto e/ou de pormenor, i.e., de componentes montadas e/ou separadas.

¹ Na bibliografia também aparece a designação critério e por isso usaremos indistintamente os dois termos, funcionalidade e critério.

² Acrónimo de “Computer Aided Design”.

➤ **Processo de fabrico/tarefa.**

Por exemplo: operações e sequência de operações para a tarefa; especificação de cada operação com a identificação dos processos respectivos (elementos de operação); fixadores; tipos de máquinas e ferramentas para cada operação; ferramentas de controlo; dimensões operacionais e tolerâncias para as operações.

➤ **Planeamento e Programação da produção.**

Por exemplo: quantidades necessárias dentro de janelas de tempo (datas de início e conclusão das tarefas).

➤ **Meios necessários de tecnologias de informação.**

As tecnologias de informação e a sua compatibilidade, são críticas para o projecto e integração numa E A/V, uma vez que a sua estrutura organizacional requer um elevado nível de cooperação e coordenação inter-organizacional. Refere (Zhou, Q. & Besant, C., 1999), que mais do que isso, as tecnologias de informação a serem usadas nas EV devem traduzir benefícios face ao custo, ser flexíveis e portáteis, visto que as EVs devem estabelecer-se rapidamente e são de duração limitada. Em (Yen, D. et al., 2002) são agrupadas as tecnologias de informação por nove classes, das quais se apresentam algumas:

1. ferramentas electrónicas de comunicação: e.g. e-mail, video-conferência, tele conferência.
2. ferramentas tradicionais do comércio electrónico: e.g. EDI¹, redes privadas.
3. tecnologias internet: e.g. as WWW, Telnet, FTP², IRC³.
4. tecnologias intranet
5. software de suporte ao trabalho em grupo: e.g. gestão de projectos, calendarização e gestão de grupos, software de partilha de imagem.
6. ferramentas software que suportam as funcionalidades da organização: e.g. sistemas de gestão de bases de dados, de gestão integrada da documentação, sistemas CAD, CAE⁴, CAPP⁵, CAM⁶, ERP⁷.

➤ **Funcionalidades complementares para cada tarefa.**

Englobamos aqui quaisquer outras funcionalidades que no entender do gestor da E A/V sejam relevantes como requisitos de pré-selecção.

¹ Acrónimo de “Electronic Data Interchange”.

² Acrónimo de “File Transfer Protocol”.

³ Acrónimo de “Internet Relay Chat”.

⁴ Acrónimo de “Computer Aided Engineering”.

⁵ Acrónimo de “Computer Aided Process Planing”.

⁶ Acrónimo de “Computer Aided Manufacturing”.

⁷ Acrónimo de “Enterprise Resource Planning”.

Por exemplo: situação financeira, sistema de higiene e segurança, sistemas de gestão da qualidade, factores culturais, localização geográfica; dimensão; desempenho noutras participações em E A/Vs; outros.

A definição dos requisitos de pré-selecção associados a cada tarefa, deverá ser, para além de outros, um mecanismo privilegiado na dissipação de recursos que não inspirem confiança na sua participação na operação da E A/V. Vários autores (Davidow, W. & Malone, M., 1992; Goranson, H., 1999; McCutcheon, D. & Stuart F., 2000; Yen, D. et al., 2002), referem mesmo que a confiança que se pretende dos recursos que integrarão a E A/V é um, senão mesmo o factor mais importante para o seu sucesso. Não obstante outras razões, a necessidade de partilhar informação, conhecimento e tecnologias, por si só, justificam a importância que se tem dado a este tema.

Funcionalidades associadas aos requisitos de selecção

As funcionalidades associadas aos requisitos de selecção para uma E A/V são mais restritas do que as anteriores e na sua maioria mais objectivas, i.e., quantificáveis. Atrevemo-nos mesmo a dizer que há algum consenso da importância de todas elas apesar de nem sempre serem consideradas visto aumentar a complexidade do problema, tema que retomaremos no sub-capítulo 3.2.4.

Apresentam-se abaixo as funcionalidades mais expressivas da bibliografia, associadas aos requisitos de selecção:

- **Número total de empresas/entidades participantes.** É o número total de diferentes empresas/entidades que participam na integração da E A/V com os seus recursos. Em caso de conflito de decisão, este critério pode ser importante para tomar uma decisão;
- **Tempo total de produção despendido pelo sistema de recursos.** É o tempo total despendido pelo sistema de recursos para executar o plano de tarefas associado ao ciclo de produção do produto/serviço. O tempo total de produção por sistema de recursos ($t_{total_produção/sist}$) pode ser obtido pelo somatório dos diferentes tempos de produção por recurso ($t_{produção/rec}^1$) pertencente ao sistema de recursos, mais o somatório dos tempos de transporte (t_{transp}^2) necessários efectuar com esse sistema de recursos.

$$t_{total_produção/sist} = \sum t_{produção/rec} + \sum t_{transp}$$

Atenção que, um valor menor deste parâmetro não significa que o plano de tarefas seja concluído o mais cedo possível. Para que tal aconteça, bastará que o sistema de recursos em causa inicie a execução do plano de tarefas mais tarde do que um outro sistema cujo tempo

¹ Podem incluir os tempos de espera para o processamento da tarefa.

² Podem incluir os tempos de espera para o transporte.

total de produção adicionado à data de início o faça concluir mais cedo que o primeiro. Por esta razão, consideraremos outro parâmetro, a disponibilidade para o mercado.

- **Disponibilidade para o mercado.** É a data mais cedo que o sistema de recursos conclui a execução do plano de tarefas.
- **Custo total de produção pelo sistema de recursos.** É o custo total do sistema de recursos integrados para executar o plano de tarefas associado ao ciclo de produção do produto/serviço. Este parâmetro pode ser calculado similarmente ao do tempo total de produção. Isto é, o custo total de produção por sistema de recursos ($c_{total_produção/sist}$) pode ser obtido pelo somatório dos diferentes custos de produção por recurso ($c_{produção/rec}^1$), pertencente ao sistema de recursos, mais o somatório dos custos de transporte (c_{transp}^2) necessários efectuar com esse sistema de recursos.

$$c_{total_produção/sist} = \sum c_{produção/rec} + \sum c_{transp}$$

- **Qualidade total do sistema de recursos.** Este critério reflecte a imagem global do conjunto de empresas/entidades que integram os recursos pertencentes ao sistema de recursos. Deste critério podem fazer parte vários parâmetros, tais como: certificação de qualidade; situação económica; imagem de mercado e muitos outros. Pensamos que este parâmetro é, ou pode ser, um quantificador importante da confiança esperada e necessária entre parceiros que integram a E A/V.

3.2.1.3 - Organização dos Requisitos/Especificidades da E A/V

Uma instância dum processo de selecção dum sistema de recursos, contemplará um subconjunto dos requisitos de pré-selecção e um subconjunto dos requisitos de selecção, i.e., quer na fase da pré-selecção, quer na da selecção, o problema pode ser multi-critério. Várias questões se colocam então na organização dos requisitos, tais como:

- Quais as funcionalidades a considerar;
- Quais as condições de verificação dessas funcionalidades, i.e., as condições dos requisitos;
- Como quantificar os diferentes requisitos;
- Como atribuir “pesos” aos diferentes requisitos.

¹ Podem incluir os custos de espera para o processamento da tarefa.

² Podem incluir os custos de espera pelo transporte.

Escolha das funcionalidades

As funcionalidades a considerar e que darão origem aos requisitos/especificidades da E A/V para o processo de selecção de recursos depende essencialmente de dois factores, nomeadamente:

- Características do produto;
- Modelo referencial de E A/V.

Quanto ao primeiro e falando das funcionalidades para a pré-selecção, a produção dum produto único (novo) acarretará maior número de requisitos do que na produção de um produto similar ou existente no mercado. Enquanto que no primeiro produto a maioria dos seus componentes que o integram irão ser produzidos pela primeira vez, no segundo caso a existência dessas componentes já no mercado não acarretará a necessidade de certos requisitos, nomeadamente referentes ao projecto e do processo de fabrico. Para o caso das funcionalidades associadas à selecção é talvez mais difícil excluir qualquer uma das funcionalidades que já apontámos, julgamos que aqui a questão coloca-se mais na quantificação da importância dessas funcionalidades.

Quanto ao modelo referencial de E A/V esta necessidade de definição dos seus requisitos pode-se dever a dois factores. A necessidade de efectuar um maior controlo a diferentes níveis e neste caso a necessidade da maior especificação desses requisitos, ou tratando-se dum modelo de E A/V do tipo “extended enterprise”, porque são já conhecidos os recursos candidatos à selecção, reúnem já certos requisitos que não necessitem de ser especificados.

Condições de verificação das funcionalidades

Quer na pré-selecção, quer na selecção, podem-se considerar e podem coexistir, dois tipos de verificação das funcionalidades (ou dois tipos de requisitos), as verificações uni-funcionais (ou uni-critério) e as multifuncionais (ou multi-critério). As verificações uni-funcionais, são aquelas sujeitam a verificação dum só funcionalidade por parte dos recursos candidatos à pré-selecção. As verificações multifuncionais, são aquelas que agrupam entre si várias funcionalidades por forma a satisfazerem uma determinada condição.

Consideremos, e.g., para o caso dum pré-selecção, mas que poderia ser extensível à selecção, os seguintes conjuntos funcionalidades Fps e de requisitos Rps :

$$Fps = \{Fps1; Fps2; Fps3; Fps4; Fps5\}$$

$$Rps = \{Rps1; Rps2; Rps3\}$$

Com:

Fps1 - recurso satisfaz os modelos CAD do produto/tarefa;

Fps2 – quantidades necessárias dentro de janelas de tempo;

Fps3 – tecnologias internet;
 Fps4 – situação financeira;
 Fps5 – desempenho noutras participações em E A/Vs;
 Rps1 \Leftrightarrow Fps1 = Verdadeiro;
 Rps2 \Leftrightarrow Fps2 \geq a;
 Rps3 \Leftrightarrow F(Fps3; Fps4; Fps5) \geq b;
 a, b – valores constantes.

Neste caso, podemos dizer que os requisitos Rps1 e Rps2 são unifuncionais e o requisito Rps3 é multifuncional.

Normalmente na pré-selecção temos vários requisitos do tipo unifuncional e na fase da selecção um requisito do tipo multifuncional. Talvez várias razões possam estar na origem dessa diferença mas essencialmente porque as funcionalidades da selecção estão associadas à eficiência esperada do sistema de recursos e como tal faz sentido a sua análise multifuncional.

Dum subconjunto das funcionalidades de selecção a serem considerados para uma instância do problema, estas podem ser agrupadas e relacionadas numa função à qual se designa por função objectivo, F (funcionalidades de selecção; pesos das funcionalidades), que traduzirá o desempenho dos sistemas de recursos e cujo requisito passa normalmente pela sua minimização ou maximização.

A função objectivo F é uma função multi-critério que pode assumir diferentes formas algébricas. Uma dessas formas pode ser a ponderação aritmética (eventualmente com factores de correcção), dos vários requisitos de selecção como a utilizada em (Gupta, P. & Nagi, R., 1995; Ávila, P., 1998; Subbu, R. et al., 1999). No caso de R. Subbu, sem justificar o porquê, foi considerada a seguinte função objectivo,

$$F(C^T, T^T) = C^T e^{(T^T - 10)/4}$$

com C^T – custo total e T^T – tempo total de produção.

Atribuição de pesos às funcionalidades

A atribuição dos pesos das várias funcionalidades no caso do requisito ser multi-critério, como normalmente é a função objectivo da selecção, é uma das questões que o gestor da E A/V terá de ponderar consoante a estratégia seguida em cada caso e em cada momento, diremos mesmo que essa quantificação é dinâmica. No entanto, não é, como parece, uma tarefa fácil, é, porque não dizê-lo, subjectiva, sendo certo que no contexto das E A/Vs, o critério que definimos como qualidade total do sistema de recursos é seguramente um dos mais importantes.

Atendendo à dificuldade da quantificação dos pesos das diferentes funcionalidades que é maior quando essa quantificação é algébrica e menor quando é qualitativa, (Minis, I. et al., 1996) propuseram a utilização da lógica fuzzy (Zadeh, L., 1964), entendida à técnica “Analytical Hierarchy Process” (AHP) (Saaty, T., 1986; 1990) normalmente designada por Fuzzy-AHP e inicialmente desenvolvida por (Buckley, J., 1985). Desta forma, o gestor da selecção pode especificar as preferências da selecção na forma de expressões em linguagem natural (e.g., muito importante, importante), que traduzam o grau de importância dado a cada uma das funcionalidades da selecção (custo, tempo, qualidade, etc). Usando a fuzzy-AHP, o sistema combina essas preferências com dados existentes (provenientes de análises estatísticas e de estudos industriais) para re-enfatizar as prioridades das funcionalidades e atribuir um valor numérico às mesmas.

Quantificação dos requisitos

A questão que aqui se coloca prende-se com avaliação dos requisitos face aos dados dos recursos, i.e., os requisitos definidos podem ser avaliados com base na informação disponibilizada pelos recursos? Para que a resposta tenha sucesso, é necessário que aquando da definição dos requisitos se tenha em consideração os seguintes factores relacionados com a informação dos dados dos recursos:

- Tipo de informação que os recursos estão dispostos a fornecer;
- Veracidade dessa informação;
- Formatação da informação;
- Rapidez da sua obtenção;
- Tratamento algorítmico da informação.

Como vemos, tem de haver um “encaixe” dos requisitos com os dados dos recursos por forma a minimizar riscos de alguns requisitos não serem exequíveis no processo de selecção.

3.2.2 - ANÁLISE DO UNIVERSO/DOMÍNIO DE RECURSOS DO PROBLEMA DA SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

Ao domínio de recursos pertencem todos os recursos que concorrem ao processo de selecção do sistema de recursos, e que no contexto duma E A/V podemos falar que todos os recursos (o universo de recursos), são à partida potenciais candidatos. Sobre os recursos, num processo de selecção, interessam os parâmetros que os possam caracterizar para podermos avalia-los quanto à sua capacidade de satisfazerem os requisitos/especificidades da E A/V, dos quais já falámos no sub-capítulo 3.2.1.

Mas antes de avançarmos, e porque se tratam de dados dos recursos, esta é altura oportuna para explicarmos o nosso conceito de recurso no âmbito deste trabalho.

3.2.2.1 - Conceito de Recurso

Sem querermos ser restritivos na definição de recurso, temos então,

Def. – recurso – é o meio que possibilita a realização duma tarefa e cuja identificação seja possível.

Como podemos falar de vários níveis de recursos, do mais complexo como e.g., empresa/instituição, linha/célula/oficina de fabrico, posto de trabalho, ao mais elementar como e.g., máquina, ferramenta, operário, software, hardware, quando falamos de recurso no singular podemos referir a um conjunto de recursos (meio). O recurso é recursivo, i.e., pode ser constituído por outros recursos.

Atendendo ao nosso trabalho o recurso que se encontra no topo da hierarquia, ou de níveis, é o recurso empresa com identificação jurídica própria, e em primeira instância é este o recurso que se candidata à realização da tarefa, e por isso falamos na definição em identificação. Seja qual for o nível do recurso, a sua identificação tem de estar sempre associada a uma única empresa e aqui a designação recurso não contempla um conjunto recursos elementares de diferentes empresas¹. Neste caso cada recurso por si só seria ou poderia ser a reunião de vários recursos distribuídos geograficamente. Contudo é verdade que pode a escolha duma determinada empresa para a realização duma tarefa, dever-se às capacidades dos seus recursos mais elementares, mas mesmo nestes casos esses recursos estão associados à sua empresa, ou se preferirmos recurso empresa. Mas então, porque não utilizamos a designação de empresa ou de parceiros em vez da de recurso? A razão deve-se à importância, que no nosso processo de selecção, de quaisquer níveis de recursos da empresa poderem ser chamadas a fornecer dados em função dos requisitos/especificidades definidos pelo gestor da E A/V, tal como vimos anteriormente, e serem esses mesmos dados a condicionarem a selecção da empresa. Seria redutor no nosso entender falarmos na selecção de empresas em vez da de recursos, sem pena de por vezes falarmos em empresa e em parceiros.

Ao dizermos, ainda na definição, que o recurso possibilita a realização duma tarefa, queremos deixar em aberto se a realização duma tarefa é feita exclusivamente por recursos da própria empresa, ou se esta subcontrata outros recursos doutras empresas para a execução total ou parcial da mesma. O que determina essa possibilidade é a forma como estão definidos os requisitos, e se no caso de não haver nenhuma referência explícita de que devem apenas ser os recursos duma só empresa, logo essa empresa é livre de proceder como entender, como de resto se passa no dia a dia das empresa, no sentido de satisfazer os requisitos que lhe foram solicitados. Contudo, perante o gestor da E A/V

¹ Esta possibilidade é contemplada no SPV/OPIM.

haverá uma única empresa responsável pela tarefa, i.e., um recurso seleccionado passa a ser o responsável pela tarefa e pela integração dos recursos que participam na realização dessa tarefa.

3.2.2.2 - Parâmetros dos Recursos

Da mesma forma que decomposemos os requisitos/especificidades da E A/V, fazêmo-lo também para os parâmetros dos recursos. De forma idêntica, podem-se decompor em *parâmetros da pré-selecção (Pps)* e em *parâmetros da selecção (Ps)*.

Parâmetros da pré-selecção

Entendam-se por *parâmetros da pré-selecção (Pps)*, aqueles que caracterizam os recursos para efeitos de comparação com os *requisitos de pré-selecção*. Exemplos das variáveis desses parâmetros estão associadas à:

➤ **Identificação do recurso.**

Por exemplo: nome da empresa/instituição; identificação jurídica; data da sua fundação; capital social; nº total de trabalhadores; localização; vocação principal (e.g., metalomecânica, construção civil, têxtil, consultoria, informática).

➤ **Capacidade funcional.**

É a capacidade de produzir produtos/serviços finais ou componentes, é digamos o catálogo de produtos/serviços da empresa junto dos seus clientes. Este tipo de informação é mais fácil definir quando a empresa produz por catálogo, i.e., a gama de produtos que a empresa produz está perfeitamente definida, tal como no caso da indústria de rolamentos ou de componentes automóvel. Quando a empresa produz por encomenda, i.e., quando cada produto produzido é específico para cada cliente é mais difícil especificar essa informação, e.g., no caso da indústrias de estruturas metálicas.

➤ **Capacidade de processo de fabrico.**

É a capacidade de executar processos de fabrico. Esta capacidade está associada aos recursos primitivos existentes e na forma como se integram para desempenhar os processos. Em (Putnik, G., Carmo Silva S., 1995) são definidos três tipos de recursos primitivos: os recursos de processamento (equipamento industrial para processamento de matéria prima), os recursos computacionais (hardware e software), e os recursos de conhecimento (geralmente os recursos humanos) e da sua capacidade de integração advém a sua capacidade de processo (Putnick, et al., 1996). Uma forma de explicitar a capacidade de processo é através da identificação dos sub-processos e dentro de cada sub-processo definir as transformações

elementares¹ e os parâmetros críticos desse subprocesso para cada recurso. Por exemplo dentro do processo de maquinagem podemos ter subprocessos como a fresagem, torneamento, furação e dentro de cada subprocesso, as transformações elementares possíveis e os parâmetros críticos como as gamas de capacidade geométrica (dimensões da mesa), cursos transversos, velocidade de rotação da ferramenta, avanço e precisão.

➤ **Capacidade de produção.**

É a capacidade grosseira de satisfazer as tarefas dentro de intervalos de tempo.

Podemos ter: valores referentes à capacidade instalada, e.g. número de peças produzidas por mês (ou noutra unidade de tempo), ou no caso da metalomecânica pesada a designação mais comum é de tonelada de aço por mês num intervalo de tempo; e valores das quantidades médias existentes em stock, que se poderá traduzir em capacidade infinita para satisfazer a tarefa.

➤ **Capacidade do uso de tecnologias de informação.**

Por exemplo as referidas nas funcionalidades referentes aos meios necessários de tecnologias de informação;

➤ **Capacidade complementares.**

Financeira. Por exemplo, relatório de contas anual com o balanço financeiro e demonstração de resultados.

Sistemas de Higiene e Segurança. Por exemplo, normas e legislação aplicada, planos de emergência.

Sistemas de Gestão da Qualidade. Por exemplo, normas aplicadas, manual da qualidade e de processos, certificados, prémios.

Outros. Por exemplo, alvarás, comprovativos da participação noutras EVs, em consórcios, parcerias estratégicas com outras empresas/instituições.

Parâmetros da selecção

Os parâmetros de selecção (*Ps*), são aqueles que contribuem para a quantificação do desempenho do sistema de recursos a seleccionar em função dos *requisitos de selecção*. Exemplos mais significativos desses parâmetros são:

➤ **Data de início mais cedo da tarefa por recurso.**

¹ É a função ou processo de maquinagem que transforma um dado padrão geométrico (em Inglês designa-se por “feature”), noutro padrão geométrico ou no mesmo padrão quando apenas houver alteração das dimensões. Voltaremos a falar neste tema no sub-capítulo 5.4.

É a data mais cedo que o recurso pode iniciar a execução da tarefa. Claro que o recurso pode disponibilizar várias datas para o arranque da tarefa em função da sua ocupação de trabalho e neste caso teremos várias datas de início mais cedo.

➤ **Tempo de produção da tarefa por recurso.**

É o tempo total necessário pelo recurso para executar a tarefa. Este parâmetro quando é obtido através de cálculo algorítmico pode ser decomposto em várias parcelas, e.g., tempo de processamento mais tempo de espera¹.

➤ **Custo de produção da tarefa por recurso.**

É o custo de executar a tarefa pelo recurso. Este parâmetro quando é obtido através de cálculo algorítmico pode também ser decomposto em várias parcelas, e.g., custo de processamento mais custo de espera, ou custos fixos mais custos variáveis considerados por (Subbub, R. et al., 1999).

➤ **Capacidade produtiva por recurso.**

É a capacidade produtiva mais detalhada, disponibilizada pelos recursos para a realização da tarefa, durante períodos de tempo bem definidos.

➤ **Data de início mais cedo do transporte.**

É a data mais cedo que o transporte se pode iniciar entre duas tarefas consecutivas do plano de tarefas.

➤ **Tempo de transporte entre duas tarefas consecutivas.**

É o tempo despendido para transportar o produto/serviço entre duas tarefas consecutivas. Este parâmetro é de difícil obtenção junto dos recursos de transporte (veremos porquê quando abordarmos a pré-selecção de recursos de transporte) e por isso é normalmente obtido por cálculo algorítmico através de estimativa (o que constataremos também quando analisarmos os modelos de selecção revistos da bibliografia). Essa estimativa, mais ou menos precisa, pode ser obtida considerando o quociente da distância entre recursos (média, máxima ou mínima dependendo dos autores) e a velocidade do(s) meio(s) de transporte adoptado(s). O valor da distância entre dois recursos depende do caminho que se considerar como mostra a figura 3.6 (e.g., entre L1 e Ln existem oito caminhos possíveis), sendo possível a determinação do caminho mais curto, ou do mais longo, sobre uma rede de nós e arcos através da aplicação do algoritmo do caminho mais curto entre dois nós (Hillier, F. & Lieberman, G., 1990). Neste caso os primeiros representam as localizações dos recursos (Ln), e os segundos os percursos e suas distâncias respectivas (dist_i). O meio de transporte adoptado depende por sua vez de vários factores, incluindo os referentes ao tipo de produto, quantidades, volume a movimentar e outros. Por exemplo, se falamos em informação, o seu transporte é seguramente bem diferente do que uma estrutura metálica.

¹ É o tempo que a tarefa tem de esperar até ser executada (incluindo os tempos de set-up), mais o tempo de espera depois do processamento até ao transporte.

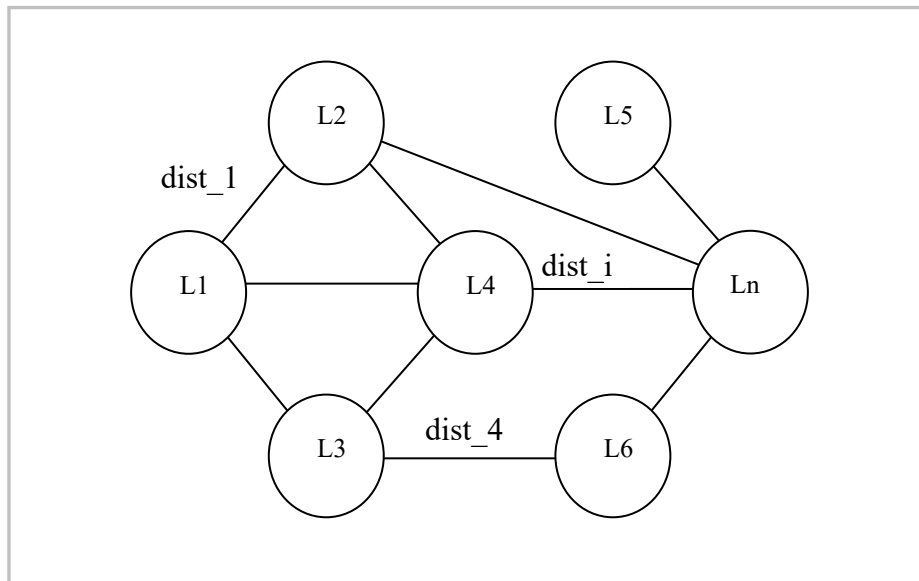


Figura 3.6 – Exemplo duma rede de localizações e suas ligações.

➤ **Custo de transporte entre duas tarefas consecutivas.**

É o custo de transportar o produto/serviço entre duas tarefas consecutivas. Este parâmetro também é normalmente estimado, como o anterior, e as considerações que se fizeram sobre o anterior são igualmente válidas para este parâmetro.

➤ **Qualidade total do recurso.**

Os dados deste parâmetro podem quantificar a imagem global do recurso. Pode haver ou não alguma sobreposição deste parâmetro com o parâmetro da pré-selecção definido por capacidades complementares. Contudo as informações do recurso que possam já ter sido dadas com vista à sua pré-selecção, podem ser novamente necessárias na fase da selecção, mas tratando-se de dados dos recursos que são utilizados em fases distintas, com propósitos distintos, classificámo-los também de forma diferente.

Os exemplos que foram dados para as capacidades complementares também se enquadram neste caso.

Uma última nota referente aos parâmetros de selecção associados ao transporte, designadamente o tempo e o custo de transporte, que são normalmente estimados e que por isso acarretam riscos na avaliação do desempenho do sistema de recursos. Não é de mais referir que os nossos recursos encontram-se distribuídos geograficamente, e que não são excluídas situações de dispersão à escala mundial. Por isso, qualquer um desses parâmetros pode assumir uma parte importante da produção, quer em tempo, quer em custo, para o tipo de sistema em estudo, E A/V, e que se forem mal estimados podem falsear os resultados da selecção e comprometer mesmo o sucesso da E A/V. Como

sabemos esse sucesso, é entre outros, influenciado pelo peso que o transporte assumir, i.e., sabemos que existe uma relação inversa entre sucesso da E A/V e peso do transporte (Ávila, P., 1998).

3.2.2.3 - Estratégias para a Avaliação dos Parâmetros dos Recursos

Designamos por estratégias para avaliação dos parâmetros dos recursos, ao modo como esses parâmetros são conseguidos pelo seleccionador dos recursos. Existem dois modos distintos de obter essa informação, o modo indirecto e o modo directo, podendo-se considerar um terceiro que resulta da síntese dos anteriores, mas vamos aflorar aqui os dois primeiros. O modo indirecto caracteriza-se pela informação recebida pelo seleccionador ser fornecida pelo recurso, enquanto no modo directo o seleccionador desloca-se ao recurso e ele próprio examina o recurso e retira a informação que pretende.

Em (Purdy L. & Safayeni, F., 2000), foram analisados os dois modos de aquisição da informação para o caso da selecção e controlo de fornecedores para um sistema de produção convencional, e conforme mostram as tabelas 3.1. e 3.2., os dois modos têm vantagens e limitações (que no caso são do ponto de vista do seleccionador (cliente)), quer o domínio da informação esteja associado ao processo do recurso (e.g., de fabrico, de gestão, da qualidade), quer aos produtos produzidos pelo recurso.

Tabela 3.1 – Vantagens dos modos de aquisição da informação dos recursos (adaptada de Purdy L., & Safayeni, F., 2000).

Modo de Aquisição da Informação	Domínio da Informação	
	<i>Processo</i>	<i>Produto</i>
<i>Indirecto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Extensa documentação de processos fornecida pelo recurso. • Ajustam-se a recursos de organizações com funcionalidades bem definidas (normalmente organizações de dimensão considerável). • Mecanismo para a redução de potenciais recursos candidatos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Informação sumariada dos produtos fornecida pelo recurso. • Minimiza as despesas dos testes aos produtos. • Aptidão para confiar na reputação do recurso.
<i>Directo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Observação directa dos processos. • Visão global de toda a organização do recurso. • Assegurar as melhorias implementadas e servir de 	<ul style="list-style-type: none"> • Possibilidade de testar directamente os produtos. • Aumento do conhecimento do seleccionador. • Nível adicional de controlo da qualidade do produto

	oportunidade de desenvolvimento do recurso.	
--	---	--

Tabela 3.2 – Limitações dos modos de aquisição da informação dos recursos (adaptada de Purdy L., & Safayeni, F., 2000).

Modo de Aquisição da Informação	Domínio da Informação	
	<i>Processo</i>	<i>Produto</i>
<i>Indirecto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta os custos da recolha de informação e do seu tratamento. • Aumenta o potencial de receber informação distorcida. • Pode ser limitada pelos modelos que são seguidos pela organização do recurso 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta o risco da inconsistência na informação • Aumenta o potencial de receber informação distorcida. • Potencial tendência de atribuir responsabilidades aos recursos.
<i>Directo</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Limitações físicas da observação directa. • Requer mais conhecimentos técnicos e de engenharia. • Tendência para atribuir aos problemas visíveis as causas da ineficiência. 	<ul style="list-style-type: none"> • Aumenta o tempo de correcção do problema. • Requer mais conhecimentos técnicos e de engenharia. • Análise da causa do problema é mais difícil.

Segundo (Purdy L., & Safayeni, F., 2000), não há uma estratégia melhor do que a outra uma vez que ambas apresentam vantagens e desvantagens, contudo, a escolha do modo de obtenção da informação depende da natureza da relação entre cliente e fornecedor e do tipo / projecto do sistema de produção do cliente. Resumidamente, os autores referem que no início duma relação cliente fornecedor não é fácil estabelecer o modo directo e que sistemas de produção seguindo uma filosofia de baixos stocks, como o caso JIT¹, são mais propensos a seguirem o modo directo.

Num ambiente de E A/V como o nosso, admitimos que as vantagens e desvantagens do modo de obtenção da informação serão idênticas às anteriormente referidas, não obstante a dificuldade de pôr em prática o modo directo numa fase da pré-selecção e possivelmente na da selecção do sistema de recursos, devido à quantidade de recursos que são esperados associada à sua dispersão geográfica. Assim sendo, o modo indirecto afigura-se como sendo o mais exequível, com os prós e contras que daí advêm, apesar de que, o modo directo poderá justificar-se em casos particulares em que algumas tarefas ou plano de tarefas assim o exija. No entanto, a experiência e o conhecimento do

¹ Acrónimo de “Just in Time”.

seleccionador poderão ser factores determinantes no despiste das limitações inerentes ao modo indirecto de obtenção da informação.

3.2.3 - ANÁLISE DO MODELO DE SELECÇÃO DO PROBLEMA DA SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

O modelo de selecção é o mecanismo utilizado pelo processo de selecção para encontrar e determinar, do interior do domínio de recursos, o sistema de recursos que melhor satisfaz a totalidade dos requisitos/especificidades da E A/V.

Na verdade o processo de selecção depende do modelo de selecção de cada autor e das fases (ou processos) que esse modelo comportar. Várias fases e sub-fases podem ser consideradas nesse modelo, como a *procura de recursos*, a determinação dum *mercado de recursos* ou dum *mercado de recursos focalizado*, *pré-selecção de recursos*, *negociação*, *selecção do sistema de recursos*, e a *celebração do contrato*. Contudo, as fases da procura de recursos¹, pré-selecção de recursos e da selecção do sistema de recursos são sempre necessárias em qualquer modelo de selecção, independentemente dos modelos as referirem ou não de forma explicita. Por isso, na nossa análise do modelo de selecção, vamo-nos referir apenas a essas três fases com especial ênfase nas duas últimas.

3.2.3.1 - Procura de Recursos

Faz sentido no contexto das E A/Vs que a procura de recursos seja o mais exaustiva possível por forma a que as fases seguintes, a pré-selecção e a selecção do sistema de recursos sejam bem sucedidas, i.e., que existam soluções eficazes e eficientes face aos requisitos da E A/V. Contudo, a procura de recursos é um tema ainda em aberto, não se sabendo portanto quais os melhores critérios de procura, locais/fóruns de procura e de métodos/tecnologias de procura (e.g., agentes inteligentes, mercados electrónicos, brokers).

É sabido que a capacidade de procura de informação na *www*² mediada ou não por terceiros, depende dos padrões (“standards”) de representação da informação desenvolvidos para desempenhar essa operação de procura. Vários padrões têm sido criados, como e.g., EDI, XML³, RosettaNet, ebXML⁴, BizTalk, UDDI⁵, mas segundo (Field, S. & Hoffner, Y., 2002), são ainda insuficientes para que se

¹ No modelo que apresentaremos na capítulo 6, consideramos a procura como uma sub fase da pré-selecção.

² Acrónimo de “World Wide Web”.

³ Acrónimo de “Extensible Markup Language”.

⁴ Acrónimo de “Electronic Business XML”.

⁵ Acrónimo de “Universal Description, Discovery and Integration”.

consiga condizer os requisitos com os dados dos recursos, i.e., no que se traduziria na possibilidade duma procura automática. Segundo o mesmo autor o motor de busca desenvolvido pela IBM designado por “IBM Matchmaking Engine” sob a linguagem “Property-Constraint Language” representa uma base importante no processo de procura para a criação de EVs.

Apesar das incertezas quanto ao processo de procura de recursos, e das limitações tecnológicas ainda existentes, as E A/Vs têm de definir as suas próprias estratégias na procura de recursos, mas por outro lado, segundo (Goranson, H., 1999), também devem ser os potenciais parceiros com a sua agilidade, a tornarem-se eles próprios facilmente encontráveis e a disponibilizar informação que possibilitem a sua avaliação por terceiros, sendo contudo discutível se apenas a apresentação pelo próprio candidato reflectirá as capacidades do candidato nos variados domínios. É exactamente por isso que dificilmente o processo de procura culmine com a pré-selecção, uma vez que os recursos não disponibilizam todo o tipo de informação sem serem previamente contactados por quem pretende os seus serviços e daí, que num processo de procura as entradas não possam ser propriamente os requisitos da pré-selecção, mas sim as funcionalidades associadas aos requisitos. Entendemos por essa razão, no modelo que propomos no capítulo 5, que a procura apareça como um sub-processo da pré-selecção e não como um processo independente.

3.2.3.2 - Especificação da Pré Selecção de Recursos por Tarefa

Esta fase à qual chamamos de *pré selecção de recursos por tarefa*, mas que outros autores designam por pré qualificação de parceiros (Minis, I. et al., 1996), onde desenvolve vários métodos para avaliar as capacidades individuais dos potenciais parceiros, ou selecção preliminar dos candidatos (Wu, N. et al., 1999), ou qualificação de parceiros (Goranson, H., 1999), pode ser feita sobre o domínio universal de recursos e antecede à fase da selecção do sistema de recursos. Segundo este último autor, esta fase pretende revelar, com elevado grau de confiança, as competências chave dos candidatos, juntamente com outros indicadores de negócio, qualidade, tecnologia, capacidade, e situação financeira. Para além destes indicadores, Goranson, H. (1999) defende ainda a criação de três classes de métricas que avaliem o grau de agilidade dos candidatos. Nomeadamente: a habilidade dum candidato em entrar numa E A/V, o que reflectirá a habilidade duma E A/V em se formar rápida e flexivelmente; o grau de agilidade trazido pelo candidato à E A/V durante o seu ciclo de vida; e a agilidade do candidato em lidar com os seus próprios processos.

A especificação completa da pré-selecção de recursos deve considerar a pré-selecção de dois tipos de recursos. Os recursos capazes de executar as tarefas pertencentes ao plano de tarefas de processamento¹ (PTP), e a esses recursos chamamos recursos de processamento (*rp*), e os recursos

¹ As tarefas de processamento englobam todo o tipo de tarefas excepto as de transporte, as quais, só podem ser definidas após a pré-selecção dos recursos de processamento. O PTP coincide com o plano de tarefas (PT) definido como requisito/especificidade da E A/V e por isso utilizaremos indistintamente a designação de PTP ou de PT.

capazes de executar as tarefas pertencentes ao plano de tarefas de transporte (*PTT*), e a esses recursos designamos por recursos de transporte (*rt*).

A razão desta separação da pré-selecção de recursos em recursos de processamento e de transporte, deve-se ao facto de que um plano de tarefas inicial não pode especificar devidamente as tarefas de transporte entre cada duas tarefas de processamento consecutivas, uma vez que para cada duas tarefas consecutivas do plano de tarefas de processamento, a especificação do transporte não pode ser definida à priori porque é função da localização¹ dos recursos de processamento pré – seleccionados para executarem as tarefas de processamento. Podemos então dizer, que os recursos de processamento pré-seleccionados por tarefa de processamento, influenciam as tarefas de transporte, nomeadamente, na origem e no destino do transporte², e consequentemente nos custos e tempos de transporte.

O problema da pré-selecção de recursos de processamento para configurar o sistema de recursos da E A/V pode ser formulado da seguinte forma:

Sendo conhecidos:

$PTP = \{TP_1, TP_2, \dots, TP_n\}$ - conjunto de tarefas pertencentes ao *PTP*;

$Rps(TP_i)_i$ – conjunto de requisitos de pré-selecção da tarefa TP_i ;

$Drp_i = \{rp_{i1}, rp_{i2}, \dots, rp_{in}\}$ - domínio de recursos candidatos³ à pré-selecção da execução da tarefa TP_i ;

$Pps(rp_{ij})$ – conjunto de parâmetros da pré-selecção do recurso j , que se candidata à pré-selecção da tarefa TP_i ;

Drp_ps_i - conjunto de recursos pré-seleccionados para a execução da tarefa TP_i .

Início

Para $i = 1$ até n faz

Para todo o Drp_i faz

Se $Pps(rp_{ij}) \subseteq Rps(TP_i)$ então $Drp_ps_i := \{rp_{ij}, \dots\}$

fim

Representando graficamente um exemplo dum plano de tarefas constituído por seis tarefas e suas interdependências, como o da figura 3.7, o resultado da fase da pré selecção de recursos processamento por tarefa, para todas as tarefas do plano de tarefas de processamento, pode ser, e.g., o representado na figura 3.8.

¹ Claro que também é função do tipo de produto a movimentar, e do tipo de produto final. No caso de informação se o meio escolhido for a internet não há necessidade de proceder à pré-selecção do recurso de transporte. No caso dum produto final cujo fabrico e montagem se processem numa determinada localização, e.g., a construção duma ponte, também não faz sentido falar na pré-selecção de recursos de transporte.

² Pode haver casos em que os recursos de processamento pré-seleccionados para duas tarefas consecutivas coincidam, e simultaneamente a origem e o destino também, não havendo lugar a transporte nestes casos.

³ A numeração dos recursos de processamento candidatos a uma tarefa de processamento, é sequencial para cada tarefa de processamento, logo o rp_1 da tarefa TP_i , não é necessariamente o mesmo que o rp_1 de outra tarefa de processamento.

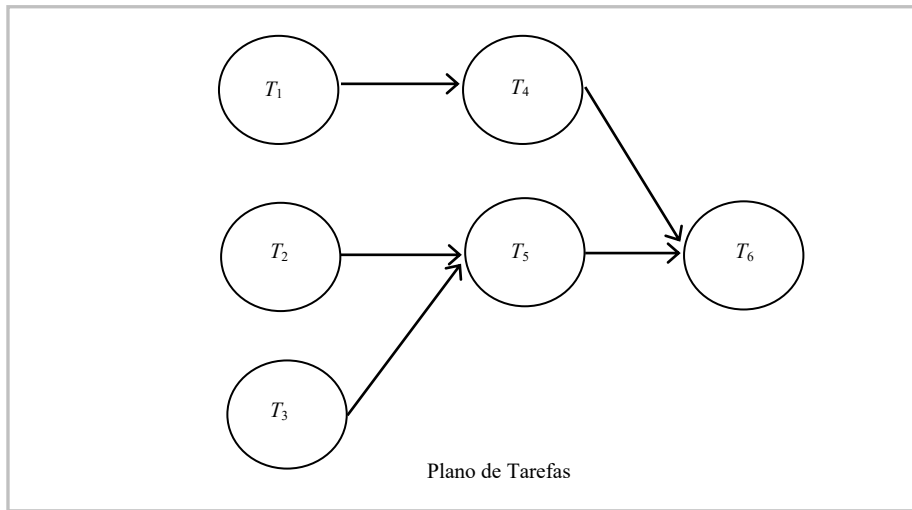


Figura 3.7 – Exemplo dum plano de tarefas de processamento, ou simplesmente plano de tarefas.

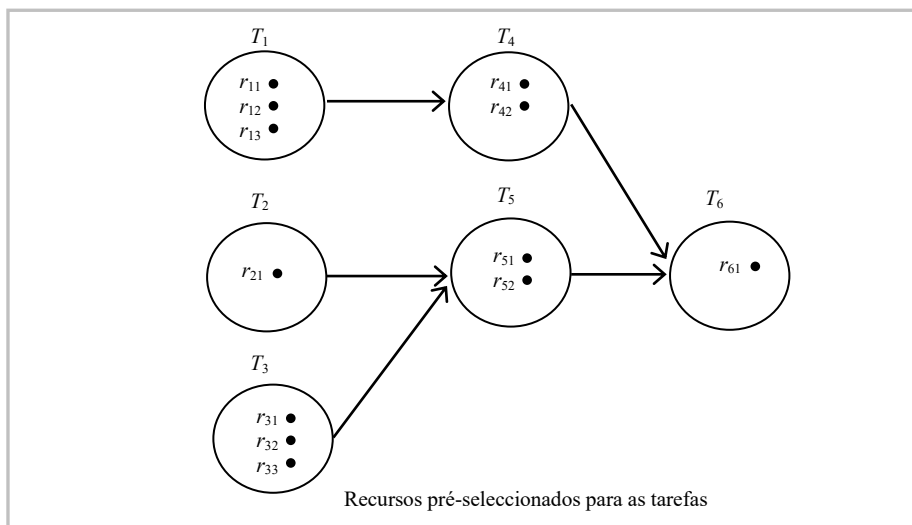


Figura 3.8 – Exemplo da fase da pré selecção de recursos de processamento.

Concluída a fase da pré selecção de recursos de processamento por tarefa, e uma vez que esses recursos pré-seleccionados podem estar distribuídos geograficamente, há que fazer a pré selecção de recursos de transporte entre cada dois recursos pertencentes a duas tarefas consecutivas do plano de tarefas de processamento, i.e., pré-seleccionar recursos de transporte para o *PTT*. Este plano é constituído por todas as necessidades de transporte consequentes dos recursos de processamento pré-seleccionados.

Para o exemplo que temos vindo a seguir, o plano de tarefas de transporte é constituído por dezoito tarefas de transporte, cuja representação gráfica se encontra na figura 3.9 ilustradas por setas a azul com traço interrompido, traduzindo assim, todas as necessidades de transporte face aos recursos de processamento pré-seleccionados para o plano de tarefas de processamento.

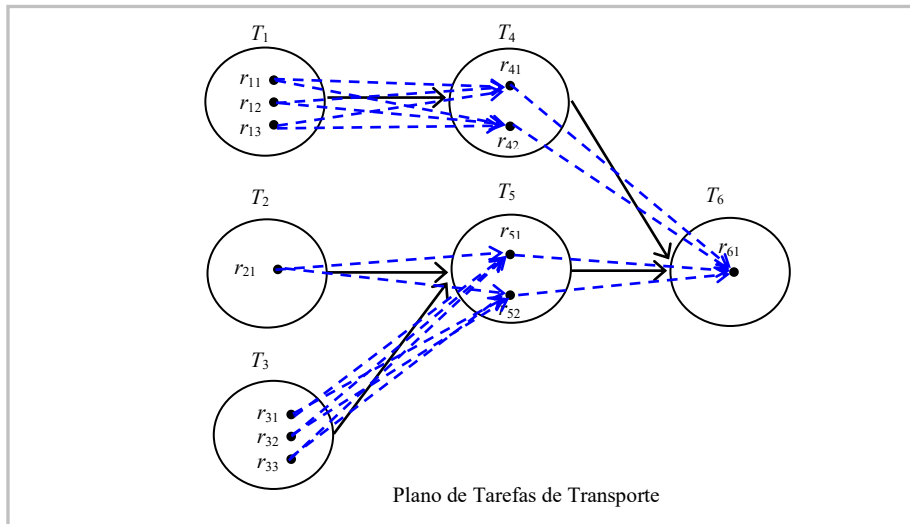


Figura 3.9 – Exemplo do plano de tarefas de transporte.

Uma vez conhecido o *PTT* o problema da pré-selecção de recursos de transporte por tarefa de transporte pode ser formulado de forma idêntica ao da pré-selecção de recursos de processamento.

Sendo conhecidos:

$PTT = \{ TT_{rpi1 \rightarrow rpi2}, TT_{rpi1 \rightarrow rpi3}, \dots, TT_{rpmi \rightarrow rpni} \}$ - conjunto de tarefas de transporte pertencentes ao *PTT*;

$Rps(TT_{rpmi \rightarrow rpni})$ - conjunto de requisitos de pré-selecção da tarefa de transporte $TT_{rpmi \rightarrow rpni}$;

$Drt_{mi \rightarrow nj} = \{ rt_{1 (mi \rightarrow nj)}, rt_{2 (mi \rightarrow nj)}, \dots, rt_{k (mi \rightarrow nj)}, \}$ - domínio de recursos candidatos¹ à pré-selecção da execução da tarefa de transporte $TT_{rpmi \rightarrow rpni}$;

$Pps(rt_{ij})$ – conjunto de parâmetros da pré-selecção do recurso *j*, que se candidata à pré-selecção da tarefa $TT_{rpmi \rightarrow rpni}$;

Drt_ps_i - conjunto de recursos de transporte pré-seleccionados para a execução da tarefa $TT_{rpmi \rightarrow rpni}$.

Início

Para $i = 1$ até n faz

Para todo o $Drt_{i \rightarrow j}$ faz

Se $Pps(rt_{ij}) \subseteq Rps(TT_{rpmi \rightarrow rpni})$ então $Drt_ps_i := \{rt_{ij}, \dots\}$

¹ A numeração dos recursos de transporte candidatos a uma tarefa de transporte, é sequencial para cada tarefa de transporte, logo o rt_1 da tarefa de transporte $TT_{rpmi \rightarrow rpni}$, não é necessariamente o mesmo que o rt_1 de outra tarefa de transporte.

fim

Seguindo o nosso exemplo e considerando apenas as tarefas de transporte $TT_{rp21 \rightarrow rp51}$ e $TT_{rp21 \rightarrow rp52}$, a ilustração do resultado da fase da pré-selecção de recursos de transporte, para essas duas tarefas, pode ser, e.g., o representado na figura 3.10 pelos recursos rt_1 , rt_2 e rt_3 para a primeira, e pelos recursos rt_1 , e rt_2 para a segunda.

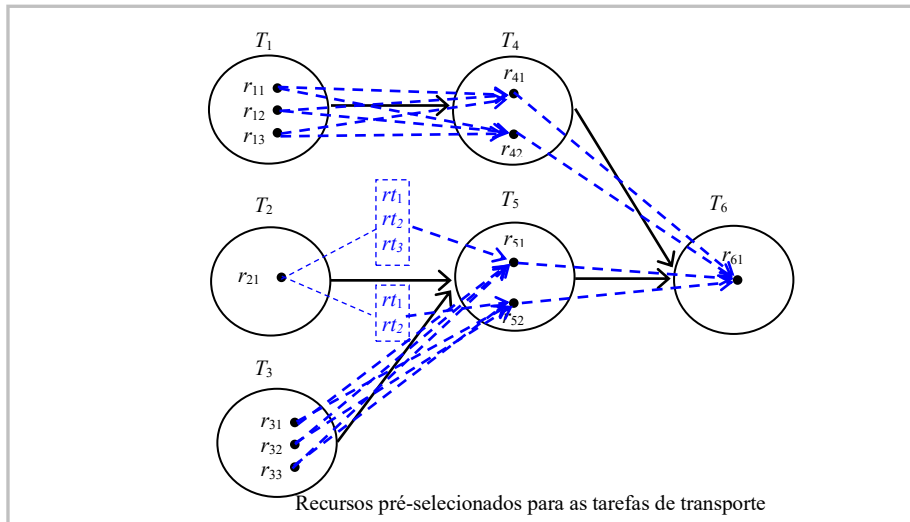


Figura 3.10 – Exemplo da fase da pré seleção de recursos de transporte para o caso das tarefas de transporte $TT_{rp21 \rightarrow rp51}$ e $TT_{rp21 \rightarrow rp52}$.

3.2.3.3 - Especificação da Seleção do Sistema de Recursos

O objectivo final do processo de selecção do sistema de recursos que integrarão a E A/V é, seleccionar o sistema de recursos (SR_i) que melhor satisfaça os requisitos de selecção, i.e., que melhor desempenho apresente, ou que garanta um bom desempenho quando não for possível assegurar que se trata da solução óptima¹. O sistema de recursos a determinar contempla recursos de processamento e recursos de transporte, logo o desempenho do SR_i deve ser quantificado tendo em consideração os desempenhos individuais de todos os recursos, quer de processamento, quer de transporte, pertencentes ao SR_i .

O problema da selecção do sistema de recursos pode ser formulado da seguinte forma:

Conhecidos:

¹ A solução óptima poderá não ser garantida, por um lado, se o tempo disponível para efectuar a selecção do sistema de recursos não permitir encontrar a solução óptima, ou se o próprio algoritmo utilizado não for determinístico.

$DSR = \{SR_1, SR_2, \dots, SR_n\}$ – Domínio de sistemas de recursos candidatos à selecção;

$F(Rs)$ – Função objectivo do conjunto de requisitos de selecção;

$Ps(SR_i)$ – conjunto de parâmetros da selecção do sistema de recursos SR_i ;

Início

Para todo o SR_i faz

Determinar $F(Ps(SR_i))$

Seleccionar $F(SR_i)_{máx}$ (ou $mín$)

fim

Admitindo que no nosso exemplo se tinha encontrado a solução, i.e. o SR_i seleccionado, a constituição desse sistema poderia por exemplo ser $SR_i = \langle r_{11}, r_{21}, r_{32}, r_{42}, r_{51}, r_{61}, rt_{1(11 \rightarrow 42)}, rt_{1(21 \rightarrow 51)}, rt_{10(32 \rightarrow 51)}, rt_{4(42 \rightarrow 61)}, rt_{20(51 \rightarrow 61)} \rangle$, conforme mostra a figura 3.11.

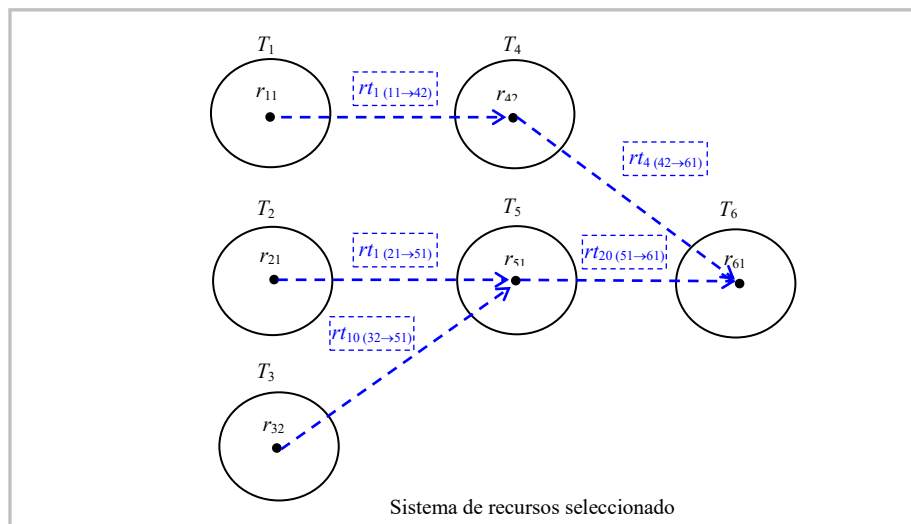


Figura 3.11 – Exemplo da configuração dum sistema de recursos seleccionado.

3.2.4 - ANÁLISE DO ESFORÇO / COMPLEXIDADE DO MODELO DA SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

Nas duas fases (pré-selecção de recursos e selecção do sistema de recursos), do processo de selecção do sistema de recursos que integram a E A/V, é necessário efectuar, em sentido lato, a selecção de

recursos. Assim sendo, há factores que são comuns no esforço (tempo, custo, conhecimento e meios), que é necessário despende para se desencadarem as duas fases, nomeadamente:

- Requisitos especificidades da E A/V;
- Dimensão do PTP e do PTT;
- Sub-fases do modelo de selecção;
- Conhecimento e mecanismos (ferramentas) do seleccionador;
- Facilidade de acesso à informação dos recursos.

Mas, enquanto que na pré-selecção temos um problema de esforço que é proporcional ao nº de recursos que se pré-seleccione para cada tarefa de processamento ou de transporte, na selecção do sistema de recursos o esforço cresce exponencialmente com o nº de tarefas e com o nº de recursos pré-seleccionados como veremos. É precisamente esta diferença que nos propomos abordar.

Dizemos que o esforço / complexidade (E), de pré-selecção é directamente proporcional ao nº de recursos a pre-seleccionar para cada tarefa, porque admitimos e nos parece razoável, que para pré-seleccionar X (nº de recursos a pré-seleccionar), o trabalho que é necessário despende é proporcional¹ ao de um recurso, desde que se mantenham as mesmas condições. Admitindo:

- e – factor de esforço na pré-selecção de um recurso e igual para qualquer recurso e para qualquer tarefa;
- X – nº de recursos a pré-seleccionar;
- n – nº total de tarefas de processamento ou de transporte;
- St – set up total da fase da pré-selecção.

Temos que o esforço para pré-seleccionar X recursos por tarefa para um total de n tarefas, é proporcional a:

$$\text{Esforço da Pré-selecção} \propto n(St + e * X)$$

Mas como na pré-selecção podemos ter que pré-seleccionar quer recursos de processamento quer de transporte, temos que o esforço total da pré-selecção é dado por:

$$\text{Esforço total da Pré-selecção} \propto \text{esforço para os rec. de processamento} + \text{esforço para os rec. de transporte}$$

Admitindo que se pré-seleccionam o mesmo número de recursos de processamento e de transporte temos:

$$\text{Esforço total da Pré-selecção} \propto n_{\text{processamento}}(St + e * X) + n_{\text{transporte}}(St + e * X)$$

¹ É admissível que a curva de esforço em função dos recursos a pré-seleccionar tenha uma zona linear suficiente para se processar a pré-selecção.

O número de tarefas de transporte pode ser dado (estimado) em função do número de tarefas de processamento (n) e do número de recursos de processamento pré-seleccionados (X) por $n * X^2$, vindo:

$$\text{Esforço total da Pré-selecção} \propto n(St + e * X) + n * X^2(St + e * X)$$

Apesar desta expressão poder ser mais detalhada em função de cada uma das fases do processo de pré-selecção e das ferramentas que forem utilizadas, assunto que retomaremos no capítulo 6.5, aproveitamos agora para unicamente fazermos uma análise global da expressão. Da mesma, verificamos que há dois parâmetros (que podem ser admitidos como constantes), que dependem da capacidade do seleccionador e indirectamente dos requisitos especificidades da E A/V, que são o St e o e , e um terceiro a variável X , que se não houver nenhum requisito explícito da E A/V, depende unicamente do seleccionador.

Precisamente sobre a variável X somos questionados sobre que limites será razoável considerar para o seu valor, e a resposta é que ninguém sabe ao certo, mas sabemos que há factores que a afectam, e.g., o tempo disponível para processar a pré-selecção, as ferramentas utilizadas na procura dos recursos, a agilidade com que os recursos se fazem mostrar no mercado. Mas apesar destes factores há um que deve ser logo tido em atenção na fase da pré-selecção e que se relaciona com o facto da fase seguinte ser um problema de análise combinatória dependente do nº de recursos pré-seleccionados. O seleccionador deve ter a noção/conhecimento da ordem de grandeza admissível de recursos a pré-seleccionar para não comprometer o desempenho da fase seguinte.

Analisando agora, o esforço do problema da selecção do sistema de recursos e tratando-se dum problema de análise combinatória, como já referimos, é proporcional à complexidade da selecção. Admitindo:

- e – factor de esforço na avaliação de um sistema de recursos ou de uma iteração;
- St – set up total da fase da selecção do sistema de recursos.

$$\text{Esforço da Selecção do Sistema de Recurso} \propto St + e * \text{complexidade da selecção}$$

A complexidade do problema da selecção do sistema de recursos, que é crítico para garantir a funcionalidade do próprio processo de selecção, é segundo (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2000), função da dimensão do espaço de soluções dos sistemas de recursos, do algoritmo de selecção e do método de selecção utilizado, podendo-se então escrever:

$$\text{Complexidade Selecção} = f(\text{dim. espaço soluções; algoritmo selecção; método de selecção})$$

3.2.4.1 - Avaliação da Dimensão do Espaço de Soluções

Def. - Dimensão do espaço de soluções - número total de soluções (n° total de sistemas de recursos e suas instâncias), que são possíveis definir a partir do domínio de recursos pré-seleccionados e que vão constituir o domínio de sistemas de recursos para o projecto do sistema E A/V.

Consideramos a dimensão do espaço de soluções uma das variáveis que afectam a complexidade do problema da selecção do sistema de recursos porque na verdade à medida que a dimensão do espaço de soluções aumenta, será certamente mais complexo o processo da determinação da solução óptima. A identificação do espaço de soluções possíveis, i. e., o domínio para o projecto dum sistema E A/V, é o espaço sobre o qual se encontrarão todos os sistemas de recursos e suas instâncias, que são possíveis definir por forma a assegurar os requisitos/especificidades do projecto dum sistema do tipo E A/V.

Não há dúvida de que a dimensão do espaço de soluções no processo da selecção dum sistema de recursos, é uma grandeza que depende de cada projecto de E A/V e em primeira instância do tipo de requisitos/especificidades de selecção escolhidos e das simplificações introduzidas, que por sua vez podem ser estimadas em função do n° de tarefas, do n° de recursos pré-seleccionados por tarefa e do n° de instâncias de cada recurso pré-seleccionado (cada recurso pode apresentar várias propostas), mas que aqui não vão ser considerados. Vamos analisar a dimensão do espaço de soluções do pior para o pior cenário, i.e., sem simplificações.

A análise da dimensão do espaço de soluções pode ser efectuada a partir do conhecimento do número dos recursos pré-seleccionados por tarefa e do número total de tarefas. Mas, tal como vimos no subcapítulo 3.2.3, na especificação da pré-selecção de recursos por tarefa, os recursos pré-seleccionados podem ser de dois tipos, os recursos de processamento e os recursos de transporte, sendo estes últimos pré-seleccionados após o terem sido os primeiros.

Se considerarmos que estão pré-seleccionados X recursos de processamento por tarefa de processamento e que o *PTP* é constituído por n tarefas, então, segundo o “Princípio de Multiplicação de Escolhas” (Slomson, A., 1991), o n° total de sistemas de recursos de processamento será dado por,

$$N^\circ \text{ Total de Sistemas de Recursos de Processamento} = X^n \quad (1)$$

Tendo só em consideração o n° de sistemas de recursos de processamento, vemos da expressão anterior que este cresce exponencialmente. Então, o problema da determinação dos sistemas de recursos de processamento tem complexidade X^n , ou seja, exponencial. Por forma a visualizarmos o rápido crescimento do número de sistemas de recursos de processamento (X^n), representaram-se na figura 3.12 três curvas para \underline{n} (número total de tarefas), igual a 3 (não é visível no gráfico), 6 e 9, e com \underline{X} (número de recursos de processamento pré-seleccionados para cada tarefa), a variar de 1 a 6.

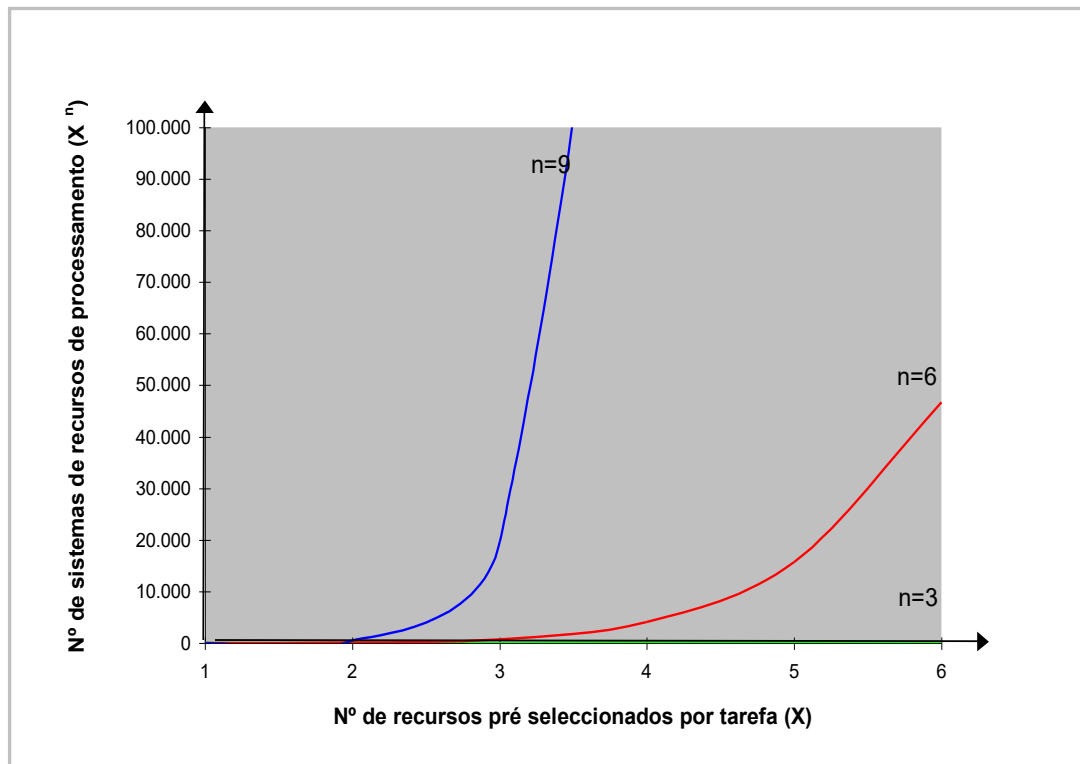


Figura 3.12 - Variação do nº de sistemas de recursos de processamento em função do número de recursos pré-seleccionados por tarefa (X) e do número de tarefas do plano de tarefas de processamento (n).

Não obstante o rápido crescimento do nº de sistemas de recursos de processamento, conforme demonstra a figura 3.12, mesmo para valores aquém do expectável numa situação de implementação real do sistema E A/V, situação essa que pode contemplar a produção de produtos complexos, que no contexto desta tese significa produtos cujo plano de processo de fabrico tem 20 a 30 operações (o que pode significar planos de tarefas de processamento da mesma dimensão), incluindo obrigatoriamente operações de montagem, a dimensão do espaço de soluções é ainda maior uma vez que contempla os recursos de transporte.

Como avaliar então a dimensão do espaço de soluções considerando os recursos de transporte? Cada sistema de recursos de processamento origina necessidades de transporte que podem ser quantificadas para cada situação real, visto que o nº desses transportes depende:

- do nº de interligações do PTP;
- do tipo de tarefas de processamento, nomeadamente para as tarefas que apenas envolvem fluxos de informação para serem executadas e os transportes, eventualmente, poderão ser menosprezados;

- dos recursos pertencentes a cada sistema de recursos de processamento, visto que podem existir recursos “iguais” a processarem pares de tarefas de processamento consecutivas, o que diminuirá as necessidades de transporte;
- da necessidade ou não de tarefas de transporte a montante das tarefas de processamento iniciais e a jusante das tarefas finais.

Contudo, vamos considerar que o nº de tarefas de transporte necessário para cada sistema de recursos de processamento rondará o nº de tarefas de processamento, \underline{n} , uma vez que este valor será um valor majorado tendo em conta os factores que influenciam o nº de transportes.

Por outro lado se considerarmos que estão pré-seleccionados \underline{Y} recursos de transporte para cada tarefa de transporte, então, segundo o “*Princípio de Multiplicação de Escolhas*” (Slomson, A.,1991), o nº de sistemas de recursos de transporte por cada sistema de recursos de processamento será dado por,

$$N^{\circ} \text{ de Sistemas de Recursos de Transporte por sistema de recursos de processamento} = Y^n \quad (2)$$

À semelhança do nº de sistemas de recursos de processamento, também o nº de sistemas de recursos de transporte é dado por uma expressão exponencial, cuja representação seria idêntica à da figura 3.12, mas com \underline{Y} em vez de \underline{X} .

Agora, para avaliarmos o nº total de sistemas de recursos diferentes que são possíveis definir a partir dos recursos pré-seleccionados, basta multiplicar a expressão (1) pela (2), vindo,

$$N^{\circ} \text{ Total de Sistemas de Recursos} = (X \times Y)^n$$

Se \underline{X} for igual a \underline{Y}

$$N^{\circ} \text{ Total de Sistemas de Recursos} = X^{2n} \quad (3)$$

Como já era esperado, o nº total de sistemas de recursos, também é dado por uma expressão exponencial mas de expoente superior às anteriores. Para visualização do rápido crescimento desta função e possível comparação com as curvas da figura 3.12, temos a figura 3.13 que representa três curvas com os mesmos valores de \underline{n} e \underline{X} .

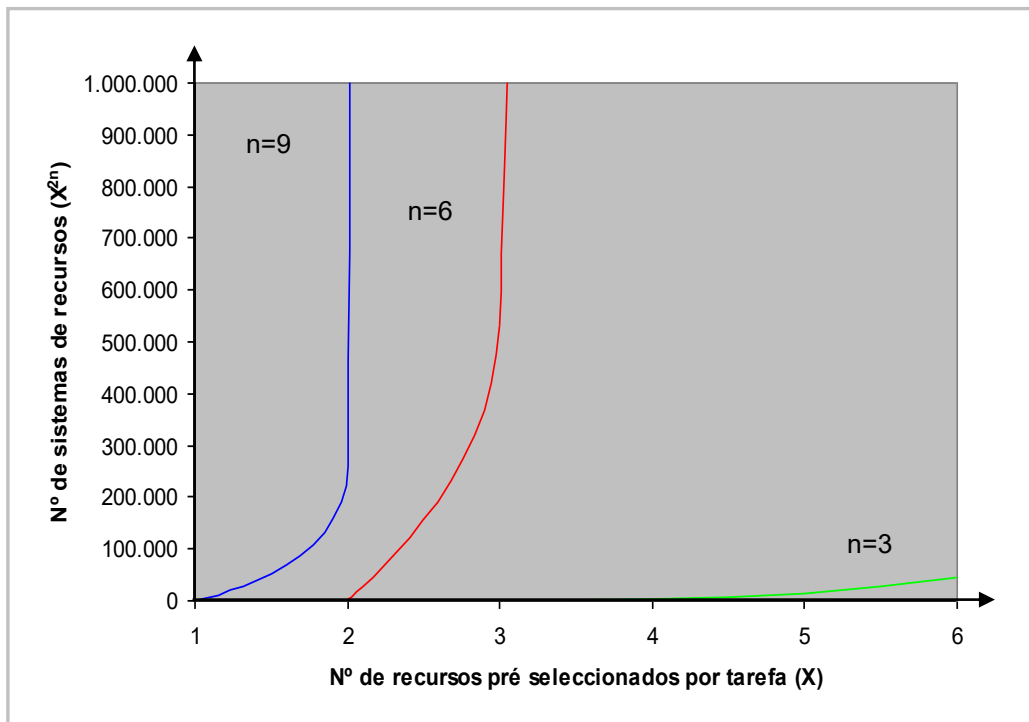


Figura 3.13 - Variação do nº de sistemas de recursos em função do número de recursos pré-seleccionados por tarefa (X), e do número de tarefas (n).

Já referimos anteriormente que a dimensão do espaço de soluções também dependia dos requisitos de selecção. Na verdade há requisitos de selecção que podem originar várias instâncias para um determinado sistema de recursos e cada uma delas poder ser uma solução possível do espaço de soluções. Como exemplos dessa possibilidade podemos considerar como requisitos da selecção a disponibilidade para o mercado e/ou o tempo total de produção despendido pelo sistema de recursos. Nestes casos um mesmo sistema de recursos poderá dar origem a várias instâncias, aumentando mais ainda a dimensão do espaço de soluções em relação ao nº total de sistemas de recursos.

Na análise que temos vindo a efectuar ao longo deste capítulo, considerámos sempre que cada tarefa, de processamento ou de transporte, seria efectuada por um só recurso (pelo menos à “vista” do seleccionador do sistema de recursos), em virtude da nossa definição de tarefa. Contudo, mais uma situação se poderia colocar, o “split” da tarefa, i.e., a tarefa poder ser executada por vários recursos em simultâneo, aumentando assim, ainda mais a complexidade do nosso problema.

Na tentativa de resolução eficiente do problema da selecção do sistema de recursos, duas abordagens à diminuição da dimensão do espaço de soluções podem ser consideradas.

A primeira abordagem é a simplificação do processo da pré-selecção excluindo a pré-selecção de recursos de transporte e assim baixar a dimensão do espaço de soluções de modo análogo ao da figura 3.12. Esta solução tem sido preconizada em geral na literatura, como veremos no sub-capítulo

3.3, preferindo os modelos de selecção optar por uma estimativa dos parâmetros dos recursos de transporte (como e.g., tempo, custo), necessários a cada processo de selecção.

Uma segunda abordagem referida em (Ávila, P., Putnik, G & Cunha, M., 2000), poderá ser semelhante à que (Cunha, M., Putnik, G. & Ávila, P., 2000), justificaram na determinação ou limitação da dimensão do domínio de recursos, o mesmo é dizer dimensão do número de recursos pré-seleccionados. Por analogia, será a limitação do número de sistemas de recursos que compõem o espaço de soluções, em função de parâmetros a definir, que garantam o processo eficiente de selecção e a selecção de um sistema de recursos eficiente para o projecto, mesmo utilizando um espaço de soluções com dimensão menor que o espaço de soluções que seria possível encontrar à escala mundial, ou para uma situação concreta, com os recursos pré-seleccionados. Por outras palavras, pensamos que a partir de determinado número de sistemas de recursos que compõem o espaço de soluções, o aumento da eficiência/desempenho médio desses sistemas não será importante face ao aumento da ineficiência/esforço temporal do processo de selecção.

A figura 3.14 mostra qualitativamente essa interpretação da justificação da limitação do espaço de soluções através da inscrição de duas curvas, uma referente à ineficiência do processo de selecção e a outra referente à eficiência média dos sistemas de recursos, ambas em função da dimensão do espaço de soluções. O formato da primeira curva justifica-se pelo esforço da selecção dos sistema de recursos ser proporcional à dimensão do espaço de soluções e esta crescer da forma como vimos nas figuras 3.12 e 3.13 Quanto ao formato da curva da eficiência média dos sistema de recursos tem a ver com a nossa percepção de que esta curva será idêntica a uma curva do tipo ABC, ou gráfico de Pareto, porque à medida que aumentamos a dimensão do espaço de soluções aumentamos em percentagem os sistemas de recursos que pouco mais contribuem para a eficiência média dos sistemas de recursos.

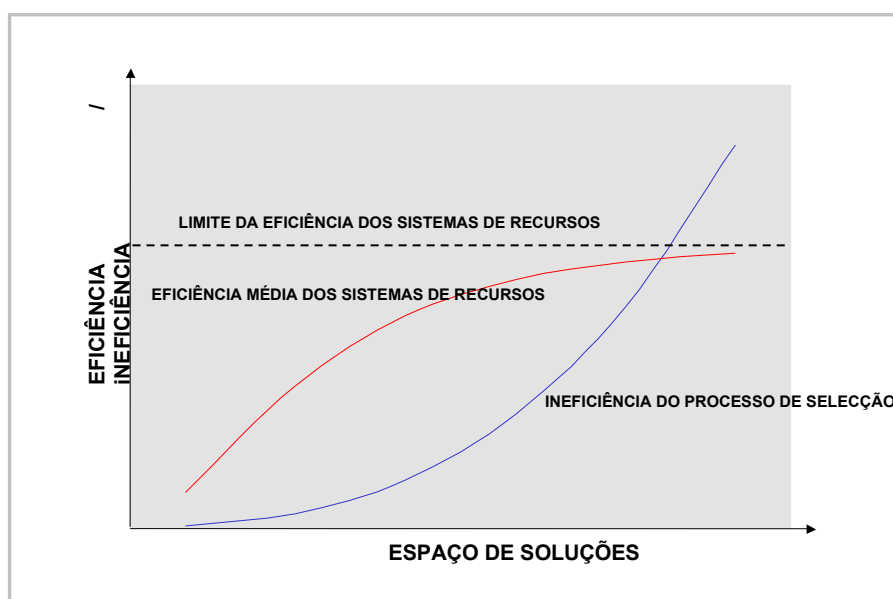


Figura 3.14 - Análise qualitativa da eficiência média dos sistemas de recursos versus a ineficiência do processo de selecção.

Um factor que pode ajudar na quantificação da eficiência relativa dum sistema de recursos, e consequentemente na limitação do espaço de soluções, é a possibilidade de quantificar o limite máximo da eficiência dos sistemas de recursos (linha a traço interrompido na figura 3.14).

Ora vejamos como pode ser feita essa quantificação. Considerando, por exemplo, que o requisito da selecção (ver cap. 3.2.1), era o menor custo total de produção pelo sistema de recursos, a quantificação do limite da eficiência dos sistemas de recursos é obtida à custa do cálculo do limite do menor custo de produção tendo em conta os parâmetros de selecção dos recursos pré-seleccionados. Se considerarmos que no limite, um sistema de recursos tem custos de transporte nulos, a quantificação do limite do custo de produção é obtida pela soma dos menores custos de produção preconizados pelos recursos de processamento pré-seleccionados para cada tarefa do PTP. Desta forma ficamos a saber que na melhor das possibilidades face aos recursos de processamento pré-seleccionados, o valor calculado será o máximo/mínimo possível a atingir com esses recursos. A possibilidade do cálculo dos limites de eficiência para qualquer requisito, ou requisitos, de selecção pode também ser um mecanismo de comparação do possível grau de eficiência da E A/V face a outras propostas de modelos organizacionais de empresas.

3.2.4.2 - Avaliação do Algoritmo de Selecção

Pelo facto da pré-selecção poder ser feita sobre o universo de recursos à escala mundial, e daí serem esperados numa situação real de E A/V vários recursos pré-seleccionados por tarefa e tratando-se a selecção do sistema de recursos de um problema de análise combinatória, resulta que a selecção do sistema de recursos para a configuração dum E A/V pertence à classe dos problemas NP¹-completos (Rajamani, D. et al., 1990; Logendran, R. et al., 1994; Sofianopoulou, S., 1999, referidos por Ko, C. et al., 2001), cuja resolução é difícil, designando-se pela expressão anglo saxónica “hard problems” (Cheng, T. & Sin, C., 1990).

No que se refere aos algoritmos que podem ser aplicados na resolução do problema, podemos destacar dois tipos de algoritmos, os de solução exacta e os de solução não exacta (ou algoritmos de aproximação (Cheng, T. & Sin, C., 1990)). Quanto aos primeiros podemos mesmo falar da própria complexidade do algoritmo, melhor dizendo, da sua complexidade temporal², enquanto que para os segundos não basta ter uma medida da sua eficiência é preciso também avaliar a sua eficácia, i.e., a qualidade da solução obtida e por isso falar da complexidade destes algoritmos não é adequando, mas sim falar-se em desempenho.

¹ Abreviatura “non-deterministic polynomial time algorithm”.

² Há outros tipos de complexidade, mas normalmente quando nos referimos apenas à complexidade referimo-nos à complexidade temporal que se define como sendo o nº de iterações necessárias para o algoritmo obter a solução.

Dos algoritmos de solução exacta, o de maior complexidade¹ é aquele que enumera todos os caminhos possíveis na procura da solução, ou seja, os algoritmos de enumeração completa, e que tem complexidade igual à da dimensão do espaço de soluções se o método de selecção for integral, i.e., exponencial. Outro algoritmo de solução exacta foi apresentado por (Wu, N. et al., 1999), um algoritmo do caminho mais curto aplicado à rede de grafos que traduzia o problema, e chegou à complexidade polinomial, nomeadamente de ordem $((2X)^2n + 2KXn)$, em que X e n representam as variáveis que já definimos e K o maior nº de nodos predecessores de um nodo montagem². Também, para problemas simples de selecção, é possível encontrar a solução óptima matematicamente utilizando a programação inteira ou a programação dinâmica fazendo baixar a complexidade face à do algoritmo de enumeração completa.

Mas, para problemas maiores numa situação real (é o que esperamos na configuração dos recursos numa E A/V), é difícil encontrar matematicamente a solução óptima (Ko, C. et al., 2001). Por esta razão o aparecimento na literatura dum maior número de casos de aplicação de algoritmos de solução não exacta, recorrendo a diferentes classes de representação dos algoritmos baseados em heurísticas, dos quais se destacam na bibliografia pela sua maior aplicação, os algoritmos genéticos.

Os algoritmos genéticos são mecanismos de procura baseados em mecanismos de selecção natural e de genética (reprodução, cruzamento e mutação), para criar espaços de soluções com melhores desempenhos. Citando (Gupta, P. & Nagi, R., 1995), “Eles são uma nova classe de métodos de optimização não lineares e probabilísticos, que funcionam sobre a população de soluções através da recombinação das mais desejáveis características das soluções produzidas, emulando o princípio de Darwin da sobrevivência do mais forte”. Os algoritmos genéticos têm sido largamente utilizados com sucesso em diferentes problemas de optimização, e.g., na programação da produção do tipo oficinas de fabrico (Davis, L., 1985), no problema do caixeiro viajante (Goldberg, D., 1989), e segundo (Gupta P. & Nagi R., 1995; Subbu, R. et al., 1999), é promissora a sua utilização no problema da selecção de recursos para as E A/Vs.

Falar do desempenho dos algoritmos de solução não exacta não é tarefa fácil, assim como a decisão da escolha do algoritmo mais eficiente, face às especificações do problema e face à dimensão do espaço de soluções (mais difícil quando é elevada). Para contribuir para esta selecção, no capítulo 5.4 definiremos critérios de validação (métricas de avaliação) para a selecção dos algoritmos, apresentaremos uma classificação de alguns algoritmos de selecção revistos da literatura e abordaremos questões inerentes à metodologia a seguir para a escolha do algoritmo de selecção do sistema de recurso.

¹ Como veremos no capítulo 5.4, um algoritmo por ter maior complexidade não significa necessariamente o pior, porque há outros factores igualmente importantes na selecção do algoritmo.

² Aquele que num grafo tem mais de um nodo imediatamente anterior.

3.2.4.3 - Análise do Método de Selecção

Independentemente da dimensão do espaço de soluções, duas abordagens limites podem ser utilizadas para definir o método a aplicar na selecção do sistema de recursos do sistema E A/V. Uma abordagem que passa pela análise do desempenho do sistema de recursos como um todo, a este método designaremos por *método de selecção dependente ou integral*, e a outra abordagem limite que analisa tarefa a tarefa ou a grupos de tarefas associadas, o desempenho dos recursos, ao qual designaremos por *método de selecção fraccionada*.

Def. - Método de selecção dependente ou integral - método de selecção que define o sistema de recursos para integrarem o projecto da E A/V em função do seu desempenho na execução total de todas as tarefas, incluindo as de transporte, pertencentes ao plano de tarefas do ciclo de produção do produto.

Os casos que temos vindo a falar inserem-se no método da selecção integral por ser o mais geral. Para este método, a complexidade máxima do nosso problema de selecção verificar-se-á se recorrermos à enumeração completa. Como por vezes interessa distinguir se o método de selecção dependente ou integral considera ou não a pré-selecção dos recursos de transporte, uma vez que as complexidades são diferentes, vamos distinguir os dois casos, obtendo-se então as seguintes expressões:

$$\text{Complexidade_método_selecção_integral (sem pré-selecção rec. Transporte)} = f(X^n)$$

$$\text{Complexidade_método_selecção_integral (com pré-selecção rec. Transporte)} = f(X^{2^n})$$

Def. - Método de selecção fraccionada - método de selecção que define o sistema de recursos para integrarem o projecto da E A/V em função do seu desempenho na execução de associações de tarefas, incluindo as de transporte, pertencentes ao plano de tarefas do ciclo de produção do produto.

Segundo este método podem-se associar k tarefas desde uma a uma até k = n, sendo n o nº total de tarefas do plano de tarefas de processamento e seleccionar o recurso ou os sistemas de recursos que melhor desempenho apresentem para essas associações de tarefas. Na situação limite da associação ser de n tarefas, caímos no primeiro método, i.e., no método de selecção integral. Para o outro caso limite, ou seja, seleccionar o recurso tarefa a tarefa, designá-lo-emos por selecção independente.

Por forma a analisarmos a complexidade deste método, vamos recorrer à figura 3.15 que faz o desdobramento da associação de tarefas de processamento com vista à determinação da complexidade para cada caso, considerando que o número de recursos pré-seleccionados por tarefa é constante e igual a X, e que não são considerados recursos de transporte pré-seleccionados. Vemos então que a complexidade varia desde um valor mínimo nX (para k = 1) até um valor máximo X^n

(para $k = n$), i.e., a complexidade passa progressivamente dum função polinomial para uma função exponencial.

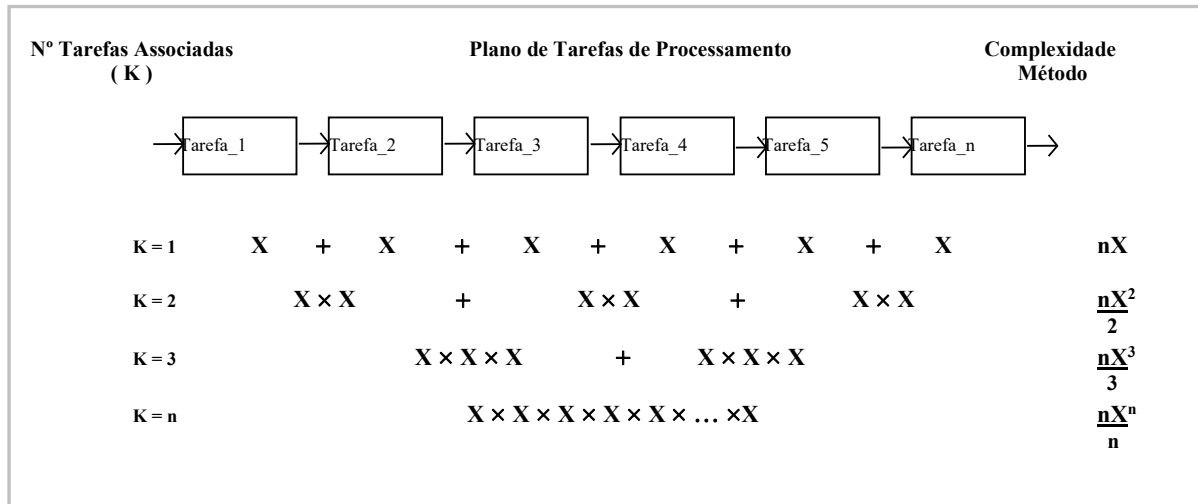


Figura 3.15 - Análise da variação da complexidade do modelo de selecção fraccionada sem considerar a pré-selecção de recursos de transporte (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2000).

Após a análise efectuada, podemos dizer:

$$\text{Complexidade_modelo_selecção_fraccionada}_{(sem\ a\ pré-selecção\ de\ rec.\ de\ transporte)} = \frac{f(nX^k)}{k}$$

Se entrarmos com a pré-selecção dos recursos de transporte e fazendo as mesmas considerações aquando da determinação da dimensão do espaço de soluções, cada parcela da figura 3.15 vem multiplicada por X^K , que nos dá o número de sistemas de recursos de transporte por cada sistema de recursos de processamento fraccionado, chegando-se assim à seguinte expressão geral:

$$\text{Complexidade_modelo_selecção_fraccionada}_{(com\ a\ pré-selecção\ de\ rec.\ de\ transporte)} = \frac{f(nX^{2k})}{k}$$

Dissemos no início da abordagem a este tema, que a complexidade do método de selecção é independente da dimensão do espaço de soluções, e é-o de facto, porque o sistema de recursos seleccionado para executar todo o plano de tarefas pode ser qualquer um pertencente à dimensão do espaço de soluções. O método de selecção fraccionada, devido à sua possibilidade de associar tarefas, apenas subdivide o problema tornando-o de menor complexidade. A aplicação deste método pode ser consequência de diferentes razões, i.e., o que pode levar a que um plano de tarefas possa ser repartido e a considerar a selecção dos recursos para cada uma dessas partes, pode ser por exemplo:

- Ciclo de produção do Plano de Tarefas muito longo no tempo, sem se justificar que no presente se considere a selecção de recursos que só vão ser necessários numa fase muito posterior;

- Partes do Plano de Tarefas que possam ser consideradas independentes das outras por não influenciarem no desempenho das mesmas.
- Se o único requisito da selecção for a qualidade a selecção pode ser simplificada considerando o método de selecção independente.
- Caso o seleccionador necessite efectuar uma avaliação grosseira do desempenho esperado do sistema de recursos. Esta é uma das actividades que contemplaremos no nosso modelo de selecção que será referido no capítulo 6.3.

3.3 - SELECÇÃO DE RECURSOS PARA AS EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS

O processo da selecção de recursos para as E A/V depende do modelo (fases e parâmetros) de selecção que for desenvolvido e aplicado para esse fim. Foram referidas no cap. 3.2.3 diferentes fases que podem ser consideradas num modelo de selecção, nomeadamente, a procura de recursos, a determinação dum mercado de recursos ou dum mercado de recursos focalizado, pré-selecção de recursos, negociação, selecção do sistema de recursos, e a celebração do contracto. Neste capítulo vamos rever diferentes contributos de autores, para as diferentes fases apontadas com vista à selecção de recursos para as E A/V, com maior ênfase na pré-selecção de recursos e na selecção do sistema de recursos.

3.3.1 - MODELOS DE SELECÇÃO DE RECURSOS

Modelo de (Minis, I. et al., 1996)

(Minis, I. et al., 1996) desenvolveu um modelo generativo, para efectuar a pré-selecção de parceiros, baseado em planos de processo de fabrico de elevado nível de detalhe (“high-level process plans”) para um produto e nas capacidades de fabrico em conjunto com o desempenho dos potenciais parceiros. Com este modelo, é possível averiguar quais os potenciais parceiros que melhor se ajustam às operações do plano de processo, e neste caso são pré-seleccionados, bem como avaliar a exequibilidade do projecto dum produto face às capacidades dos parceiros candidatos. Neste modelo a avaliação dos potenciais parceiros é obtida à custa do acesso a informação dos seus recursos, em formato definido por um modelo de recurso, o qual potencia a avaliação da sua capacidade produtiva

face ao plano de processo, assim como a determinação do custo de produção, tempo de produção e qualidade do processo.

Para seleccionar o sistema de recursos, cada sistema através duma enumeração explícita é avaliado no que respeita a custos, qualidade e tempo de produção, sendo considerados os custos de transporte proporcionais às distâncias entre a localização dos recursos. Para avaliar o sistema segundo o seu desempenho multi-critério, o autor preconiza duas possibilidades. Através da combinação linear dos diferentes critérios com pesos definidos pelo seleccionador, ou especificando as suas preferências na forma de expressões de linguagem natural e utilizando Fuzzy-AHP (uma extensão da fuzzy da “Analytic Hierarchy Process”).

Modelo de (Ávila, P., 1998)

(Ávila, P., 1998) criou um modelo de selecção de sistemas de recursos de processamento para processos de maquinagem, para sua integração numa E A/V. Este modelo comporta duas fases, a fase da pré-selecção de recursos de processamento, anteriormente designada apenas por selecção de recursos; e a fase da selecção dos sistema de recursos. Na fase da pré-selecção, tendo como requisitos um plano de processos detalhado até ao nível dos elementos de operação,¹ os recursos (máquinas ferramenta) especificados pela sua capacidade de processos de fabrico, nomeadamente a capacidade funcional., capacidade geométrica e capacidade tecnológica, são pré-seleccionados para os processos que se enquadram dentro dos limites da sua capacidade.

Na fase da selecção do sistema de recursos, utilizando um algoritmo de enumeração completa, são considerados separadamente os requisitos tempo total de produção (processamento mais transporte), custo total de produção (processamento mais transporte) e qualidade total do sistema de recursos.

Modelo de (Wu, N. et al., 1999)

(Wu, N. et al., 1999) desenvolveu um modelo apoiado em duas fases, a da pré-selecção e da selecção dos sistema de recursos, cujo autor designa por selecção preliminar e por selecção final respectivamente, conforme mostra a figura 3.16.

¹ Elemento de operação é uma componente da operação desempenhada sem haver troca da ferramenta de corte (ou grupo de ferramentas utilizadas simultaneamente), mudança da superfície a trabalhar, da velocidade de corte e do avanço de corte. Caso, algum destes parâmetros se altere estaremos na presença de outro elemento de operação, podendo fazer parte de uma mesma operação um ou mais elementos de operação (Wang, H. & Li, H., 1991).

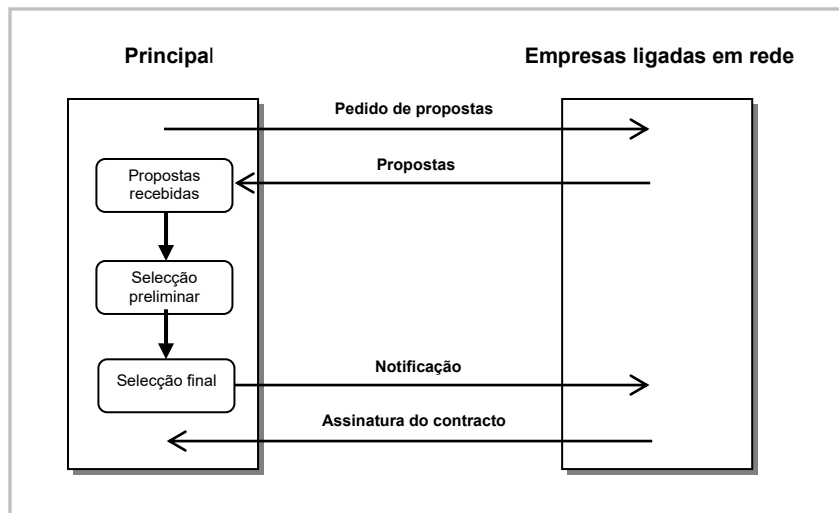


Figura 3.16 - Processo de selecção (Wu, N. et al., 1999).

Assumindo que todos os candidatos para cada tarefa estão ligados em rede (networked), a fase da pré-selecção é iniciada por um processo de difusão na rede de pedidos de propostas (“request bid”) para todas as tarefas, às quais, os candidatos interessados enviam propostas (“bid”), cujos itens de informação são mostrados na figura 3.17.

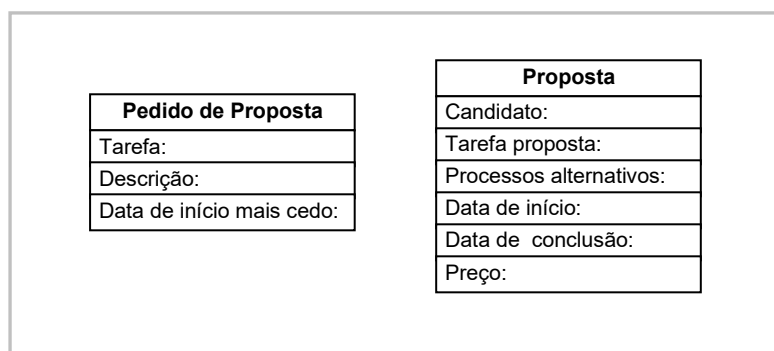


Figura 3.17 – Formas do pedido de proposta e da proposta (Wu, N. et al., 1999).

Neste modelo os requisitos da pré-selecção são a capacidade de executar a tarefa e a compatibilidade de tempos/datas entre tarefas. O primeiro requisito é satisfeito apenas pela proposta do candidato, i.e., aceita-se sem nenhum tipo de verificação que o candidato executa a tarefa. O segundo requisito é verificado através da decisão humana, que com base na informação recebida (data de início e data de conclusão da propostas), para as diferentes tarefas, efectua a compatibilidade de tempos entre as tarefas e pré selecciona os candidatos que se encaixam nessa compatibilidade.

Na fase da selecção do sistema de recursos o requisito de selecção que o modelo de (Wu, N. et al., 1999) considera é apenas a minimização do custo total de produção (custo das tarefas de processamento mais o custo de transporte). Com base na informação recebida do preço da tarefa de processamento e na estimação dos custos de transporte entre os candidatos baseada na sua localização, dos materiais a serem transportados e do meio de transporte a utilizar, (Wu, N. et al., 1999) formulou a selecção do sistema de recursos usando programação inteira, mas devido à complexidade computacional transformou a formulação do problema na teoria dos grafos com vista à aplicação do algoritmo do caminho mais curto entre dois pontos do grafo.

Modelo de (Huang, G. & Mak, K., 2000)

Inserido no projecto da criação duma plataforma software para a internet/intranet (projecto/modelo designado por WeBid), com vista ao envolvimento dos potenciais fornecedores logo na fase do desenvolvimento do produto dum cliente, (Huang, G. & Mak, K., 2000), apresentam um modelo de selecção assente em duas fases principais, a da pré-selecção, cujos autores designam por exploração de propostas, e a fase da selecção do sistema de recursos designada por exploração de parceiros.

Neste modelo o plano de tarefas está associado ao BOM (“Bill of Materials”) do produto, e para cada material/componente são especificados pelo cliente os seus requisitos e simultaneamente é definido (sobre uma hierarquia de requisitos e itens de inquérito, extensa, que a plataforma Webid disponibiliza), e lançado um inquérito aos potenciais fornecedores para definirem as suas capacidades. Com as respostas obtidas dos potenciais fornecedores que se enquadram dentro dos requisitos do cliente, é terminada a fase da pré-selecção.

A fase seguinte contempla a selecção dos potenciais parceiros com base na quantificação para cada um deles, de quatro tipos de índices associados aos itens do inquérito, os quais se designam por:

- *Índice de Satisfação (SI)* “é a medida do grau de cumprimento dos requisitos do cliente por parte da capacidade demonstrada pelo potencial parceiro. Sendo quanto maior este valor maior o potencial do candidato se tornar parceiro” (Huang, G. & Mak, K., 2000).
- *Índice de Flexibilidade (FI)* “é a medida do quanto as capacidades do potencial parceiro ultrapassam os requisitos do cliente. Quanto maior este valor, mais flexível será o candidato para satisfazer os requisitos de mudanças invocadas pelo cliente” (Huang, G. & Mak, K., 2000).
- *Índice de Risco (RI)* “é a medida do quanto as capacidades do potencial parceiro falham na satisfação dos requisitos do cliente. Sendo quanto maior este valor maior o risco de se constituir parceria.” (Huang, G. & Mak, K., 2000).

- *Índice de Confiança (CI)* “é a medida de credibilidade do fornecedor satisfazer os requisitos do cliente durante um intervalo de tempo específico. Quanto maior o valor do CI para um longo período de tempo mais credível é o fornecedor” (Huang, G. & Mak, K., 2000).

Segundo os autores, com o cálculo desses índices, cujas fórmulas se encontram na tabela 3.3, são encontrados os parceiros para realizarem o produto.

Tabela 3.3 – Fórmulas para o cálculo dos índices (Huang, G. & Mak, K., 2000).

Tipo de Valor		SI	FI	RI	CI
Amplitude	R_s , o maior, o melhor	$\frac{R_s \cap R_c}{R_c}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_s}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_c}$	$\frac{A}{C}$
	R_s , o menor, o melhor	$\frac{R_s \cap R_c}{R_s}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_c}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_s}$	$\frac{C}{A}$
Opção		$\frac{R_s \cap R_c}{R_c}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_s}$	$\frac{R_s - R_s \cap R_c}{R_c}$	
Boleano		$\begin{cases} 1 & \text{se } R_s = R_c \\ 0 & \end{cases}$	0	$\begin{cases} 1 & \text{se } R_s \neq R_c \\ 0 & \end{cases}$	
Total		$OSI = \frac{\sum_{i=1}^N S_{li}}{N}$	$OFI = \frac{\sum_{i=1}^N F_{li}}{N}$	$ORI = \frac{\sum_{i=1}^N R_{li}}{N}$	$O CI = \frac{\sum_{\Delta t=1}^K CI_{\Delta t}}{K}$

Legenda: R_s – Conjunto das capacidades dos fornecedores.
 R_c – Conjunto dos requisitos do cliente.
 N – Número total de requisitos do cliente.
 A – Conjunto de valores do fornecedor relacionados com o inquérito medidos aquando das suas entregas.
 C – Conjunto de valores que o fornecedor prometeu aquando do inquérito.
 Δt – Intervalos de tempo em que o índice de confiança é avaliado.
 K – Número total de vezes que o índice de confiança foi avaliado.

Este modelo de selecção, considera uma gama de requisitos de selecção, os quais ao serem total ou parcialmente satisfeitos pelas capacidades dos potenciais parceiros, são quantificados à custa dos quatro índices já referidos. Para considerar a avaliação global de cada potencial parceiro face à totalidade dos requisitos, é calculada uma média aritmética para cada um dos índices e posteriormente uma média ponderada que envolva os quatro índices.

Sendo certo que este modelo de selecção, que tem por base o conceito de Broker (que abordaremos no capítulo 5), apresenta um conceito de modelo de selecção mais flexível, i.e., que se pode adaptar aos requisitos de cada cliente (E A/V), na verdade apenas faz uma avaliação da qualidade total do sistema de recursos. O modelo ao não considerar recursos de transporte (nem a sua selecção nem a estimativa de parâmetros que possam afectar outros requisitos de selecção, como o tempo e o custo total de produção e a disponibilidade para o mercado) deixa por resolver a selecção do sistema de recursos como um todo e acaba por avaliar e seleccionar os candidatos tarefa a tarefa.

Modelo de (Sluga, A. & Butala, P., 2001)

(Sluga, A. & Butala, P., 2001) apresentam um processo de selecção no qual identificamos três fases principais, a pré-selecção, a selecção do sistema de recursos (às quais, sem as distinguir, os autores designam por fase de propostas), e a negociação. À semelhança de (Wu, N. et al., 1999), a pré-selecção inicia-se com a difusão na rede de pedidos de propostas para as diferentes tarefas e posterior recepção das mesmas emitidas pelos candidatos. Apesar do conteúdo das propostas ser idêntico nos dois trabalhos, Sluga e Butala acrescentam no pedido de propostas mais campos ao preço, associados aos prémios e penalidades por incumprimento de prazos e campos de controlo das propostas como a validade e o estado da proposta (válida, expirada, assinada, confirmada e eliminada). O modelo considera como requisitos de pré-selecção a capacidade do candidato executar a tarefa (que é por defeito aceite aquando da recepção da proposta do candidato) e a compatibilidade de tempos/datas entre as tarefas. Este requisito é verificado por um algoritmo “branch-and-bound” construído em programação por lógica de restrições (“constraint logic Programming”), o qual determina os sistemas de recursos possíveis face à compatibilidade dos tempos/datas e que para nós significa o término da fase da pré-selecção dos recursos deste modelo.

Tal como já referimos este modelo não distingue explicitamente a fase da pré-selecção da fase da selecção do sistema de recursos e por conseguinte com o mesmo algoritmo “branch-and-bound” da fase anterior, determina os sistemas de recursos que melhor optimizam os requisitos de selecção, menor tempo ou menor custo. A estimação quer do tempo quer do custo dum sistema de recursos neste modelo, não considera tempos e custos de transporte, i.e., o modelo apenas se limita a considerar os somatórios dos dados recebidos nas propostas, e como já vimos no capítulo 3.2, a pré-selecção de recursos de transporte, em geral, depende dos recursos de processamento pré-seleccionados. Para fundamentar o exposto vamos considerar um exemplo de simulação do modelo efectuada pelos autores, e cuja informação relevante se encontra na tabela 3.4

O exemplo considerou uma sequência de três tarefas $\{1, 2, 3\}$ sobre as quais foram feitos pedidos de propostas (PP) pelo agente mediador (M). Foram recebidas propostas $(P_{i/j/k})$, lê-se proposta i do recurso j para a tarefa k dos recursos candidatos $\{R_3, R_4, R_6, R_9\}$ e efectuada a selecção. Analisando a tabela e atendendo à compatibilidade dos tempos/datas de início e conclusão propostas pelos recursos para a execução das tarefas, verifica-se que são possíveis seis soluções, cuja determinação se encontra na figura 3.18, constatando-se que a proposta $P_{2/3/3}$, e única, não é compatível nos tempos/datas com as restantes, i.e., não é pré-seleccionada. Destas seis soluções, o mediador encontrou a solução de menor custo $\{P_{1/4/1}; P_{1/4/2}; P_{1/3/3}\}$ no valor de 600 UM (unidade monetária) para um intervalo de tempo de $[1,8]$; e a solução de menor tempo total de produção $\{P_{1/4/1}; P_{1/9/2}; P_{3/3/3}\}$ para um intervalo de tempo de $[1,6]$ que simultaneamente, a par com outra solução, possui a melhor disponibilidade para o mercado, com um custo de produção de 650 UM.

Tabela 3.4 – Exemplo duma lista de mensagens relevantes para o mediador num processo de selecção (Sluga, A. & Butala, P., 2001).

Tipo de Mensagem	Emissor	Tarefa	Tempo		Preço [UM]	Estratégia	
			Início da Tarefa	Fim da Tarefa		Min Custo	Min Tempo
PP1	M	1	0	3			
PP2	M	2	3	5			
PP3	M	3	5	8			
P1/4/1	R4	1	1	3	200	✓	✓
P1/6/1	R6	1	0	3	200		
P1/3/3	R3	3	7	8	300	✓	
P2/3/3	R3	3	4	6	250		
P3/3/3	R3	3	5	6	300		✓
P1/4/2	R4	2	4	6	150	✓	
P1/9/2	R9	2	3	5	200		✓

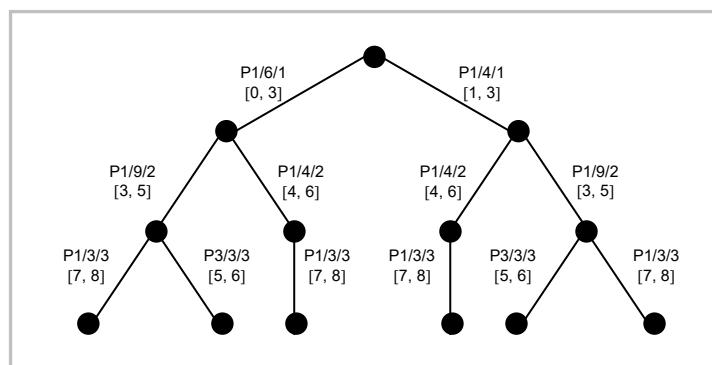


Figura 3.18 – Grafo das soluções possíveis do exemplo de Sluga e Butala.

Contudo, se o mediador não encontrar soluções que se ajustem aos seus objectivos o processo de selecção entra na fase da negociação. O mediador relaxa constrangimentos e lança novos pedidos de propostas, possibilitando assim, que os recursos lancem novas propostas e que o processo de selecção se repita até se coadunarem as propostas com os requisitos do mediador.

Modelo de (Ko, C. et al., 2001)

(Ko, C. et al., 2001) focalizou o seu modelo de selecção apenas na fase da selecção do sistema de recursos, i.e., partiu do pressuposto que os recursos candidatos satisfazem eventuais requisitos de pré-selecção, nomeadamente, como refere o autor, os parceiros satisfazem os níveis de qualidade e de tecnologia requeridos, assim como é possível averiguar quais as tarefas que cada parceiro pode executar face aos recursos que possui e face à sua capacidade (ver figura 3.19).

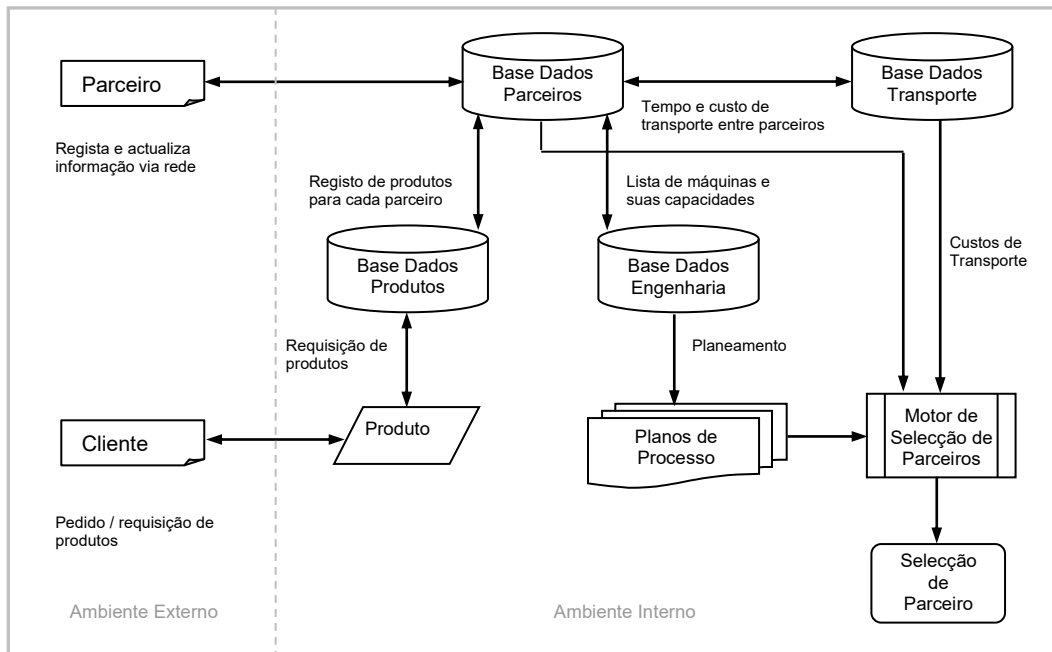


Figura 3.19 – Diagrama conceptual para a selecção de parceiros externos via rede (Ko, C. et al., 2001).

O modelo de selecção proposto tem como objectivo seleccionar os recursos que minimizam os custos totais de produção (operação mais transporte), para um conjunto de componentes com quantidades de procura conhecidas, em que cada componente pode ter vários planos de processo de fabrico, e em que se candidatam vários recursos para a execução das tarefas desses planos¹. Ko et al. formulou matematicamente o modelo através da programação inteira assumindo como conhecidos os tempos e custos das operações de cada plano de processo, a capacidade produtiva de cada candidato, a quantidade de procura de cada componente e o custo de transporte entre os diferentes candidatos. Com a informação dos tempos das operações e das capacidades dos candidatos, o modelo considera um cálculo dos custos das operações com descontos e penalidades de custos em função da relação da afectação de carga de trabalho a um recurso e da sua capacidade produtiva. Na verdade, o modelo não considera compatibilidade de tempos/datas entre as tarefas, considera-as sempre exequíveis pelos candidatos em qualquer altura, apenas as penaliza com custos superiores quando a carga ultrapassa a capacidade do candidato.

Por forma a obter a solução óptima ou próximo da óptima para o modelo de Ko et al., uma vez que para grandes problemas é difícil encontrar a solução óptima matematicamente, propuseram a construção de algoritmos heurísticos baseados no algoritmo “tabu search” de (Glover, F., 1993), formulado de seguida.

¹ Apesar do modelo de Ko et al. considerar várias componentes e vários planos de processo para cada componente, o que o torna mais geral do que o nosso problema especificado no cap. 3.1, que considera apenas um plano de tarefas, não invalida que não possa ser aplicado à nossa formulação do problema uma vez que ela é uma instância da formulação da de Ko et al..

```

Escolhe uma solução inicial  $s$  em  $X$ ,
    stop := falso
Faz enquanto stop := verdade
    Cria uma amostra  $V^*$  de soluções em  $N(s)$ 
    Encontra a melhor  $s'$  em  $V^*$  tal que  $f(s') \leq f(s)$  para qualquer  $\underline{s}$  em  $V^*$ 
    Se  $f(s') \geq f(s)$  então stop := verdade,
        Senão  $s := s'$ 
Fim do faz

```

Onde X é um conjunto de soluções do problema, s e s' são exemplos de soluções, $N(s)$ é a vizinhança de s , e $f(s)$ é a função objectivo.

Outros Modelos

Outros modelos menos detalhados ou menos explícitos são referidos na literatura. Em (Spinoza, L. et al., 1997) são referidas as principais fases do processo da selecção de recursos. No caso de (Ratchev, S. et al., 2000), na ferramenta piloto que apresenta de prototipagem do projecto dum produto e da configuração do sistema de recursos, refere-se ao processo de selecção como um dos módulos da ferramenta, explicitando apenas as suas funcionalidades globais. No sentido de automatizar o processo de selecção, (Biquing, H. et al., 1999) dão os primeiros passos dum modelo de selecção descrito na notação formal RAISE¹.

Um outro grupo de modelos que não desenvolveremos neste trabalho, ou talvez de sub-modelos, porque abordam parte do processo de selecção, refere-se aos protocolos de negociação aplicados em agentes inteligentes. Têm sido propostos vários protocolos baseados em diferentes teorias, nomeadamente sobre a teoria dos jogos, principio de atribuição de penalidades de compromisso, assim como de arquitecturas de implementação dos agentes. Alguns desses exemplos podem ser vistos em (Collins, J. et al., 1997; Hochuli Shmeil, M. & Oliveira, E., 1997; Krothapalli, N. & Deshmukh, A., 1999; Sim, K. & Chan, R., 2000; Sandholm, T., 2000; Pereira, A., 2000).

3.2.2 - CLASSIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DOS MODELOS DE SELECÇÃO DE RECURSOS

Para melhor sintetizar o que cada modelo de selecção de recursos se propõe fazer construímos a tabela 3.5, que se apoia na indicação sumária dos requisitos de pré-selecção e selecção que o modelo pretende satisfazer, se tem ou não em consideração a pré-selecção de recursos de transporte, se o modelo considera a hipótese de negociação e se o modelo aponta alguma estratégia de procura de

¹ Acrónimo de “Rigorous Approach to Industrial Engineering”.

recursos. Adicionalmente na tabela, introduziram-se dois campos, o desempenho do modelo e o responsável pela selecção, que são importantíssimos para caracterizar cada modelo. O primeiro porque avalia o quão eficiente e eficaz o modelo responde às solicitações da E A/V e o segundo porque caracteriza organizacionalmente a forma como a E A/V interage com o processo de selecção, i.e., a selecção é desencadeada pela própria E A/V ou esta recorre a terceiros para desencadearem o processo?

Quanto à classificação dos modelos de selecção tendo em conta os campos que atrás referimos, para que essa classificação não fosse efectuada de forma redutora com base no sim/não, i.e. faz/não faz, introduziu-se mais um parâmetro de classificação, designado na legenda da tabela por C, (cálculo/"check"), que tem por objectivo referenciar se o modelo contempla algum meio de cálculo ou de averiguação de como os requisitos de pré-selecção são satisfeitos. Por outras palavras, para diferenciar a informação que é pura e simplesmente fornecida pelos recursos aquando da pré-selecção, e que é tomada como verdadeira, da informação que sofre algum tipo de tratamento ou de cálculo, acrescentamos C quando for este o caso. Concretamente, o C inserido no campo da pré-selecção dos recursos de transporte significa que é feita uma estimativa da informação necessária desses recursos. Nos outros casos, a sua inserção significa que o modelo averigua através de cálculos junto da informação dos recursos, definida em modelos de recursos, se estes satisfazem os requisitos pretendidos, e não através duma resposta do mesmo.

Tabela 3.5 - Classificação dos Modelos de Selecção.

Legenda: S – Sim; N – Não; C – Cálculo/check		PRÉ-SELECÇÃO							SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS					OUTRAS FASES		OUTRAS CARACTERÍSTICAS	
		TIPO DE RECURSOS PRÉ SELECIONADOS		REQUISITOS DE PRÉ-SELECÇÃO					REQUISITOS DE SELECÇÃO					PROCURA (Estratégia)	NEGOCIAÇÃO	DESEMPENHO DO MODELO	RESPONSÁVEL PELA SELECÇÃO
		REC. PROCESSAMENTO	REC. TRANSPORTE	Produto / tarefa /serviço	PROJECTO E MODELAÇÃO DO PRODUTO/TAREFA	PROCESSO DE FABRICO/SERVIÇO	Planeamento e Programa de produção	Outros	Número total de empresas participantes	Tempo total de produção	Disponibilidade para o mercado	Custo total de produção	Qualidade total do sistema de recursos				
MODELOS DE SELECÇÃO	(Minis, I., et al., 1996)	S	N - C	S	S	S - C	N	S	N	S	N	S	S	Base de dados	N	N	N
	(Ávila, P., 1998)	S	N - C	S	S	S - C	N	S	N	S	N	S	S	Base de dados	N	N	N
	(Wu, N. et al., 1999)	S	N - C	S	N	N	S - C	N	N	N	N	S	N	Difusão na rede	N	N	N
	(Huang, G. & Mak, K., 2000)	S	N	S	S	S	N	S	N	N	N	N	S	Anúncio numa plataforma Web	N	N	Terceiro
	(Sluga, A. & Butala, P., 2001)	S	N	S	N	N	S - C	N	N	S (s/ transporte)	S (s/ transporte)	S (s/ transporte)	N	Difusão na rede	S	N	N
	(Ko, C. et al., 2001)	S	N - C	S	S	S - C	N	S	N	N	N	S	N	Difusão na rede	N	N	N

Da observação e análise da tabela 3.5 sobressaem os seguintes pontos:

- 1) Nenhum dos modelos está preparado para satisfazer todos os requisitos de pré-selecção e de selecção, ou se for o caso, os modelos não consideram importantes esses mesmos requisitos;
- 2) Nenhum dos modelos recorre à pré-selecção de recursos de transporte, e como consequência à sua selecção, quanto muito são feitas estimativas dos valores necessários referentes aos transportes.
- 3) Quanto à negociação apenas um dos modelos admite proceder à negociação, e apenas refere essa possibilidade sem referir qual o tipo de negociação;
- 4) Quanto às estratégias de procura cada um dos modelos refere-se apenas a uma;
- 5) Nenhum dos modelos quantifica o seu desempenho em termos de, e.g., tempo, custo, eficácia do próprio processo de selecção;
- 6) Apenas um dos modelos recorre a uma entidade exterior para proceder à selecção do sistema de recursos, sem justificar explicitamente a razão, enquanto nos outros casos não é feita referência a quem compete o processo da selecção, se à própria E A/V ou a um terceiro.

Das constatações acima identificamos as principais necessidades inerentes ao processo de selecção e que são a base da contribuição a que este trabalho se propõe. Sintetizando, diríamos que:

- *Decorrente dos pontos 1) ao 4), i.e., da verificação de que os modelos de selecção apresentam um défice de flexibilidade de adaptação a qualquer requisito / especificidade para qualquer projecto de E A/V, vamos propor um modelo de selecção abrangente que possibilite a agilidade de responder a qualquer requisito / especificidade.*
- *Decorrente dos pontos 5) e 6), vamos avaliar o desempenho do modelo de selecção proposto para diferentes casos, com e sem um terceiro elemento responsável pela selecção, e assim poder encontrar para cada projecto de E A/V uma estimativa do melhor desempenho esperado do processo de selecção.*

A designação que será dada ao terceiro como responsável pela selecção é a de Broker e no caso de não recorrer designaremos como responsável a própria E A/V na pessoa do seu Principal¹. No próximo capítulo, abordaremos a forma como o Broker pode interagir funcionalmente com o projecto e operação duma E A/V.

¹ Designação que atribuímos ao responsável/gestor da E A/V.

CAPÍTULO 4

BROKER COMO COMPONENTE DAS EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS E AS SUAS FUNÇÕES

CAPÍTULO 4

BROKER COMO COMPONENTE DAS EMPRESAS ÁGEIS / VIRTUAIS E AS SUAS FUNÇÕES79

4.1 - Revisão de Modelos do Broker.....	81
4.1.1 - Definições e Conceito de Broker.....	82
4.1.2 - A Necessidade do Broker na E A/V	84
4.1.3 - Taxonomia das Funções do Broker	86
4.1.4 - Revisão e Classificação dos Modelos do Broker.....	91
4.2 - O Modelo do Broker da BM_Virtual Enterprise.....	93

Neste capítulo é primeiro feita uma revisão dos modelos do Broker de forma estruturada. Para tal, é apresentada uma taxonomia de funções possíveis para a actuação do Broker junto das E A/V, realçando que estas se podem classificar como explícitas ou implícitas (talvez nalguns casos a mesma função num determinado modelo seja explícita e noutros implícita). Com esta taxonomia procedeu-se à classificação de alguns modelos de Broker presentes na literatura permitindo constatar que não há uniformização das funções a atribuir ao Broker nos modelos de E A/V em que ele participe e que não existe nenhum modelo de Broker que contemple todas as funções, quer explícitas, quer implícitas, o que de alguma forma traduz a heterogeneidade dos modelos existentes. Essa heterogeneidade traz problemas na integração, inter-operacionalidade e flexibilidade das funções do Broker quando concebido em diferentes modelos vêm cooperar numa E A/V.

Por último abordamos a nossa proposta de modelo de Broker inserido no contexto da nossa E A/V (BM_VEARM).

4.1 - REVISÃO DE MODELOS DO BROKER

Com o aparecimento, mas mais com o crescimento do mercado electrónico, i.e., de fornecedores “on-line” de serviços e produtos e dos utilizadores da internet (potenciais consumidores), são criadas condições para que as E A/V sejam um modelo organizacional de empresas a afirmar-se no presente e no futuro, e que no nosso entender o Broker pode ter um papel importante no seu desenvolvimento, nomeadamente se desempenhar funções para a E A/V com maior eficácia e eficiência.

Já vimos nos capítulos 3.2.1 e 3.2.2 alguns modelos de selecção de recursos para E A/Vs e os requisitos quer de pré-selecção quer de selecção do sistema de recursos que cada modelo pretende satisfazer. Contudo, falta referir a quem poderá caber essa tarefa da selecção do sistema de recursos para as E A/Vs. Claro que pode caber às próprias essa tarefa, mas segundo vários autores, incluindo nós próprios, essa tarefa e outras que veremos neste capítulo, podem estar a cargo de um elemento que reúna as capacidades para tal, e cuja designação mais comum é a de Broker.

4.1.1 - DEFINIÇÕES E CONCEITO DE BROKER

Ao procurarmos a definição de Broker encontramos (dicionário da Porto Editora, Webster), designações como: corrector de fundos; intermediário; negociante de coisas em segunda mão; e agente. Outros termos associados à designação do Broker são “Cybermediaries”, que designa organizações que desempenham tarefas de mediação no mundo do comércio electrónico (Sarkar, M. et al., 1995), ou de “Net-Broker” (Franke, U., 2000) como sendo o elemento que propõe a configuração da corporação virtual e monitoriza o seu desempenho, ou de Gestor de Recursos, que designa o gestor da configuração (ou reconfiguração) da E A/V (Putnick, G., 2000a). Na figura 4.1 vemos essa actuação do Broker segundo o modelo da BM_VEARM, nomeadamente na gestão dos recursos aquando da necessidade da reconfiguração do sistema e que é, segundo o autor, o elemento chave na agilidade pretendida para as E A/Vs.

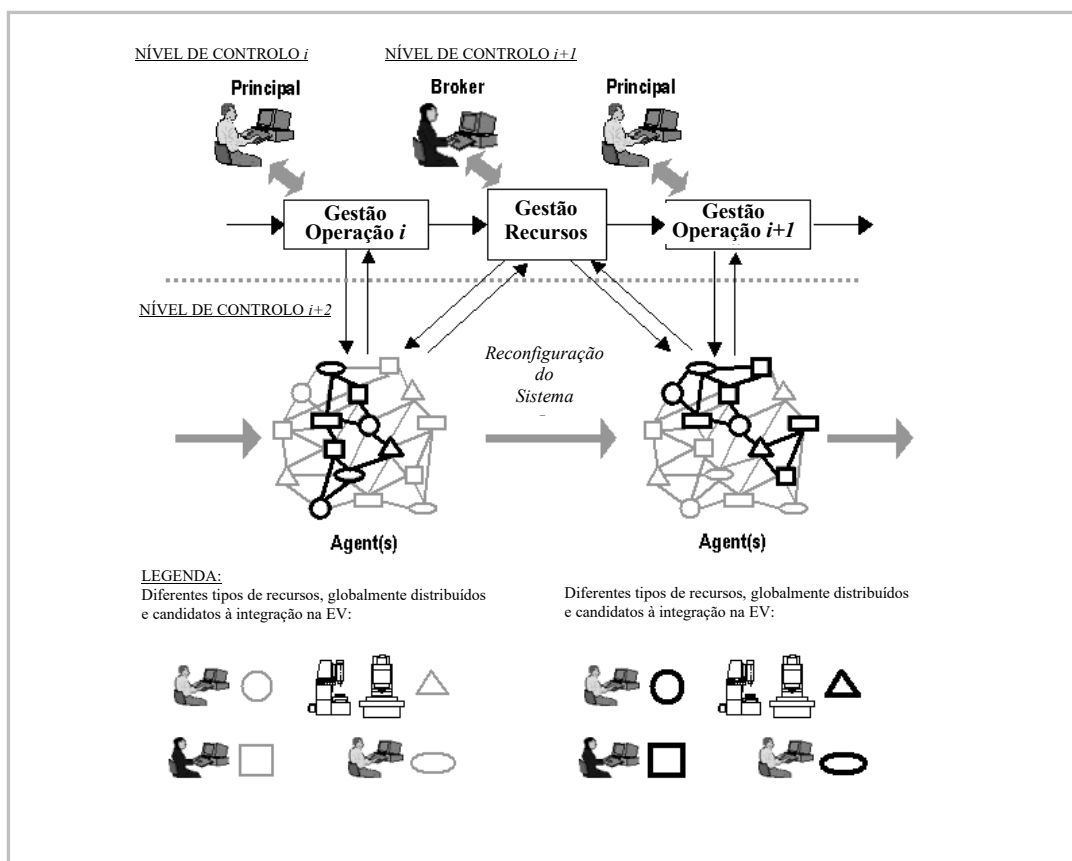


Figura 4.1 – Broker como principal agente da agilidade na selecção / reconfiguração da E A/V (Putnick, G., 2000a).

Mas melhor do que definições são a atribuição das suas funções para sabermos o que é, de facto, o Broker. Atendendo às funções que são atribuídas ao Broker, no âmbito dos diferentes modelos das E

A/Vs, faz dele um agente necessário mas assumindo diferentes funções consoante o modelo em que se enquadra. Na verdade o Broker é um agente flexível / dinâmico, uma vez que para cada modelo de E A/V ele terá de se adaptar às funções que lhe forem solicitadas pelo agente iniciador / principal da E A/V.

Se atendermos à cadeia de fornecimento de serviços, entre o Broker e a E A/V, em diferentes instâncias do projecto da E A/V ou para diferentes projectos de E A/Vs, conforme mostra a Figura 4.2, ele pode actuar como o iniciador, e/ou um fornecedor, e/ou um intermediário directo e/ou intermediário indirecto.

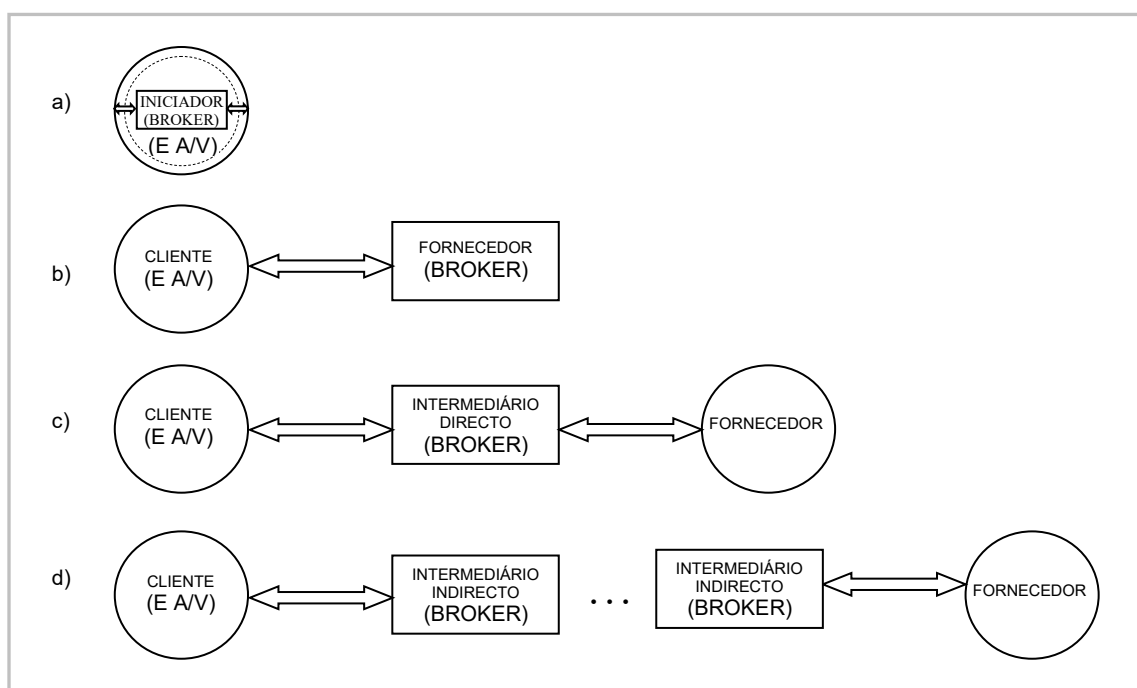


Figura 4.2 – Cadeia de fornecimento de serviços estabelecida entre o Broker e a E A/V (adaptado de Hands, J. et al., 2000).

- Quando o Broker se comporta como o iniciador da E A/V, essa cadeia de serviços, propriamente dita, não existe.
- A cadeia é mínima. O Broker e a E A/V são os extremos da cadeia não existindo outras ligações. Por exemplo, quando o Broker é solicitado para criar um mercado de recursos focalizado.
- Aqui, a cadeia é ternária, sendo o Broker o intermediário directo entre a E A/V, e o fornecedor. Por exemplo, quando o Broker intervém como mediador ou responsável, num processo de negociação.

- d) Uma longa cadeia pode ser estabelecida entre a E A/V, e o fornecedor devido à introdução da interoperacionalidade entre um mercado de Brokers.

Por exemplo quando o Broker subcontracta outros Brokers, ou tem acordos de partilha, e.g., de informação .

4.1.2 - A NECESSIDADE DO BROKER NA E A/V

No entender de (Resnick, P. et al., 1994), o valor do Broker justifica-se pela redução dos custos, aumento da privacidade quer do consumidor quer do fornecedor, maior e melhor informação disponibilizada para o consumidor, nomeadamente sobre a qualidade do produto e da satisfação do mercado, diminuição dos riscos de incumprimentos pelas partes envolvidas, e melhoramento da eficiência dos preços através da criação de mecanismos que induzam só as vendas adequadas.

Segundo (Sarkar, M. et al., 1995), com a eliminação de barreiras entre cliente/fornecedor que o mercado electrónico veio trazer, seria de prever a eliminação dos tradicionais intermediários, como os grossistas e os retalhistas, possibilitando assim reduções nos preços, que em certos casos poderiam atingir os 60%. Contudo, o mesmo autor no seu trabalho, reitera que as novas infra-estruturas de informação criam espaço para o crescimento dum novo tipo de intermediários. (Sarkar M. et al., 1995) justificou essa afirmação não só descrevendo algumas funções dos intermediários que não são facilmente absorvidas pelos produtores e clientes, assim como através de cálculos feitos com base na teoria dos custos de transação.

(Caughey, S. et al., 1998), são da opinião que o mercado electrónico num futuro próximo, dará lugar a um maior número e variedade de Brokers. Os autores justificam-se apontando razões de como o Broker pode acrescentar valor aos serviços que prestar. Nomeadamente: agregando os serviços prestados por diferentes fornecedores e apresentando-os num formato mais consistente para os clientes; pesquisando / procurando um conjunto de serviços que se enquadram nos requisitos do cliente; monitorizando um conjunto de serviços e informando os clientes de algo interessante para eles; combinando e integrando informação de diferentes fornecedores (e.g., combinando horários de autocarro com os de voos de avião); e fornecendo, ele próprio, outros serviços sobre a informação que adquire e conhece dos fornecedores.

Para (Hands, J. et al., 2000), a necessidade da figura do Broker electrónico vê-se justificada com a resposta a questões do tipo: como é que o consumidor localiza o fornecedor; efectua a compra; encontra os produtos e serviços de que necessita a um preço justo de mercado; e em que fornecedor o cliente pode confiar ou vice versa. No seu entender, a mediação entre fornecedores e clientes, introduzida pelo Broker, é a solução ideal para se ultrapassar esse tipo de problemas.

(Putnik, G., 2000a, 2000b), refere ainda que a elevada agilidade (reconfiguração da estrutura num segundo), pretendida para a E A/V só será conseguida com a introdução do Broker, que à partida terá melhores desempenhos nas funções que desempenhar para o projecto e operação da E A/V. Ainda segundo o mesmo autor, a virtualidade da E A/V está relacionada com o facto da estrutura física da empresa poder estar encoberta para o gestor do projecto, que de facto só é conseguida com a intermediação do Broker entre dois níveis de controlo da estrutura da E A/V (ver figura 4.3). Neste sentido, o Broker serve como um agente da virtualidade, ou o Broker fornece o mecanismo de virtualidade.

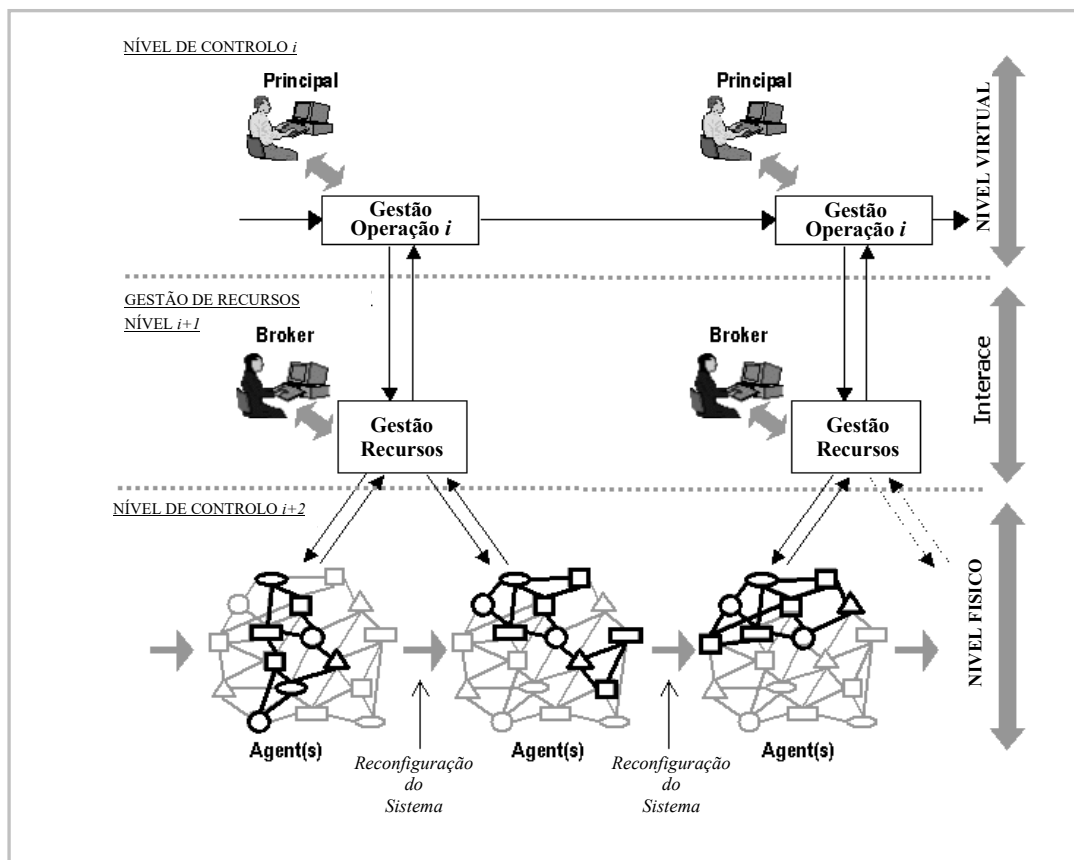


Figura 4.3 – Broker como o principal agente da virtualidade na selecção / reconfiguração da E A/V (Putnik, G., 2000a, 200b).

Como resumo das razões justificativas da necessidade do Broker apontadas pelos diferentes autores, consideramos que se dividem em três grupos:

- A elevada agilidade (reconfiguração da estrutura num segundo), pretendida para a E A/V só será conseguida com a introdução do Broker, que à partida terá melhores desempenhos nas funções que desempenhar:

Selecção de recursos;
 Selecção de sistemas de recursos;
 Criação dum mercado de recursos / rede virtual;
 Manutenção do mercado de recursos;
 Selecção dos algoritmos de selecção; Negociação.

...

- O Broker poder ser um elemento da confiança a estabelecer entre os parceiros, e.g. através da criação de mecanismos que suportam os riscos das transações; posicionando-se como um elemento neutro na cadeia de fornecimento.
- A intermediação do Broker entre dois níveis de controlo da estrutura da A/VE serve como um agente da virtualidade, ou o Broker fornece o mecanismo de virtualidade.

4.1.3 - TAXONOMIA DAS FUNÇÕES DO BROKER

São vários os autores a expressarem quais devem ser as funções que o Broker deverá assumir no seio das E A/V, onde se inclui o comércio electrónico, e até já existem plataformas de software desenvolvidas para apoiarem a sua actuação. (Huang, G. & Mak, K., 2000) criaram a plataforma WeBid. Em (Hands, J. et al., 2000) são referidos vários desses projectos já desenvolvidos do Broker electrónico tais como: “Common Brokerage Architecture Project”; OSM (“Open Service Model”); OFFER; MetaBroker; OMG/CommerceNet e o Projecto GAIA (“Generic Architecture for Information Availability”). Contudo, quando se pretende comparar os diferentes modelos do Broker preconizados pelos diferentes autores, essa comparação não será explícita sem que se crie uma taxonomia para as suas funções. Esta taxonomia, que nos propomos criar, permite estabelecer um modelo referencial para avaliação e comparação de vários modelos propostos para o Broker.

Nós verificámos que, do domínio das funções possíveis para a actuação do Broker, se poderiam distribuir as suas funções em dois subgrupos, um que englobasse as funções que são directamente disponibilizadas para o cliente (E A/V), às quais designámos por funções explícitas, e o outro que englobasse as funções de apoio à realização das primeiras, às quais designámos por funções implícitas. Numa primeira ramificação, classificaram-se as funções do Broker conforme mostra a tabela 4.1.

Def. – funções explícitas – *funções que o Broker disponibiliza para o seu cliente.*

Por exemplo: selecção de recursos; integração de recursos.

Def. – funções implícitas – *funções (ferramentas), que o Broker utiliza para apoiar a realização das funções explícitas.*

Por exemplo: selecção de algoritmos de selecção de recursos; interacção com outros Brokers.

Tabela 4.1 – Taxonomia das Funções do Broker.

FUNÇÕES DO BROKER	- EXPLÍCITAS	<ul style="list-style-type: none"> - Iniciação da EV - Criação dum mercado de recursos focalizado (identificação de recursos) - Selecção de recursos - Selecção de sistemas de recursos - Integração do sistema de recursos - Programação da integração dos recursos - Reconfiguração do sistema de recursos - Monitorização dos recursos e análise de confiança - Controlo dos recursos - Disseminação da Informação
	- IMPLÍCITAS	<ul style="list-style-type: none"> - Interacção com outros Brokers - Criação dum mercado de recursos / rede virtual - Manutenção do mercado de recursos - Selecção dos algoritmos de selecção - Negociação - Garantir a confidencialidade entre cliente / fornecedor - Criação de mecanismos que suportam os riscos das transacções

Vamos detalhar melhor as funções apresentadas na tabela 4.1, sem que a sua ordenação na apresentação signifique a sequência das actuações do Broker. Por outro lado, o facto de as descrevermos separadamente umas das outras, não significa que na actuação real do Broker não possa integrar temporalmente várias das suas funções, podendo com isso obter melhores níveis de desempenho¹.

¹ Matéria que aqui não será tratada, mas que é seguramente um aspecto relevante para se conseguir a flexibilidade desejada das E A/V.

Funções Explícitas

Iniciação da EV.

Nesta função o Broker age como um “entreprenuer”, pois, logo que se abra uma oportunidade de negócio, o Broker identifica as actividades necessárias para “casarem” com essa oportunidade de negócio. Baseando-se na lista de actividades da cadeia de valor definidas pelo Broker, ele próprio projecta a cadeia de fornecimento, a qual integra clientes, fornecedores exteriores e empresas parceiras, que visam criar uma cadeia competitiva de fornecimento. Uma vez criada a cooperação virtual o Broker passa a desempenhar tarefas de coordenação do seu funcionamento.

Criação dum mercado de recursos focalizado (identificação de recursos).

Esta função permite identificar os recursos, podendo esta pesquisa ser efectuada sobre o Mercado de Recursos, que satisfazem os requisitos do serviço do cliente, nomeadamente, e em primeira instância os requisitos funcionais, existindo ainda outros como o custo, tempo, qualidade, disponibilidade de tempo de pesquisa e outros introduzidos pelo cliente.

Seleção de Recursos.

Em todas as fases do processo de configuração do sistema de E A/V, é necessário efectuar, em sentido lato, a selecção de recursos (Ávila, P. et al., 2000). Aqui contemplamos a selecção isolada dum recurso, isto é, o recurso que melhor desempenho apresente face aos requisitos do serviço do cliente. Esta função é mais evidente no âmbito do comércio electrónico, uma vez que na maioria dos casos um único recurso é capaz de satisfazer o cliente.

Seleção de Sistemas de Recursos.

Nem sempre um recurso isoladamente é capaz de satisfazer a totalidade dos requisitos do serviço do cliente, mas sim um sistema de recursos¹. Esta função é mais evidente quando os requisitos do serviço do cliente são um Plano de Tarefas² do ciclo de produção do produto. Aqui a selecção é bem mais complexa, uma vez que a avaliação do desempenho é sobre o sistema de recursos e não de um só recurso isoladamente. É claro que a selecção de recursos é um caso da selecção do sistema de recursos, mas certamente que os algoritmos de apoio a esta função terão que ser mais estruturados. Pensamos que esta é uma das funções mais críticas para o bom desempenho do processo de configuração das empresas E A/V.

Integração do Sistema de Recursos.

É a tarefa de integração dos recursos pertencentes ao sistema de recursos seleccionado, através da passagem de parâmetros do mecanismo de integração, e. g. localização cliente/fornecedor, protocolos de comunicação, planos de processo, formatos de dados, etc. Incluem-se ainda o estabelecimento de

¹ Conjunto de recursos que relacionados entre si e com a capacidade para se integrarem, são capazes de satisfazer os requisitos do serviço do cliente.

² Conjunto de tarefas (simples ou complexas), com as suas interdependências temporais, que definem o ciclo de produção do produto (Ávila, P. et al., 2000).

contratos que garantam compromissos entre cliente/fornecedor e dos demais participantes na organização.

Programação da Integração dos Recursos.

Como a integração de recursos é por si própria um processo, este implica vários sub-processos, sendo necessário definir a sua ordenação e o seu mapeamento em intervalos de tempo de acordo com o desenvolvimento do processo de integração.

Reconfiguração do Sistema de Recursos.

É a tarefa de integração de novos recursos e da remoção de outros à medida que a empresa tem que integrar novas funcionalidades, novas tecnologias e novos conhecimentos, para substituir recursos que se avariaram, que já não existam, ou que tenham abandonado a E A/V, ou para aumentar/reduzir a capacidade produtiva¹ ou para integrar aqueles que são mais competitivos. O problema da reconfiguração é um problema equivalente ao da selecção (configuração), do sistema de recursos da E A/V, isto é, a reconfiguração pode levar à substituição/remoção/inserção de novos recursos, ou de todo o sistema de recursos, onde se inclui a dissolução da E A/V, que é para nós, uma das instâncias da reconfiguração.

Monitorização dos recursos e Análise da Confiança.

É a função do controlo do desempenho dos recursos com a finalidade de identificar eventuais falhas e definir a evolução das propriedades dos recursos durante a cooperação.

Controlo dos Recursos.

É a tarefa de controlo dos recursos no âmbito das responsabilidades e da política organizacional atribuída pelo gestor principal ou nível de controlo superior.

Disseminação da Informação.

Esta tarefa pode actuar em dois sentidos, isto é, do fornecedor para o cliente e vice versa. Do fornecedor para o cliente através do Broker pode ser um canal eficaz da divulgação de novos produtos / serviços. No sentido inverso o fornecedor poderá extrair do Broker, através do seu conhecimento do mercado, quais as tendências desse mercado e daí surgirem novas oportunidades de negócio ou de correcção de negócios planeados.

Funções Implícitas

Interacção com Outros Brokers.

O Broker pode interagir com outros Brokers, quer recorrendo ao serviço de outros, neste caso actuando como cliente, quer fornecendo serviços a outros, e neste caso actuando como fornecedor.

¹ Se atendermos à curva do ciclo de vida padrão de um produto, é sabido que na fase de lançamento e na fase de crescimento o volume de produção tende a aumentar até que se atinja a fase da maturidade (estabilidade do volume de produção), entrando-se por fim no seu declínio.

Criação dum Mercado de Recursos / Rede Virtual.

A primeira tarefa é procurar empresas e instituições com competências e recursos competitivos complementares, e capacidade para trabalharem em parceria. O primeiro objectivo desta fase é o de criar um alvo comum e o de promover a confiança mútua entre as entidades envolvidas. Os parceiros acordam um memorando de entendimento, com regras, onde se prevêem critérios para novas entradas, procedimentos de partilha de riscos, custos e de lucros.

Manutenção do Mercado de Recursos.

A partir do momento que a rede é formada, o Broker é responsável pela manutenção e melhoramento da colaboração entre os parceiros. Desenvolve acções de normalização técnica, monitoriza o desempenho dos parceiros, acompanha a resolução de conflitos, promove a aprendizagem dentro da rede virtual organizando seminários, “workshops” e outros.

Seleção dos Algoritmos de Seleção.

Visto que a complexidade da selecção de sistemas de recursos é função do espaço de soluções, e que este cresce exponencialmente com o número de tarefas e com os recursos capazes de as executar (Ávila, P. et al., 2000), a selecção do algoritmo de selecção mais eficiente para cada caso e a quantificação temporal da execução desse algoritmo serão tarefas a ter em conta pelo Broker.

Negociação.

Normalmente baseado em objectivos económicos, como por ex. a prática de leilões (abertos ou selados), é extensível a outros parâmetros de negociação relacionados com os requisitos do serviço do cliente. A influência que o Broker pode desempenhar na aquisição dum produto junto do cliente e o facto das transacções mediadas pelo Broker estarem sujeitas a economias de escala, serão factores preponderantes neste processo de negociação.

Garantir a Confidencialidade entre Cliente/Fornecedor.

Quer o cliente quer o fornecedor podem desejar permanecer anónimos, ou pelo menos proteger alguma informação relevante para a transacção. Caberá nesses casos ao Broker providenciar a sua actuação sem que a identidade das partes seja revelada.

Criar Mecanismos que Suportam os Riscos das Transacções.

O cliente pode recusar o pagamento depois de receber o produto, ou o fornecedor não garantir um serviço após venda adequado ao produto. Estas são práticas que o Broker pode atenuar com a ameaça de divulgação dos infractores junto do seu mercado de recursos, ou fornecendo seguros que cubram a má actuação de alguma das partes.

Outras funções do Broker podiam ser criadas, e.g., funções que considerariam factores culturais, i.e., que permitissem a integração cultural (modo de comunicação, feriados religiosos, etc), dos diferentes agentes envolvidos.

4.1.4 - REVISÃO E CLASSIFICAÇÃO DOS MODELOS DO BROKER

De acordo com a taxonomia de funções do Broker apresentada no capítulo anterior, vamos classificar os modelos de Broker, conforme a tabela 4.2, preconizados por alguns autores e por alguns projectos de Broker.

A classificação dos diferentes modelos de Broker foi feita considerando dois tipos de classificadores (sim; e não definido), para cada uma das funções descritas. A opção pelo não definido, não significa que o modelo não comporte essa função, só que pela análise e recolha bibliográfica a que tivemos acesso, essa função não aparecia explicitamente definida. Por isso, em vez do simples não optou-se pelo classificador não definido.

Tabela 4.2 – Classificação de modelos de Broker.

Legenda: S – Sim; ND – Não Definido.		MODELOS DE BROKER							
		Modelo: GAIA (Hands, J. et al., 2000)	Modelo: WeBid (Huang, G. & Mak, K., 2000)	(Flores, M. & Molina, A., 2000)	(Franke, U. & Hickmann, B, 1999)	(Kanet, J. et al., 1999)	Modelo: OFFER (Bichler, M. et al., 1998)	(Sarkar, M. et al., 1995)	(Resnick, P., Avery, R., 1994)
FUNÇÕES EXPLÍCITAS	Iniciação da EV	ND	ND	S	S	S	ND	ND	ND
	Criação dum mercado de recursos focalizado	ND	S	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Seleccção de recursos	S	S	S	S	S	S	S	S
	Seleccção de sistemas de recursos	ND	S	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Integração do sistema de recursos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Programação da integração dos recursos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Reconfiguração do sistema de recursos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Monitorização dos recursos e análise de confiança	S	S	S	S	S	ND	S	ND
	Controlo dos recursos	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Disseminação da informação	S	S	ND	S	S	ND	S	S
FUNÇÕES IMPLÍCITAS	Interação com outros Brokers	S	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Criação dum mercado de recursos / rede virtual	S	S	ND	S	ND	S	ND	S
	Manutenção do mercado de recursos	S	S	ND	S	ND	S	ND	S
	Seleccção dos algoritmos de seleccção	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
	Negociação	ND	S	ND	ND	S	S	ND	S
	Garantir a confidencialidade entre cliente / fornecedor	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	S
	Criar mecanismos que suportam os riscos das transações	S	ND	ND	ND	S	ND	S	S

Analisando a tabela 4.2, verificamos quatro aspectos principais.

- O primeiro, é que há preocupação da comunidade científica em desenvolver e implementar o conceito de Broker, o que demonstra a actualidade do tema;
- O segundo, e talvez o mais imediato, é que não há uniformização das funções a atribuir ao Broker nos modelos de E A/V em que ele participe¹;
- O terceiro é que não existe nenhum modelo de Broker que contemple todas as funções, quer explícitas, quer implícitas, cuja razão pensamos que, em parte deriva, de cada mentor de E A/V criar um modelo de Broker à imagem das suas necessidades.
- O quarto prende-se com o facto da função selecção de recursos ser a única função que é considerada explicitamente por todos os modelos de Broker analisados.

Da análise decorrente do terceiro ponto, podemos prever que apenas um Broker poderá não ser hábil para satisfazer todas as funções solicitadas pelos diferentes modelos de E A/V, e que neste caso, a E A/V deve gerir adequadamente a integração das funções dos diferentes Brokers.

Em relação à constatação do quarto ponto e lembrado que nos modelos de selecção revistos no capítulo 3, em que praticamente a selecção não era dirigida a um terceiro, diríamos que não tem havido um “casamento” entre os modelos de selecção e os modelos de Broker. Pretendemos neste trabalho mostrar que no processo de selecção é válido e necessário o recurso ao Broker.

4.2 - O MODELO DO BROKER DA BM_VEARM (E A/V)

O nosso modelo de E A/V (BM_VEARM) pressupõe que há funções que a terem que ser executadas, devem ser endereçadas a um Broker ou a mais do que um. Por isso faz sentido falarmos no modelo de Broker da BM_VEARM, independentemente se depois num processo de implementação da E A/V se recorrem a mais do que um Broker para desempenhar as funções que a nossa E A/V pressupõe que devem ser dadas a essa terceira parte.

Já fizemos várias referências ao nosso Broker, quer no sub-capítulo 3.3, quer ao longo do sub-capítulo 4.1, onde também justificámos qualitativamente o porquê da sua inclusão no nosso modelo de E A/V. Agora cumpre-nos apresentar as funções (incluindo funções associadas ao processo de

¹ Existem modelos de E A/V, que não fazem referência ao Broker, e que se apoiam prioritariamente na tecnologia dos agentes inteligentes.

selecção dos recursos que integram a E A/V) em que ele poderá estar envolvido no nosso projecto de Empresa Ágil / Virtual.

Pegando nas mesmas funções que anteriormente foram descritas, cobrindo ao que chamámos de taxonomia de funções do Broker, a tabela 4.3 dá-nos agora o espectro das funções que são, e das que não são incluídas no nosso modelo de Broker.

Tabela 4.3 – Classificação do modelo de Broker da BM_VEARM.

Legenda:	S – Sim; N – Não	Modelo do Broker da BM_Virtual Enterprise
FUNÇÕES EXPLÍCITAS	Iniciação da EV	N
	Criação dum mercado de recursos focalizado	N
	Seleccção de recursos	S
	Seleccção de sistemas de recursos	S
	Integração do sistema de recursos	S
	Programação da integração dos recursos	S
	Reconfiguração do sistema de recursos	S
	Monitorização dos recursos e análise de confiança	S
	Controlo dos recursos	S
	Disseminação da informação	S
FUNÇÕES IMPLÍCITAS	Interacção com outros Brokers	S
	Criação dum mercado de recursos / rede virtual	N
	Manutenção do mercado de recursos	N
	Seleccção dos algoritmos de seleccção	S
	Negociação	S
	Garantir a confidencialidade entre cliente / fornecedor	S
	Crear mecanismos que suportam os riscos das transações	S

Se compararmos as funções que estão atribuídas ao nosso modelo de Broker com os restantes modelos que já vimos na tabela 4.2, verificamos mais uma vez que também o nosso é diferente de todos os outros, ou se quisermos, não há neste momento nenhum Broker que satisfaça as funções que lhe atribuímos. Não vamos aqui justificar se é melhor ou pior que os restantes, mas este modelo, caracteriza as nossas necessidades da nossa E A/V. Por isso mesmo, as funções que lhe foram atribuídas justificam-se por si só pela nossa E A/V, mas quanto às restantes que não estão contempladas, i.e., cuja classificação na tabela é com N, merecem-nos dois tipos de justificações.

A primeira justificação refere-se a não considerarmos o Broker como o iniciador da E A/V, e prende-se com a atribuição desta função ao Principal da E A/V, i.e., aquele que é o mentor do projecto e que ao identificar a oportunidade de negócio estrutura todo o projecto. A título de nota, se o Broker iniciasse a E A/V, se calhar não fazia sentido em falarmos em Broker, porque a sua funcionalidade seria a de criador / mentor e não a de intermediário / gestor de recursos.

A segunda justificação vai para as restantes funções que não estão atribuídas ao nosso modelo de Broker, nomeadamente aquelas que se referem à criação e manutenção de mercados de recursos. Julgamos nós, que respeitante a essa matéria, deverá coexistir outra entidade que faça essa gestão, concretamente um mercado de recursos organizado para as E A/Vs. O mercado de recursos, cujo projecto e operação foram validados por (Cunha, M., 2003), é uma entidade sobre a qual as E A/Vs podem encontrar condições mais favoráveis à sua criação e operação, uma vez que são estabelecidas regras para os recursos que nela queiram participar, tal como noutro tipo de mercado como o bolsista ou mercado de cartões de crédito. Assim sendo, as E A/Vs que a ele recorram esperam encontrar um ambiente regulado e monitorizado, dando maiores garantias de confiança.

Estamos em condições de dizer que no nosso projecto de E A/V intervêm para além da própria, mais duas entidades, O Broker e o Mercado de Recursos. A figura 4.4 mostra-nos, fora de operação, como podem ser estabelecidas relações de negócio entre estas três entidades. De realçar que a E A/V pode estabelecer relações comerciais quer com o Broker, quer com o Mercado de Recursos, mas estes por sua vez também as podem estabelecer entre si com o intuito de satisfazer os requisitos da E A/V.

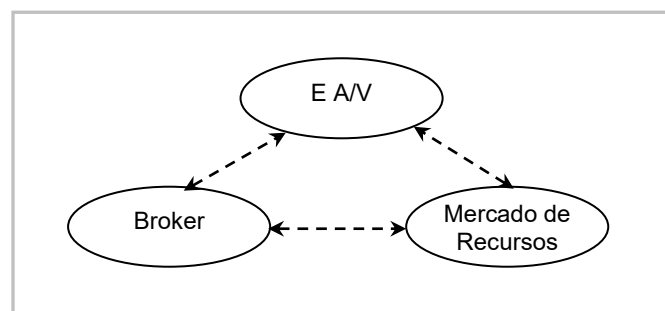


Figura 4.4 – Relações de negócio, fora de operação, entre o triplo: E A/V, Broker e Mercado de Recursos.

Numa fase de operação, o que acontece, à semelhança do que mostra a figura 4.5, é que a nossa E A/V é constituída por um Principal, Broker e por recursos, e opera dentro do ambiente do mercado de recursos.

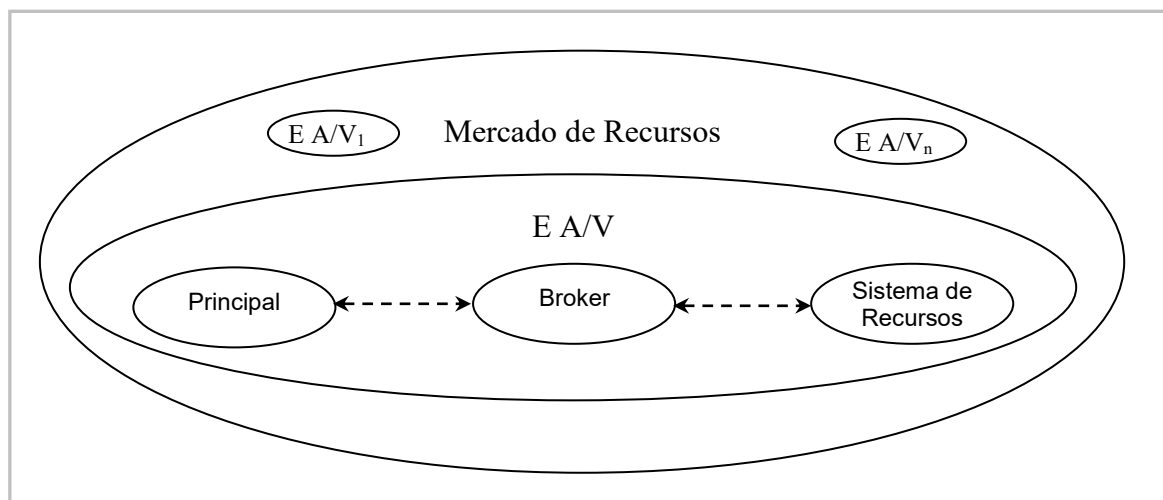


Figura 4.5 - Relações em operação, entre o triplo: E A/V, Broker e Mercado de Recursos.

CAPÍTULO 5

MODELO RIGOROSO DE SELECÇÃO DE SISTEMAS DE RECURSOS PARA O PROJECTO DE E A/Vs

CAPÍTULO 5

MODELO RIGOROSO DE SELECÇÃO DE SISTEMAS DE RECURSOS PARA O PROJECTO DE

E A/Vs.....97

5.1 - Metodologias de Modelação99

 5.1.1 - A Técnica de Modelação IDEF100

5.2 - Um Enquadramento do Processo de Selecção102

5.3 - Modelo de Actividades Proposto para o Processo de Selecção do Sistemas de Recursos.....105

 5.3.1 - Inserção do Modelo de Selecção no Ciclo de Vida da BM_VEARM.....106

 5.3.2 - Planeamento de Tarefas.....108

 5.3.3 - Selecção de Recursos.....109

 5.3.3.1 - Pré-selecção de Recursos110

 5.3.3.2 - Selecção do Sistema de Recursos113

5.4 - Ferramentas e Técnicas de Apoio ao Modelo de Actividades Proposto para o Processo de
Selecção do Sistema de Recursos116

 5.4.1 - Ferramentas para o Processo Procura de Recursos.....116

 5.4.2 - Ferramentas para o Processo Identificação Automática de Recursos.....120

 5.4.3 - Ferramentas para o Processo de Negociação Indirecta.....125

 5.4.4 - Ferramentas para o Processo de Negociação Directa126

 5.4.5 - Ferramentas para o Processo de Avaliação do Espaço de Soluções.....126

 5.4.6 - Ferramentas para o Processo de Selecção e Integração do(s) Algoritmo(s) de
Selecção.....127

 5.4.6.1 - Critérios de Validação dos Algoritmos de Selecção128

 5.4.6.2 - Revisão e Classificação dos Algoritmos de Selecção de Recursos para E
A/Vs (Aplicados e Aplicáveis)130

 5.4.6.3 - Tópicos para um Procedimento de Selecção do(s) Algoritmo(s).....135

 5.4.7 - Requisitos para uma Ferramenta/Plataforma Software para a Selecção de Sistemas de
recursos.....136

5.5 - Modelo de Tempos e de Custos Associados ao Nosso Modelo de Selecção139

 5.5.1 - Modelo do Tempo e do Custo para o Método de Selecção Independente143

 5.5.2 - Modelo do tempo e do Custo para o Método de Selecção Dependente sem Pré-
selecção de Recursos de Transporte145

 5.5.3 - Modelo do Tempo e do Custo para o Método de Selecção Dependente com Pré-
selecção de Recursos de Transporte147

Neste capítulo é apresentado o nosso modelo de selecção, que constitui um dos objectivos principais desta tese. O modelo é apresentado enquadrado com o nosso projecto de E A/V, mas é suficientemente flexível para se ajustar não só a qualquer instância desse modelo, como também a qualquer outro de E A/V. Esse modelo apresentado em IDEF0, assenta em duas fases principais, a da pré-selecção de recursos e a da selecção do sistema de recursos, para as quais são abordadas e propostas ferramentas para cada uma das actividades que as constituem. Para o modelo foram definidas ainda expressões do tempo e do custo das suas actividades, que posteriormente foram devidamente enquadradas para três métodos de selecção, selecção independente, selecção dependente sem pré-selecção de recursos de transporte, e selecção dependente com pré-selecção de recursos de transporte, obtendo-se assim expressões do tempo total e do custo total para cada um dos casos.

5.1 - METODOLOGIAS DE MODELAÇÃO

No processo de projecto de sistemas são necessárias pelo menos quatro fases, que apesar de separadas estão inter-relacionadas e respeitam a seguinte sequência: Análise dos requisitos do sistema; projecto conceptual / semântico; projecto lógico; e o projecto físico, o qual corresponde à fase da implementação (Cunha, M., 2003). Para especificarmos o nosso processo / sistema de selecção estamos interessados na construção dum modelo conceptual / semântico, e que pressupõe também a passagem pela primeira fase (análise dos requisitos), para formalmente especificarmos a estrutura e o comportamento do sistema em causa.

Para especificar a estrutura do processo de selecção do sistema de recursos na forma dum modelo conceptual / semântico, precisamos duma metodologia/técnica de modelação, capaz de representar os aspectos estruturais do processo, os dados que são manipulados e os processos em que estão envolvidos.

O primeiro trabalho no desenvolvimento na análise estruturada de sistemas e projecto de metodologias de modelação, foi realizado no início dos anos 70 (pelo Dr. Ross de Softech, USA) e foi inicialmente concebido para ajudar os engenheiros no projecto de sistemas de processamento de

dados de grande dimensão. Desde então várias dessas metodologias têm sido criadas e adaptadas para modelar fábricas e outros sistemas físicos (Ranky, P., 1990).

Das várias metodologias para modelar um sistema, quer mais centradas nos processos, quer mais centradas nos dados, a primeira é que se enquadra nos nossos requisitos para o projecto do modelo de selecção.

Existem várias metodologias para descrever modelos centrados nos processos, nomeadamente algumas dessas metodologias são: os fluxogramas, provavelmente o mais conhecido e muito utilizado na descrição dos processos das empresas aquando da implementação do seu sistema de Gestão da Qualidade de acordo com a norma ISO – 9001 : 2000; diagramas de estado e transição, sobretudo para modelos que envolvam a criação de sistemas de gestão de bases de dados; as redes Petri, utilizadas na simulação de sistemas de estados finitos como os sistemas de produção; modelos de simulação, hoje muito utilizados em processos de reengenharia das empresas que necessitam de validação antes da sua implementação; e algumas técnicas da metodologia “ICAM Definition” (IDEF), tais como IDEF0, IDEF1 e a IDEF2.

5.1.1 - A TÉCNICA DE MODELAÇÃO IDEF

Apesar de não se ter feito nenhum tipo de comparação exaustivo entre as diferentes metodologias de modelação, a nossa escolha da metodologia a utilizar para a construção do modelo recai sobre a metodologia IDEF, mais precisamente na utilização da técnica IDEF0. Essa escolha deve-se essencialmente pelos seguintes factores (FIPSP, 1993; Cunha, M., 2003):

- Oferecer as funcionalidades necessárias para modelar o nosso processo / sistema de selecção em vários níveis de detalhe expostos hierarquicamente;
- Por ser baseada em linguagem gráfica, assegura unicidade na interpretação, objectividade e facilidade na interpretação;
- Está bem testada e provada quer no desenvolvimento de projectos militares, governamentais, científicos e industriais;
- Por existirem vários softwares gráficos no mercado de apoio à sua utilização, nomeadamente os softwares Visio Professional da Visio Corporation, e o Design/IDEF da Metasoftware Corporation.

IDEF é um acrónimo de ICAM (“Integrated Computer – Aided Manufacturing”) “Definition methodology”, foi desenvolvida no início do anos oitenta pela força aérea dos Estados Unidos, no

âmbito do programa ICAM, e foi especificamente concebida para ser utilizada no projecto de sistemas de produção avançados. Desde a sua concepção, a técnica IDEF tem sido aplicada com sucesso a milhares de pequenos e grandes projectos que necessitam de facto duma análise estruturada e duma técnica de projecto (Ranky P., 1990). A técnica de modelação IDEF é útil e vantajosa como ferramenta descritiva e analítica. Como ferramenta descritiva é usada para identificar as componentes dum sistema que causam mudança ao sistema durante um intervalo de tempo. Como ferramenta analítica pode ser usada como uma base para simulação com vista a testar o desempenho do sistema em estudo.

A maior parte das técnicas IDEF utilizam o princípio da técnica de projecto da análise estruturada. Assim, no topo da estrutura / árvore do sistema está a descrição global (de mais elevado nível) de todo o sistema, e à medida que descemos a estrutura / árvore, as partes que compõem o sistema tornam-se visíveis e por isso a descrição do sistema torna-se mais detalhada. Este processo de ir mostrando cada vez maior detalhe do sistema até se atingir o nível de descrição pretendido, é designado por *processo de decomposição* (Rumbaugh, J. & Blaha, M., 1991), e pode ser visto na figura 5.1.

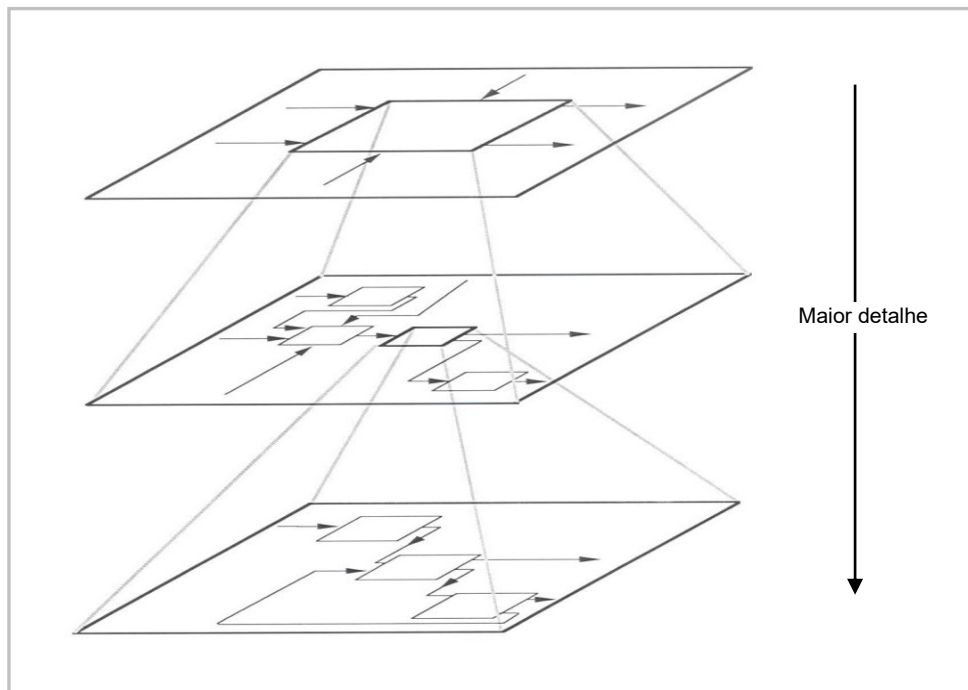


Figura 5.1 – Decomposição hierárquica da metodologia IDEF. As flechas dos diagramas pai são transpostas para os diagramas filhos e representam “coisas”, que podem ser planos, dados, informação, máquinas e outros (Ranky P., 1990)

A técnica de modelação IDEF0 segue esse processo de decomposição hierárquico e o seu modelo funcional é constituído por cinco elementos: *processos* (ou actividades); *entradas*; *saídas*; *controles*; e por *mecanismos*. Cada processo do sistema é representado por uma caixa, onde as entradas são representadas por flechas que entram no lado esquerdo da caixa e as saídas por flechas que saem do lado direito da mesma. Conforme figura 5.2, no topo da caixa são representados os controles ou restrições ao desencadeamento do processo, enquanto no lado inferior são representadas as flechas que designam os mecanismos ou ferramentas que possibilitam o desencadeamento do processo, i.e., que descrevem como o processo é executado. Todos as entradas são convertidas, pela influência dos controles e dos mecanismos, em saídas, e essa saídas possibilitam a ligação de diferentes processos, transformando-se em entradas e/ou controles e/ou mecanismos.

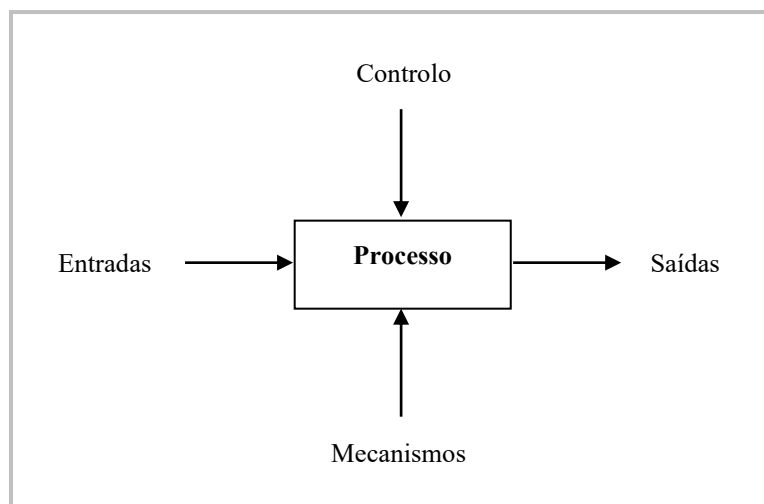


Figura 5.2 – Representação elementar da técnica IDEF0.

5.2 - UM ENQUADRAMENTO DO PROCESSO DE SELECÇÃO

Numa primeira fase, pretendemos enquadrar o processo de selecção do sistema de recursos, numa visão mais convencional da resolução do problema da selecção. Posteriormente, faremos o enquadramento desse mesmo processo sobre o nosso ponto de vista, e justificaremos as nossas opções.

Aproveitando a mesma matriz da figura 3.1, da especificação genérica do problema da selecção do sistema de recursos, e introduzindo algumas alterações aquando da selecção do sistema de recursos num processo convencional, chegamos à figura 5.3. Numa abordagem mais convencional do processo de selecção esse processo é caracterizado normalmente, de acordo com os modelos de selecção revistos no sub-capítulo 3.2.1, por se criar um modelo de selecção (ferramenta/mecanismo

do processo de selecção, ver figura 5.3), que se ajuste unicamente aos requisitos/especificidades de cada E A/V. O modelo desta forma criado torna-se rígido e pouco flexível para satisfazer os requisitos/especificidades de uma outra empresa virtual.

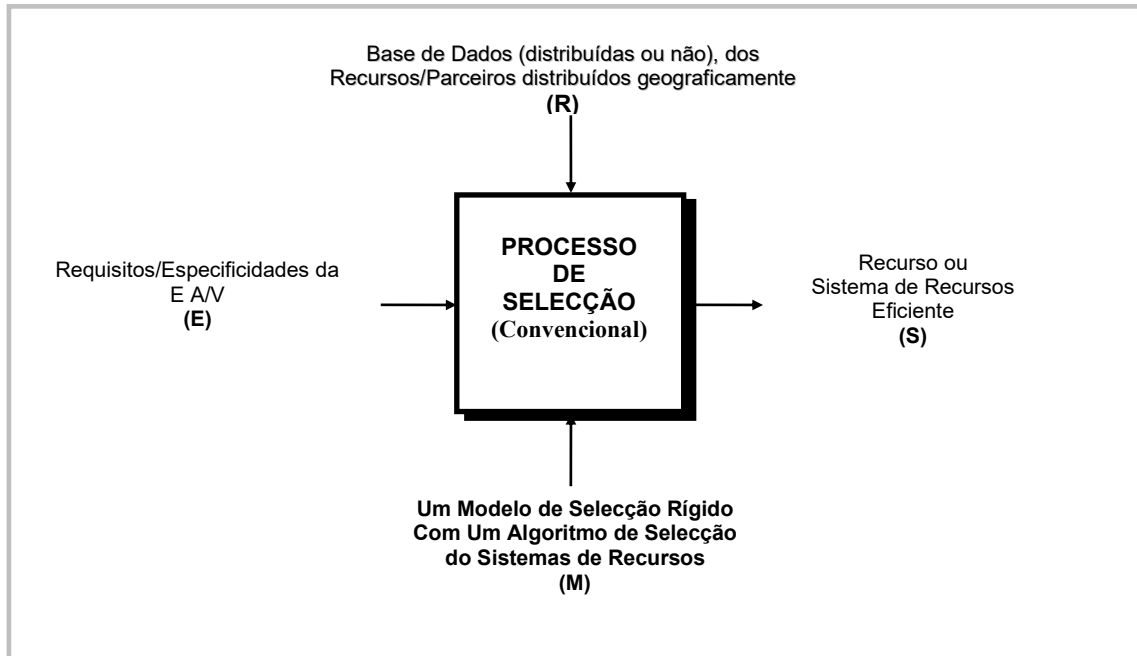


Figura 5.3 – Uma especificação do processo convencional de selecção.

Uma outra representação gráfica desse enquadramento é a que se visualiza na figura 5.4 em que se explicita mais ao pormenor como é que o processo de selecção se desencadeia para satisfazer os requisitos/especificidades numa empresa virtual. Assim, é criado um modelo de selecção, contendo explicita ou implicitamente várias fases, em que a fase da selecção do sistema de recursos recorre à utilização dum algoritmo mais ou menos complexo de acordo com o que os mentores do processo de selecção julgam ser o mais propício.

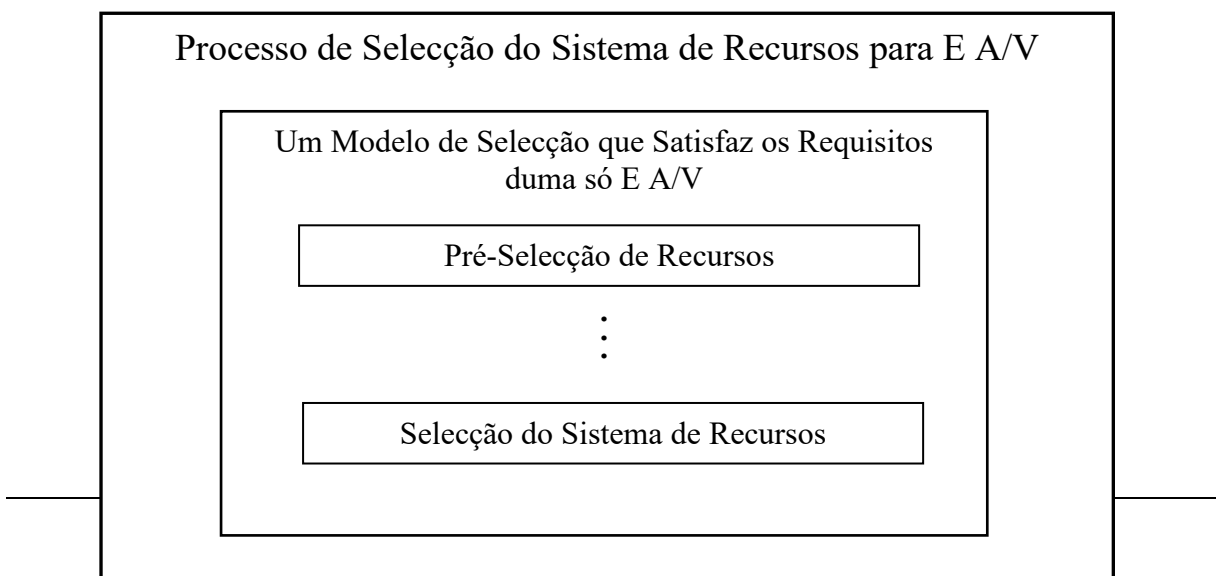
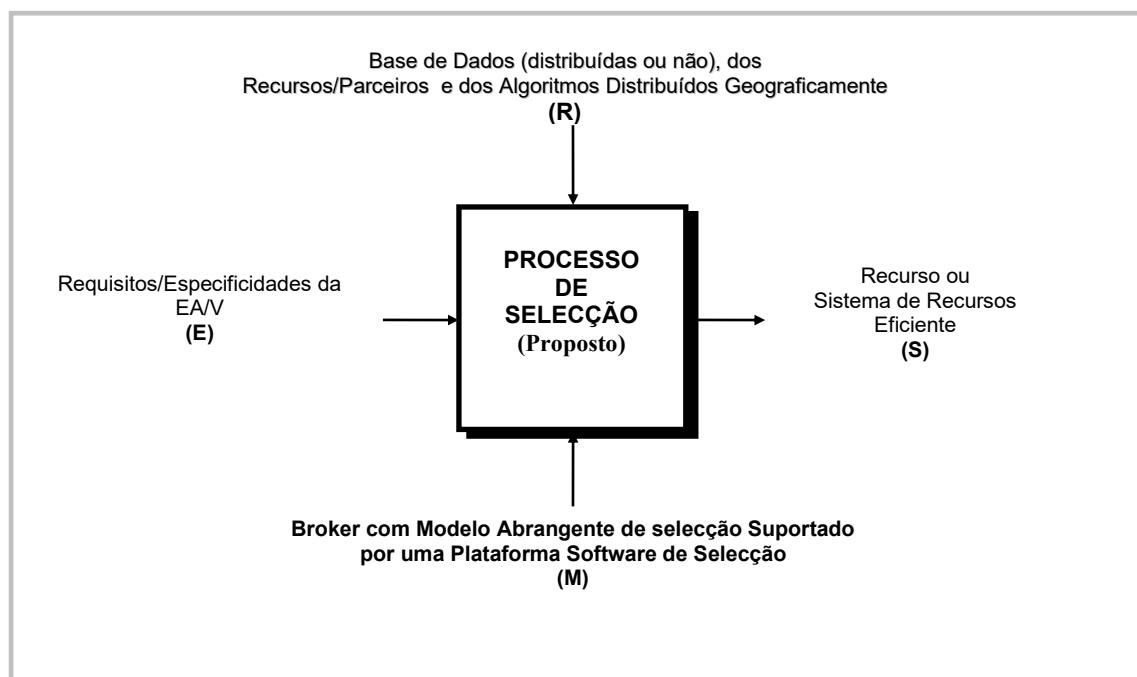


Figura 5.4 – Um enquadramento convencional do processo de selecção.

Não nos parece que num contexto de E A/V em que a agilidade é uma condição necessária no processo de configuração do sistema de recursos que integrarão a empresa, e em que o processo de selecção desse sistema é decisivo para se obter essa agilidade, que possamos pensar que cada E A/V que se inicie, vá ela própria criar de propósito um modelo de selecção específico para o seu caso. É claro que quanto maior for essa exigência de agilidade da empresa virtual, menos se adequará um modelo de selecção rígido, ou se quisermos, pouco ágil. Assim sendo, a nossa abordagem ao processo de selecção passa por fazer interagir com a empresa virtual, um Broker, cuja capacidade funcional contemple a possibilidade de desencadear o processo de selecção do sistema de recursos para uma qualquer EA/V. A justificação por esta nossa opção, da introdução do Broker no processo de selecção, passa pelas razões já apontadas no capítulo 4, e que de uma forma resumida, conforme pretendemos demonstrar, pensamos que se traduzam numa forma mais eficaz e eficiente de realizar a selecção do sistema de recursos face ao processo convencional.

Contudo, a opção de introdução do Broker nos processos de uma qualquer E A/V caberá sempre à própria decidir dessa necessidade ou não. Referente ao nosso modelo de E A/V, designado por BM_VEARM (Putnik, G., 2000a, 2000b), está contemplada essa inter-actuação para vários processos, incluindo no processo da selecção do sistema de recursos.

Através, quer da figura 5.5 quer da figura 5.6, mostramos globalmente o processo de selecção que pretendemos propor neste trabalho, e que passa agora pela a introdução do Broker.

**Figura 5.5** - Uma especificação do processo de selecção proposto.

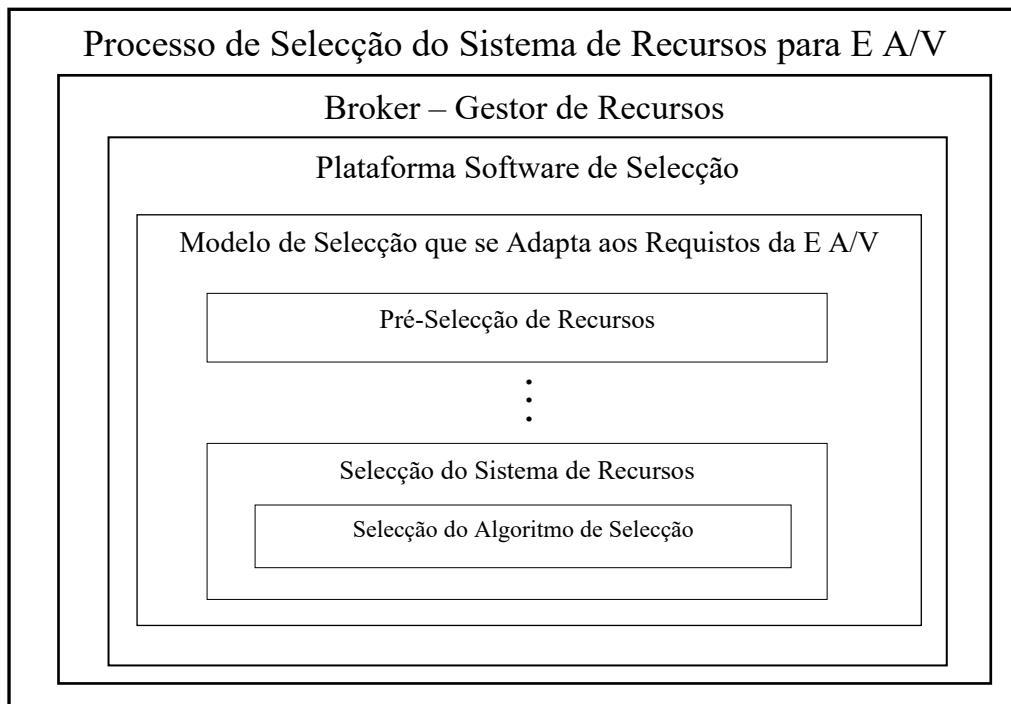


Figura 5.6 - Um enquadramento global do processo de selecção proposto.

À primeira vista parece que o processo de selecção proposto, e que até aqui é só a ilustração global desse processo, não difere substancialmente quer dos processos convencionais de selecção, quer pela introdução do Broker nesse processo que, de facto, também já é preconizada a sua necessidade por alguns modelos de E A/Vs. Contudo, será novo o modelo de Broker que propomos e a sua capacidade de desencadear um processo de selecção com vista às solicitações de qualquer E A/V, i.e., na verdade queremos propor um meta-processo de selecção, cuja implementação pode ser apoiada por uma plataforma software de selecção.

5.3 - MODELO DE ACTIVIDADES PROPOSTO PARA O PROCESSO DE SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

O modelo de actividades que aqui vamos propor, para o processo de selecção do sistema de recursos, é aplicável a qualquer estrutura de E A/V e é suficientemente flexível para comportar quaisquer ferramentas que possam ser utilizáveis em qualquer uma das suas fases, bem como ser gerido pela própria E A/V (para as actividades que tiver competências) ou por um Broker nomeado para o fazer. Na verdade constitui tese deste trabalho a validação quer do modelo de selecção quer da necessidade desse modelo ser gerido por um Broker para a maioria das instâncias do problema da selecção de recursos para o projecto de E A/Vs.

5.3.1 - INSERÇÃO DO MODELO DE SELECÇÃO NO CICLO DE VIDA DA BM_VEARM

O ciclo de vida duma E A/V é constituído por diferentes fases, mais ou menos detalhadas consoante os seus mentores.

Camarinha-Matos e Afarmanesh (Camarinha-Matos, L. & Afarmanesh, H., 1997; Camarinha-Matos, L. & Afarmanesh, H., 1999) propuseram como fases principais do ciclo de vida da Empresa Virtual: a criação, operação, modificação e dissolução, de acordo com a figura 5.7. Para estes autores é na fase da criação que estão contempladas as funcionalidades associadas à selecção dos recursos.

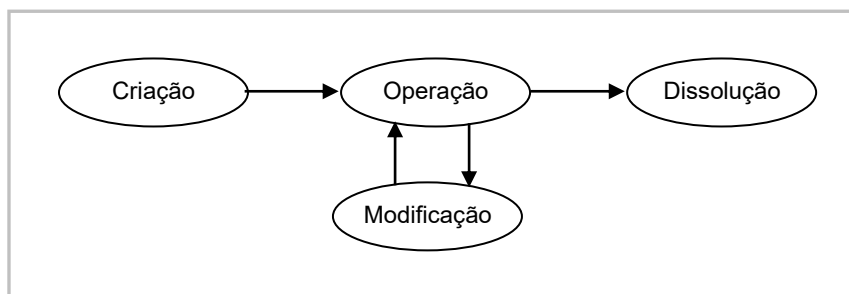


Figura 5.7 – Ciclo de vida da EV (Camarinha-Matos, L. & Afarmanesh, H., 1997).

Um ciclo de vida equivalente é proposto por (Faisst, W., 1997), constituído também por quatro fases: identificação de necessidades, a selecção de parceiros, operação, e a dissolução.

(Kanet, J. et al., 1999) propuseram a identificação, que inclui o reconhecimento da oportunidade de negócio, a formação, consistindo na selecção de recursos, o projecto, correspondendo à integração física e legal dos recursos, a operação, e a dissolução.

No nosso modelo de E A/V as fases do seu ciclo de vida estendido, comportam quatro fases conforme mostra a figura 5.8.

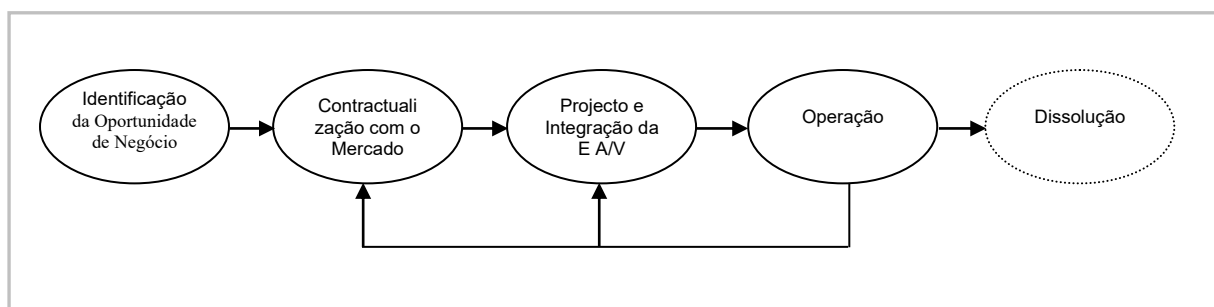


Figura 5.8 – Ciclo de Vida Estendido da BM_VEARM.

Depois da identificação da oportunidade de negócio, dá-se a contractualização com o mercado de recursos, onde pode encontrar suporte à sua criação. Depois dão-se as fases do projecto e integração, e posterior operação. Como durante a operação a E A/V pode reconfigurar-se ou pretender mudar de mercado, da operação para o projecto e integração, e para o mercado, existe uma seta a indicar essas possibilidades. Quanto à dissolução, que aparece com linha de pontos, consideramos que é um caso da reconfiguração, e por isso não é explicitamente uma fase do ciclo de vida da E A/V.

O processo de selecção do sistema de recursos é um dos processos necessários às duas dessas fases referidas do ciclo de vida da E A/V, nomeadamente à fase de *Projecto e Integração da E A/V* (processo A1), e à fase da *Operação da E A/V* (processo A2), cuja representação e inter – actuações entre ambas as fases está representada na figura 5.9. Quanto à primeira fase é perceptível a necessidade de seleccionar o sistema de recursos que integrarão a EA /V. Quanto à segunda, já no caso da E A/V se encontrar em operação, a necessidade da selecção advém aquando dum pedido de reconfiguração do sistema de recursos como consequência de resultados da operação não satisfatórios.

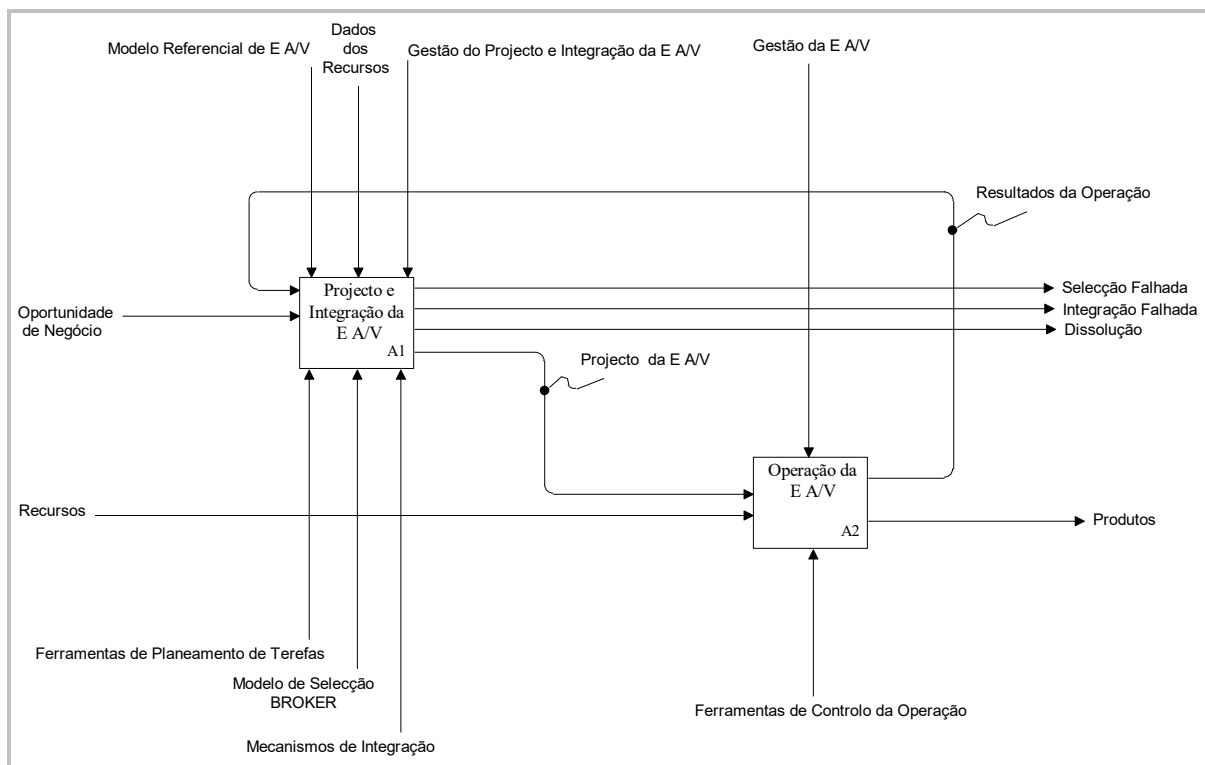


Figura 5.9 – Representação IDEF0 do processo global de projecto integração e operação da BM_VEARM.

O processo de projecto e integração da E A/V (processo A1) inicia-se com o processo de Planeamento de Tarefas (Processo A11, figura 5.10) aquando do aparecimento duma oportunidade de negócio. Este processo por sua vez planeia todo o tipo de tarefas necessárias ao projecto e integração da E A/V e os requisitos associados a essas tarefas, que constituirão entradas do processo de Selecção de Recursos (Processo A12) e posteriormente com o resultado deste, entradas no processo de Integração da E AV (Processo A13).

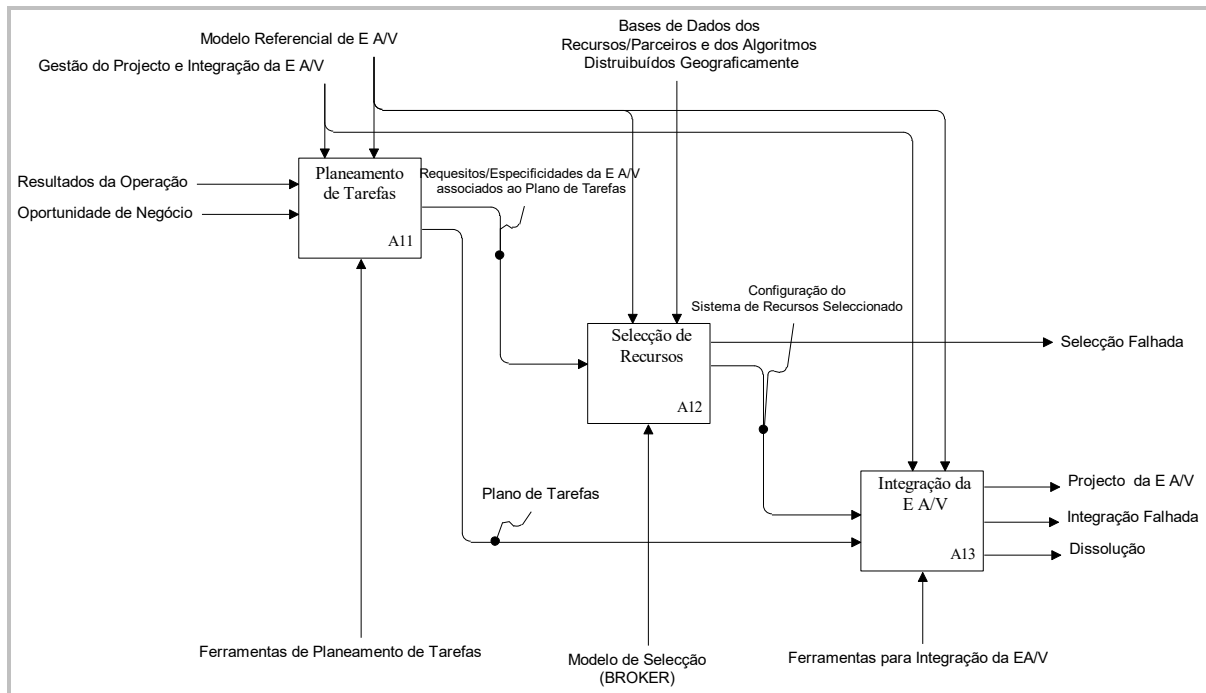


Figura 5.10 – Representação IDEF0 do processo A1 – Projecto e Integração da E A/V.

5.3.2 - PLANEAMENTO DE TAREFAS

O processo Planeamento de Tarefas por anteceder ao processo da Selecção de Recursos, é um processo que influencia a própria selecção. Desta forma vamos explicitar mais em pormenor o que este processo pode desenvolver para servir como entradas das fases seguintes. Ao processo Planeamento de Tarefas devem pertencer as seguintes funcionalidades:

- (1) Definição das especificações funcionais do produto;
- (2) Projecto e modelação;
- (3) Planeamento inicial do processo;
- (4) Planeamento e programação da Produção;
- (5) Definição do plano de tarefas;
- (6) Definição de requisitos complementares para cada tarefa;
- (7) Definição dos requisitos de selecção.

Destas funcionalidades, ou da combinação entre elas desde que entre a (1) (definição das especificações funcionais do produto), a (5) (definição do plano de tarefas) e a (6) (definição dos parâmetros de selecção), saem os requisitos/especificidades da E A/V associadas ao plano de tarefas. O que estamos a dizer é que no mínimo, para que se desencadeie o processo de selecção (processo

A12) são necessários definir esses três pontos, contudo, para o processo de Integração (processo A13) e para o processo de operação da E A/V a informação das restantes funções é necessária tal como para qualquer outro modelo de sistema de produção.

5.3.3 - SELECÇÃO DE RECURSOS

O modelo de selecção de recursos que aqui propomos decompõe-se em duas grandes fases (ver figura 5.11): (1) pré selecção de recursos (Processo A21), e selecção do sistema de recursos (Processo A22). A eficiência e eficácia com que estas duas fases se processam são críticas para o projecto e reconfiguração da E A/V. Contudo, a eficiência do segundo processo é influenciado pelos resultados do primeiro, nomeadamente pela qualidade dos recursos pré-seleccionados e pelo número (dimensão), de recursos pré –seleccionados por tarefa. Este último, tal como já vimos no sub-capítulo 3.2.4, afecta a complexidade da selecção do sistema de recursos, que é exponencial se o método de selecção for dependente ou integral¹.

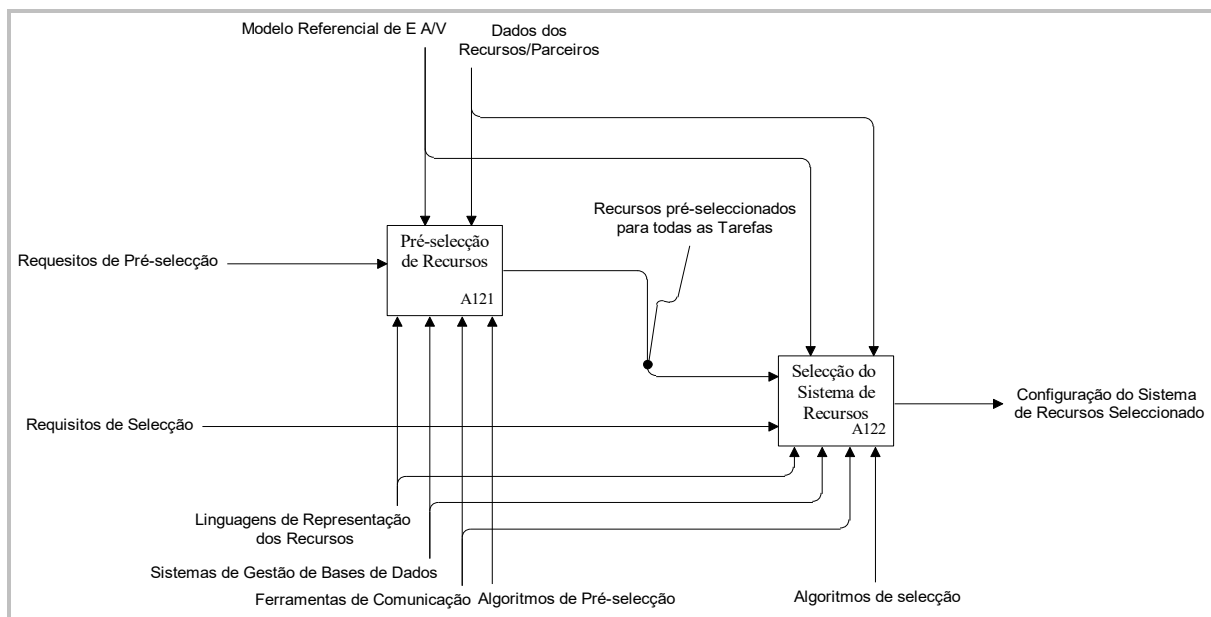


Figura 5.11 – Representação IDEF0 do processo A12 – Selecção de Recursos.

Para que cada um destes processos se desencadeie com elevado desempenho, contribuindo para a agilidade pretendida para a E AV deve haver uma “filosofia” de suporte à construção do modelo. Entendemos que essa “filosofia” assenta em dois pontos essencialmente. O primeiro ponto tem a ver

¹ Modelo de Selecção Dependente ou Integral – é o modelo de selecção que define o sistema de recursos para a E A/V em função do seu desempenho para a execução do plano de tarefas considerando parâmetros que reflectem a distributividade dos recursos (e.g., tempo e custo de transporte).

com a identificação adequada dos processos necessários ao seu processamento e o seu correcto posicionamento temporal. O segundo ponto tem a ver com a utilização dos meios mais eficazes e eficientes para a execução dos processos. Há um paralelismo entre as nossas preocupações na construção do modelo com a técnica “SMED”¹ e com a filosofia de engenharia concorrente. Isto é, por um lado há processos que podem ser entendidos como os set-ups da pré-selecção e da selecção do sistema de recursos, e como tal podem-se desencadear mais cedo ou em paralelo com outros processos, por outro lado existem preocupações de que os meios a utilizar nos processos sejam os mais adequados, o que na técnica SMED significa preocupações de utilização de mecanismos de set ups mais ou menos complexos consoante a fase da implementação da mesma mas mais eficientes.

5.3.3.1 - Pré-selecção de Recursos

O processo da pré-selecção de recursos, decomposto na figura 5.12, tem duas fases principais, a procura de recursos (Processo A1211) e a identificação dos recursos pré-seleccionados (Processos A1212, A1213 e A1214).

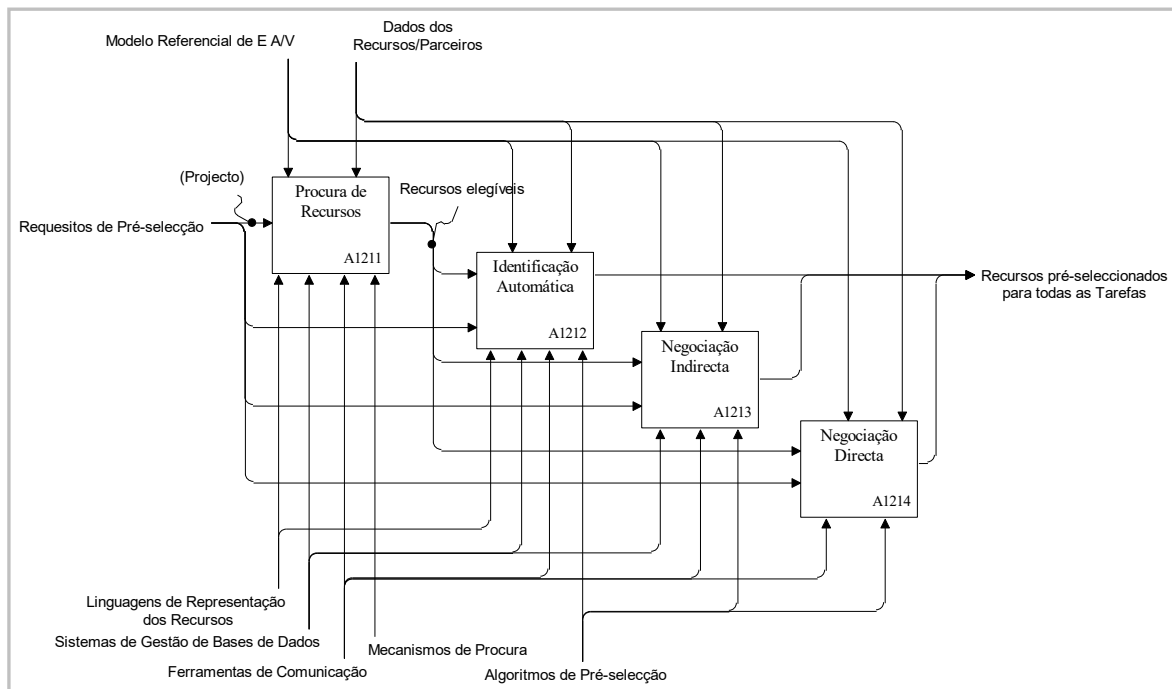


Figura 5.12 – Representação IDEF0 do processo A121 – Pré-selecção de Recursos.

¹ Acrónimo de “Single Minute Exchange of Die”.

Processo A1211 – Procura de Recursos

A procura de recursos tem por objectivo a identificação de recursos que possam vir a satisfazer os requisitos da pré-selecção, na verdade trata-se duma fase introdutória à pré-selecção propriamente dita. Esta procura pode ser efectuada com uma malha mais ou menos apertada tendo em vista os requisitos da pré-selecção, mas no mínimo deve procurar recursos que forneçam tarefas associadas ao projecto do produto. Em termos temporais a procura de recursos pode começar à medida que avança o processo de planeamento de tarefas (Processo A11), e funcionar quase paralelamente. Se assim for pode haver ganhos de tempo na procura. Do ponto de vista da selecção com o Broker, porque é desta que estamos a falar, esta procura deve começar pelas suas bases de dados distribuídas ou não, mas com vantagens se estiverem organizadas na forma de Mercado de Recursos. (Cunha, M., 2003) explicita ao pormenor o projecto e operação dum mercado de recursos integrado no nosso modelo de empresa virtual, a BM_VEARM, e valida a sua aplicação e importância neste contexto.

O conjunto de recursos elegíveis são os recursos potencialmente interessados na sua participação na execução de tarefas da E A/V, e com estes recursos se procederá à fase da identificação dos recursos pré-seleccionados. Para desencadear esta fase apontam-se três processos (identificação automática, negociação indirecta, e negociação directa), capazes de a processar, que poderão ser ou não todos necessários conforme a complexidade da tarefa, ou complementares uns dos outros, nomeadamente a negociação directa após a indirecta.

Processo A1212 – Identificação Automática

A identificação automática consiste em visitar os recursos ilegíveis do processo anterior, ou porque não em simultâneo com o processo de procura de recursos, e proceder em tempo real à comparação dos requisitos de pré-selecção da E A/V com os parâmetros de pré-selecção (termo introduzido no cap. 3), dos recursos e pré-seleccionar os recursos cujos parâmetros satisfaçam os requisitos. Numa frase curta digamos que este processo tem analogias com a designação “compra por catálogo”.

Este processo, que é de todos o mais rápido, obriga a que os parâmetros de pré-selecção dos recursos estejam disponíveis e actualizados sobre um determinado suporte (informático ou outro) e “alinhados” com os requisitos de pré-selecção para que se possa efectuar a comparação. Por este facto, este processo só tem probabilidade de ocorrer se os recursos estiverem organizados num mercado de recursos alinhado com o produto da E A/V e/ou os requisitos de pré-selecção, em virtude da tarefa em questão ser pouco complexa, serem de âmbito geral ou não carecerem de grande especificação.

Processo A1213 – Negociação indirecta

Este processo caracteriza-se por duas etapas. Numa primeira etapa o Broker dá a conhecer as tarefas e seus requisitos de pré-selecção aos recursos elegíveis, i. e., faz a oferta das tarefas, e posteriormente os recursos interessados fazem as suas propostas para cada tarefa. Numa segunda fase as propostas dos recursos são revistas e aceites se se enquadrarem dentro dos requisitos da oferta. A gestão das propostas vindas dos recursos pode também ser gerida sob a forma de leilão aberto¹ ou selado². (Bichler, M. et al., 1998a, 1998b), referem no seu trabalho vários tipos de leilão aberto e selado, apontando ainda os parâmetros que os caracterizam, tais como as regras do leilão, como são encontrados os vencedores e as melhores estratégias para os recursos competidores.

Este processo é mais lento que o anterior mas pode ser necessário caso a identificação automática não seja possível. Dentro da fase da identificação dos recursos pré-seleccionados e no contexto das E A/Vs este processo é o mais utilizado para proceder à pré-selecção dos recursos. Por um lado porque é flexível, i.e., ajusta-se facilmente aos diferentes requisitos de cada E A/V, e por outro, não carece de tanta gestão nem de volume de informação dos recursos como no caso da identificação automática.

Pelo facto deste tipo de negociação não colocar frente a frente Broker e recursos, mas sim requisitos e propostas, é designado por nós por negociação indirecta, mas que na verdade pode desencadear-se sem haver lugar à negociação propriamente dita.

Processo A1214 – Negociação directa

A identificação de recursos pré-seleccionados através da negociação directa pressupõe a necessidade do Broker negociar directamente com os recursos elegíveis as suas propostas face aos requisitos de pré-selecção. O sucesso deste tipo de negociação depende da agilidade e competências do próprio Broker. É de todos o processo mais moroso, mas aquele que inspira mais confiança na participação dos recursos se for bem conduzido. Este processo pode ser executado independentemente dos restantes, mas é seguramente um processo que pode servir como complemento dos dois anteriores. Se por ventura não forem identificados recursos para determinadas tarefas, ou se as propostas que cheguem não forem as mais satisfatórias, este processo constitui sempre o último recurso à pré-selecção. Diríamos mesmo que se a pré-selecção falhar com o recurso à negociação directa, então o projecto da E A/V está comprometido.

(Cunha, M., 2003) aponta alguns factores que influenciam a escolha do método de negociação mais adequado, tais como:

- O valor da transacção (V), que corresponde à quantidade de dinheiro envolvido;

¹ No leilão aberto os recursos competidores têm acesso a alguma informação das propostas uns dos outros, tal como o preço e número total de propostas.

² No leilão selado os recursos competidores não têm acesso às propostas uns dos outros.

- A complexidade ou especificidade da tarefa (C);
- O preço (P) que a E A/V está predisposta a pagar ao Broker para efectuar o processo de selecção;
- O tempo disponível (T) para o processo de selecção e consequentemente para a identificação de recursos de pré-seleccionados;
- O domínio de negociação esperado (D), que no caso da negociação directa pode ser intolerável se o número de recursos ilegíveis for elevado (a não ser que o tempo disponível não seja uma restrição).

A relação entre os factores apontados e os processos de identificação dos recursos pré-seleccionados, está apresentada na tabela 5.1.

Tabela 5.1 – Adequação dos métodos de identificação dos recursos pré-seleccionados em função dos parâmetros de negociação (Cunha, M., 2003).

Métodos de Negociação	V	C	P	T	D
Identificação Automática	B/M	B	B	B	E/M
Negociação Indirecta	B/M	B/M	B/M	M/E	M
Negociação Directa	E	E	M/E	H	B

Legenda: B (baixo), M (médio), E (elevado).

5.3.3.2 - Selecção do Sistema de Recursos

Na selecção do sistema de recursos consideramos três processos (ver figura 5.13), a avaliação do espaço de soluções (processo A1221), selecção e integração do(s) algoritmo(s) de selecção (processo A1222), e a selecção final do sistema de recursos (processo A1223).

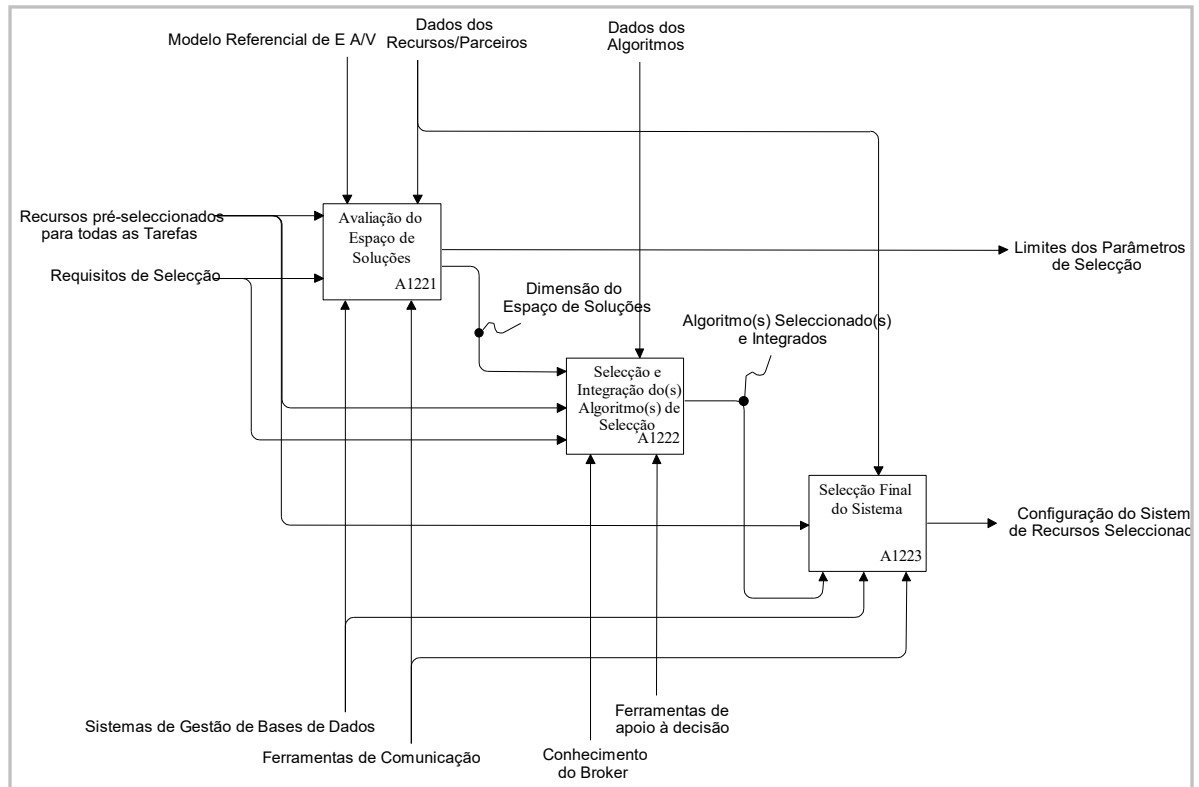


Figura 5.13 – Representação IDEF0 do processo A122 – Selecção do Sistema de Recursos.

Processo A1221 - Avaliação do Espaço de Soluções

Este processo, o primeiro da selecção do sistema de recursos, recebe dois inputs principais, um deles directamente da E A/V e que são os requisitos de selecção, e o outro da última fase da pré-selecção e que são os recursos pré-seleccionados por tarefa. Esta fase tem dois objectivos principais.

O primeiro, relacionado com os limites dos parâmetros de selecção, é a quantificação dos limites do desempenho dos sistemas de recursos para os quais esses sistemas podem tender, e podem ser calculados considerando a selecção independente¹ (é o limite da selecção fraccionada (Ávila, P., Putnik G. & Cunha, M., 2000) para o sistema de recursos). Estes limites podem funcionar como uma medida grosseira do possível desempenho do sistema de recursos (o melhor que se pode conseguir), e funcionar por um lado como um critério de decisão da viabilidade do projecto em curso da E A/V ou posteriormente para comparar o sistema de recursos seleccionados na fase final. Ao funcionar como limite do desempenho do sistema de recursos, é a primeira medida do desempenho que o projecto da

¹ Selecção Independente – é o tipo de selecção em que cada recurso é seleccionado para cada tarefa sem se considerar a sua afectação nos restantes recursos pertencente ao sistema de recursos (e.g., não considerando tempo e custo de transporte).

E A/V tem ao seu dispor, para fazer ou não avançar o projecto ou proceder a novo ciclo de pré-selecção com a entrada de novos recursos. Vários autores falam em medidas do desempenho das E A/Vs mas na sua fase de operação, mas antecipadamente este desempenho deve e pode ser quantificado primeiramente (mesmo que de forma grosseira).

O segundo objectivo, mas não menos importante que o primeiro, está relacionado com a determinação da dimensão do espaço de soluções, cujos resultados são importantes para analisar a complexidade do problema da selecção e constituir uma das medidas que afectarão a selecção dos algoritmos no próximo processo (processo A1222). Na realidade o processo de avaliação do espaço de soluções é um processo que permite aos dois intervenientes (Broker e E A/V), avaliar o quão complexo e/ou exequível o projecto pode ser.

Processo A1222 – Selecção e Integração dos Algoritmos de Selecção

Neste processo o seleccionador projecta e/ou prepara o modelo de selecção que vai ser aplicado nesta fase, a da selecção do sistema de recursos. Mas para se desempenhar o processo da selecção final do sistema de forma eficiente e eficaz, uma vez que a selecção do sistema de recursos é um problema combinatorio que pode ser multi-critério (depende da especificação do problema), é necessário seleccionar o(s) algoritmo(s) de selecção mais adequado(s) para cada plano de tarefas e seus requisitos associados. Nós falamos no plural porque um único algoritmo poderá não ser suficiente para satisfazer os requisitos da selecção. Pode ser necessário e aplicado mais do que um algoritmo se considerarmos a selecção fraccionada, ou for necessário aplicar diferentes algoritmos para cada requisito de selecção, ou for necessário considerar compatibilidade de tempos.

Para além da selecção do(s) algoritmo(s) falamos da sua integração, que no nosso contexto, tem dois sinónimos. Primeiro, pode significar a adaptação do algoritmo de selecção ao problema em causa, i.e., por exemplo formatá-lo para receber os inputs no formato desejado. Segundo, pode mesmo significar no caso de serem necessários vários algoritmos, a integração dos outputs de uns em inputs de outros, que poderá ser automatizada ou manualmente.

Para ajudar na selecção do algoritmo de selecção, em (Ávila, P., Putnick, G. & Cunha, M., 2003), criámos uma base de alguns algoritmos existentes na literatura, que podem ser úteis e usados pelo seleccionador (se tiver acesso a eles), e contribuir como ferramenta de decisão no seu processo de escolha. Veremos no capítulo seguinte, referente às ferramentas de apoio ao modelo de actividades que propomos, esses algoritmos e sua classificação de acordo com parâmetros de validação inseridos em três classes de critérios de validação.

Processo A1223 – Selecção Final do Sistema

Este processo corresponde a fazer correr os algoritmos na procura do sistema de recursos desejado. É importante nesta fase fazer o controlo do processo de acordo com o tempo disponível e com a comparação dos limites dos parâmetros de selecção determinados no processo A1221.

5.4 - FERRAMENTAS E TÉCNICAS DE APOIO AO MODELO DE ACTIVIDADES PROPOSTO PARA O PROCESSO DE SELECÇÃO DO SISTEMA DE RECURSOS

No sub-capítulo 5.3 apresentámos o modelo de actividades que propomos para efectuar a selecção do sistema de recursos para uma E A/V, e descrevemos os seus processos e suas interligações. Contudo, deixámos para agora a apresentação mais detalhada de ferramentas e de técnicas que podem apoiar o modelo proposto em cada uma das suas actividades. Segundo (Camarinha-Matos, L. et al., 2000) um dos focos principais da investigação nos nossos dias, no âmbito das Empresas Virtuais tem sido o desenvolvimento de ferramentas que suportam as actividades do Broker ou de outro seleccionador.

5.4.1 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO PROCURA DE RECURSOS

A procura de recursos pode recorrer a diferentes ferramentas desde as mais tradicionais, como a consulta de páginas amarelas ou recorrendo ao conhecimento do próprio seleccionador sobre recursos que possam satisfazer os requisitos. Com o aumento da importância das tecnologias de informação associadas principalmente à internet, outras ferramentas aparecem a poder contribuir nessa procura, tais como as do tipo:

- Directorias WWW (e.g. Yahoo¹, Sapo²);
- Motores de Busca (e.g., Google³);
- OFFER – “A Broker-centered Object Framework” (Bichler M., et al., 1998);
- Mercados Electrónicos (e.g., Asian Sources⁴, Tradecom.pt⁵; Covisint⁶; Metalsite⁷ ForumB2B.com⁸);
- Mercado de Recursos (modelo projectado em (Cunha, M., 2003)).

¹ <http://www.yahoo.com>

² <http://www.sapo.pt>

³ <http://google.com>

⁴ <http://www.asia.globalsources.com>

⁵ <http://www.tradecom.pt>

⁶ <http://www.covisint.com>

⁷ <http://www.metalsite.com>

⁸ forumB2B.com

Os dois primeiros tipos de ferramentas, as directorias e os motores de busca, são ferramentas pouco estruturadas para proceder à procura de recursos, i.e., os filtros de procura são reduzidos e por conseguinte a dimensão dos resultados da procura por esses mecanismos são elevados e muito variados, obrigando a uma consulta cuidada dos resultados obtidos por parte do seleccionador.

Inserido no projecto OFFER foi desenvolvida um protótipo de um “Broker” electrónico para auxiliar compradores e fornecedores no seu relacionamento comercial. A ferramenta disponibiliza duas funcionalidades. Primeiro, auxilia a procura de fornecedores através da pesquisa em catálogos electrónicos remotos; segundo, disponibiliza serviços de leilão electrónico.

Os mercados electrónicos são ferramentas software construídas sobre plataformas B2B (“Business to Business”), (e.g.: Ariba, Broadvision, Commerce One, I2, MS Commerce e Oracle Exchange), utilizando tecnologias e padrões de ebusiness (e.g., EDI, JAVA, XML, ebXML, RosetaNet, BizTalk, UDDI), concebidas para apoiar o comércio electrónico através da disponibilização de várias funcionalidades que facilitam o relacionamento comercial entre os parceiros de negócio (compradores e vendedores), e que a ambos pode trazer benefícios no seu desempenho. Apesar da forte euforia inicial em 1998 com o seu aparecimento, os mercados electrónicos viram o seu número decrescer em 2001 (talvez devido ao forte entusiasmo inicial que não correspondeu, de todo, às expectativas). Contudo, cresceram em número nos últimos anos e melhoraram as suas funcionalidades devido ao emprego de modelos de negócio mais consolidados e de novas tecnologias (Silva, J. et al., 2003). Das várias funcionalidades que no presente os mercados electrónicos disponibilizam destacam-se as seguintes:

- Informação de oportunidades de negócio;
- Informação de produtos e das directorias associadas a esses produtos;
- Facilidade nas transacções;
- Efectuar pedidos de encomenda e pagamentos;
- Suporte para negociação “online” através de lançamento de pedidos de propostas, leilões, ordens de compra e venda;
- Apoio e colaboração na gestão.

Os mercados electrónicos especialmente aqueles concebidos para as empresas, alguns deles mostrados na figura 5.14, podem servir como meio de procura de recursos (e também como de negociação indirecta), no processo de selecção de recursos para o projecto de E A/V.



Figura 5.14 – Home pages de mercados electrónicos.

Uma vez que os mercados electrónicos não foram concebidos para apoiar o projecto de E A/Vs, apesar de apresentarem características e funcionalidades diferentes uns dos outros, não cobrem a totalidade das funcionalidades desejáveis para o nosso modelo de selecção de recursos para o projecto de E A/V. Identificando esta deficiência funcional foi introduzida pelos autores em (Cunha, M., Putnik G. & Ávila P., 2000), e posteriormente desenvolvido e validado em (Cunha, M., 2003), o conceito e a proposta da criação do Mercado de Recursos, como sendo um mercado electrónico e virtual, mediador da oferta e da procura de recursos para dinamicamente integrarem a E A/V.

As funcionalidades do Mercado de Recursos, para o caso do processo de selecção, cobrem a totalidade das actividades da pré-selecção de recursos, e assim sendo, também é uma ferramenta a que o seleccionador poderá recorrer para desempenhar qualquer uma dessas actividades, incluindo a

procura de recursos. Os serviços prestados pelo Mercado de Recursos são suportados por (1) uma base de conhecimento dos recursos e dos resultados da integração dos recursos em anteriores E A/Vs, (2) uma representação normalizada da informação, (3) agentes inteligentes e algoritmos, um serviço de Broker, e (4) regulamentos (Cunha, M. et al., 2002). Na figura 5.15 são mostradas alguns protótipos das interfaces da página web e da base de dados associada que suportarão o funcionamento do mercados de recursos.

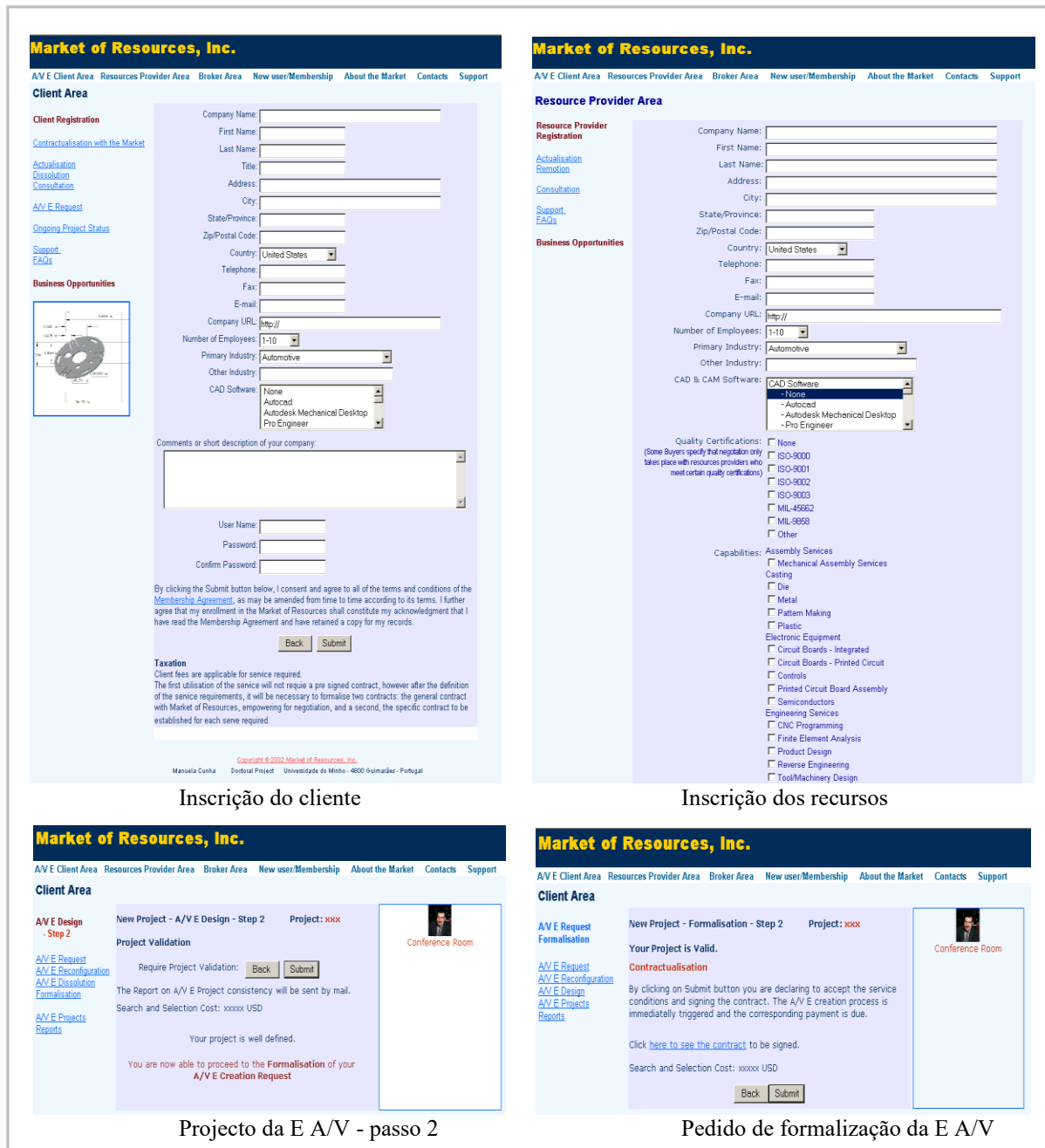


Figura 5.15 – Interfaces da página web do mercado de recursos (Cunha, M., 2003)

5.4.2 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE RECURSOS

Tal como já foi referido, aquando da descrição deste processo, para que se possa proceder à identificação automática, os dados dos recursos têm que estar “alinhados” com os parâmetros de pré-selecção e vice versa, para que se possa estabelecer em tempo real e sem recorrer a nenhum contacto directo com o recurso, a comparação dos requisitos com os dados dos recursos. Para que este processo se desencadeie é necessário que as ferramentas que se propõem efectué-lo possuam campos onde o seleccionador introduza os requisitos de pré-selecção e fazendo-as “correr” obtenha as designações dos recursos que satisfazem esses mesmos requisitos. As ferramentas que podem satisfazer este processo têm de estar associadas a sistemas de gestão de bases de dados distribuídos ou não, e serem geridas de forma a manter actualizadas essas mesmas bases de dados.

Actualmente nenhum dos mercados electrónicos satisfaz este processo de forma automática, tendo de ser feita a identificação dos recursos, se os dados dos mesmos disponibilizados no mercado o permitirem, através da participação do seleccionador, i.e., é ele quem decide se os dados dos recursos elegíveis da fase anterior (procura de recursos), satisfazem os requisitos da pré-selecção, e no caso de dúvida ou da necessidade de informação complementar poderá sempre recorrer ao processo de negociação directa. Contudo o projecto do mercado de recursos propõe o projecto da identificação automática no âmbito das suas funcionalidades. Apesar de não satisfazerem na integra as funcionalidades desejáveis para o nosso modelo de E A/V, outras ferramentas existem (não comercializáveis), com o propósito de permitir esse automatismo na identificação dos recursos, nomeadamente:

- Apoio à Selecção do Sistema de Máquinas Ferramentas para um Sistema de Produção Virtual / “One Product Integrated Manufacturing” (SPV/OPIM), (Ávila, P., 1998);
- “OOGT Search & Sort Module” (Minis, I. et al., 1996);
- OFFER – “A Broker-centered Object Framework” (Bichler, M. et al., 1998a);
- Ferramenta piloto desenvolvida por (Ratchev, S. et al., 2000)

A primeira ferramenta apontada acima permite efectuar essa identificação automática no pressuposto de algumas restrições, que contudo, poderá a mesma servir de base a outros desenvolvimentos da ferramenta para aplicações menos restritivas e mais ágeis. A ferramenta foi criada para apoiar o processo de selecção de sistema de máquinas ferramentas a integrar um SPV/OPIM. A sua implementação foi efectuada sobre uma base de dados local tendo essencialmente duas grandes funcionalidades, a pré-selecção de máquinas ferramentas associadas aos processos de maquinação, e a selecção do sistema de máquinas ferramentas que melhor desempenho apontava de acordo com os

parâmetros de selecção estabelecidos. Essas duas funcionalidades estão visivelmente indicadas na figura 5.16 que mostra duas das janelas de interface da ferramenta em causa.

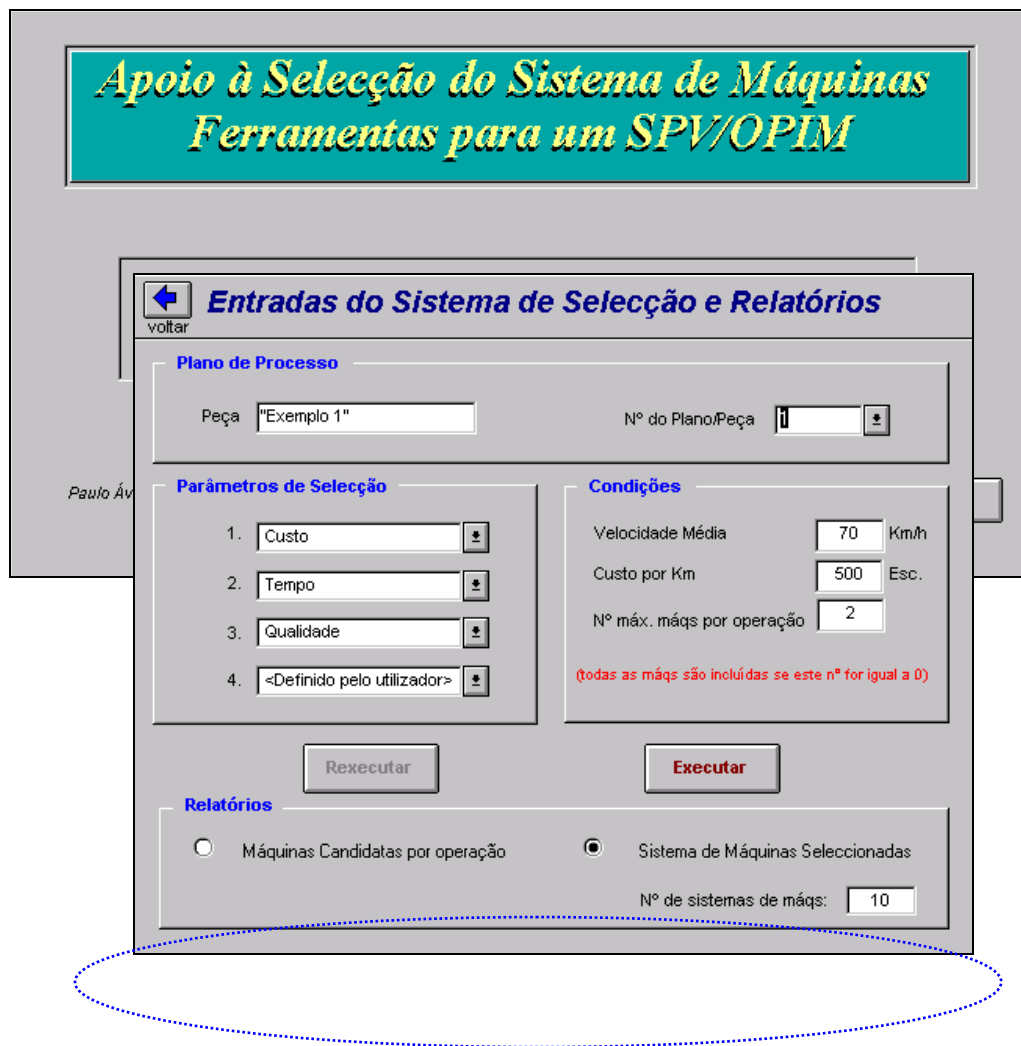


Figura 5.16 – Janelas de interface da ferramenta Apoio à Selecção do Sistema de Máquinas Ferramentas para um Sistema SPV/OPIM.

O princípio de funcionamento da ferramenta para a fase da pré-selecção, que se processa automaticamente, como já referimos, baseia-se a partir da introdução dum plano de processo de fabrico (ppi), com uma estrutura e composição análoga à da figura 5.17, por comparação com os parâmetros que descrevem as máquinas ferramentas da base de dados e cuja tabela 5.2 apresenta a sua síntese agrupados por diferentes classes.

Estabelecida essa comparação a ferramenta produz um relatório das máquinas que são capazes de executar cada uma das operações do plano de processo.

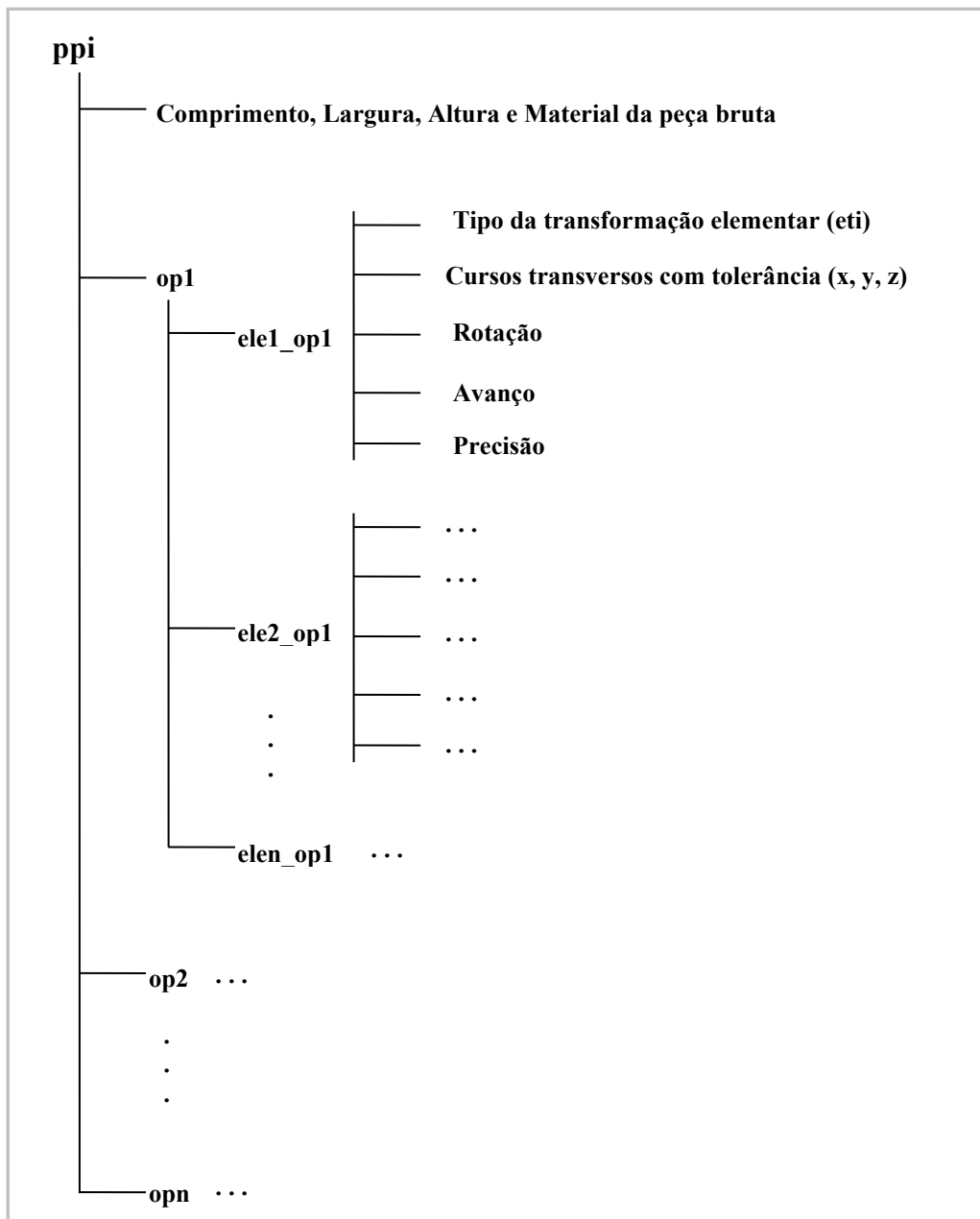


Figura 5.17 - Estrutura e composição do plano de processo que apoia o sistema de selecção do sistema de recursos de processamento para o SPV/OPIM.

Esta ferramenta suporta requisitos de pré-selecção principalmente associados ao processo de fabrico de maquinagem para efectuar a identificação automática dos recursos. Um dos parâmetros que é crítico para permitir o alinhamento dos requisitos com a capacidade dos recursos é a identificação normalizada da sua capacidade funcional. No nosso caso foi conseguido à custa da identificação das

transformações elementares (et^1), ou convencionalmente designados por processos, para cada um dos recursos, a partir duma matriz de transformações elementares previamente definida.

Tabela 5.2 - Síntese dos parâmetros das máquinas ferramentas.

CLASSES DE PARÂMETROS	PARÂMETROS	UNIDADES
DESIGNAÇÃO	<i>código</i>	
	<i>empresa</i>	
	<i>marca</i>	
	<i>referência</i>	
	<i>tipo</i>	
	<i>posição</i>	
	<i>custo</i>	(\$/h)
DISPONIBILIDADE DA MÁQUINA	{(data_i; data_f) ₁ ,..., (data_i; data_f) _n }	
CAPACIDADE FUNCIONAL	{(et1; tempo), (et2; tempo),..., (etn; tempo)}	
CAPACIDADE GEOMÉTRICA	<i>comprimento da mesa</i>	(mm)
	<i>largura da mesa</i>	(mm)
	<i>cursos transversos (x, y, z)</i>	(mm)
CAPACIDADE TECNOLÓGICA	<i>rot_min</i>	(rev/min)
	<i>rot_máx</i>	(rev/min)
	<i>n°_vel</i>	
	<i>potência</i>	(kw)
	<i>precisão</i>	(μ m)
	<i>avanço_min</i>	(mm/rot)
	<i>avanço_máx</i>	(mm/rot)
<i>n°_avanços</i>		
CAPACIDADE DINÂMICA	:	
SISTEMA DE FERRAMENTAS	<i>n°_spindles</i>	
	\emptyset _spindle	(mm)
	\emptyset _máx_broca	(mm)
	\emptyset _máx_fresa	(mm)
	<i>n°_mesas</i>	
	<i>n°_magazines</i>	
	<i>cap_magazine</i>	
SISTEMA DE CONTROLO	<i>tipo</i>	
	<i>n°_eixos_controlo</i>	
	<i>n°_eixos_interpolados</i>	
	<i>ling_programação</i>	
SISTEMA DE SEGURANÇA	:	

¹ et – “elementary transformation” – é a função ou processo de maquinagem, que transforma um dado padrão geométrico (em Inglês designa-se por “feature”), noutro padrão geométrico ou no mesmo padrão quando apenas houver alteração das dimensões.

Para aclararmos o conceito de transformação elementar a figura 5.18 mostra duas dessas transformações elementares por nós consideradas, que no caso se tratam do processo de alargamento dum furo (et1) e do escareamento dum furo (et2).

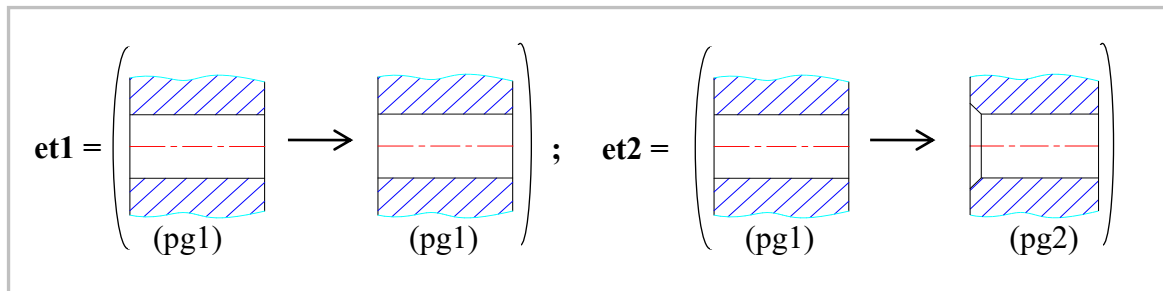


Figura 5.18 – Exemplos de transformações elementares.

A ferramenta “OOGT Search & Sort Module” que (Minis, I. et al., 1996) desenvolveram, permite também efectuar a identificação automática dos recursos com capacidade funcional de produzirem certas componentes mecânicas e electrónicas. O princípio do funcionamento desta ferramenta assenta na codificação do produto segundo o modelo de informação do produto “Object-Oriented Group Technology” (OOGT), alinhado com a informação dos recursos para que se possa proceder à identificação automática. O modelo OOGT é inspirado na codificação comercial MICLASS GT, que permite descrever os aspectos mecânicos do produto, incluindo a forma principal, dimensões, material e padrões geométricos, e no código desenvolvido em cooperação com a “Westinghouse Electronic Systems Group”, que descreve os atributos electrónicos, tais como a classificação eléctrica, componentes, hardware e dimensões eléctricas.

A ferramenta piloto desenvolvida por (Ratchev, S. et al., 2000) permite a identificação automática de recursos e foi desenvolvida sobre um ambiente distribuído multi-agente com a comunicação entre os agentes suportada por interface de bases de dados CORBA¹. Nesta ferramenta o alinhamento dos requisitos da pré-selecção, que neste caso são essencialmente requisitos associados ao projecto do produto, com os dados dos recursos, é conseguido através do reconhecimento de padrões geométricos representados sobre a linguagem MML² (baseada na linguagem XML³). Um exemplo da representação dum padrão geométrico utilizando MML é mostrado na figura 5.19.

¹ Acrónimo de “Common Object Request Broker Architecture”.

² Acrónimo de “Manufacturability Mark-up Language”.

³ Acrónimo de “eXtensible Mark-up Language”.

```

<padrao geometrico>
<id padrao geometrico="solido-ranhura">
  <tipo>"ranhura"</tipo>
  <dimensoes>
    <id parametro="solido-ranhura-x">
      <tipo>"largura"</tipo>
      <valor>"30"</valor>
      <tolerancia>"0,25"</tolerancia>
    </parametro>
    ...
  </dimensoes>
</padrao geometrico>

```

Figura 5.19 - Um exemplo da representação dum padrão geométrico utilizando MML (Ratchev, S. et al., 2000).

5.4.3 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO INDIRECTA

As ferramentas para o processo de negociação indirecta podem suportar as duas fases já referidas aquando da descrição do processo, a fase do lançamento da oferta das tarefas com os seus requisitos e a fase do tratamento posterior das propostas dos recursos que se candidataram a essas tarefas, ou apenas cada uma delas. Considerando separadamente cada uma das fases e em primeiro lugar a do lançamento da oferta das tarefas, as ferramentas que suportam serviço de e-mail podem ser utilizadas. Para o tratamento das propostas, podemos ter um sistema de gestão de base de dados preparado com um algoritmo que estabeleça a comparação dos requisitos da oferta das tarefas com os valores das propostas ou que efectue uma avaliação ponderada de cada proposta recebida. Contudo, há ferramentas que integram as duas fases, nomeadamente:

- Mercados electrónicos;
- OFFER – “A Broker-centered Object Framework” (Bichler, M. et al., 1998a);
- Ferramenta WeBid (Huang, G. & Mak, K., 2000)

Já anteriormente falámos dos mercados electrónicos e referimos as suas funcionalidades mais significativas, das quais se verifica, a possibilidade de se constituírem como ferramenta para desempenhar este processo. A possibilidade que os mercados electrónicos têm de gerir as propostas sob a forma de leilões e de serem ferramentas já implementadas no mercado pode catalisar o seu emprego para este processo da selecção do sistema de recursos que integram o projecto dum E A/V, não obstante que na maioria dos casos o acesso a esses mercados tem despesas associadas.

A ferramenta piloto WeBid possui dois dos seus módulos, o “bid explorer” e o “partnership explorer”, que em conjunto integram as duas funcionalidades necessárias ao processo de negociação indirecta. O primeiro módulo permite ao cliente lançar as suas ofertas de tarefas e requisitos associados, e ao fornecedor de recursos (ou simplesmente recursos) fornecer as suas capacidades, i.e., lançar as suas propostas. A metodologia de suporte à construção das ofertas de tarefas assenta num modelo hierárquico dos requisitos que é partilhado por ambos, cliente e fornecedor. O segundo módulo permite ao cliente avaliar e pré-seleccionar os potenciais recursos baseando-se nas suas capacidades definidas nas propostas.

5.4.4 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO DE NEGOCIAÇÃO DIRECTA

Por serem ferramentas ou técnicas associadas ao “Marketing” e/ou sociologia não as abordaremos no nosso trabalho. Contudo, pensamos que o conhecimento de negociação do Broker é fundamental se precisar de recorrer à negociação directa.

5.4.5 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO DE AVALIAÇÃO DO ESPAÇO DE SOLUÇÕES

Tal como já referimos, o processo de avaliação do espaço de soluções permite aos dois intervenientes (Broker e E A/V), avaliar o quão complexo e/ou exequível pode ser o projecto. A ferramenta principal deste processo deverá ser um algoritmo que exprima o limites dos parâmetros de selecção para os quais os sistemas de recursos podem tender.

Como esta actividade nunca foi abordada directamente por nenhum dos modelos de selecção por nós revistos na literatura, não temos conhecimento de nenhuma ferramenta que a explicita directamente. No entanto, pode ser desencadeada parcialmente por um algoritmo aplicável à selecção independente, e neste sentido, a ferramenta WeBid de (Huang, G. & Mak, K., 2000) é capaz de processar este processo.

A selecção independente, assim como a selecção integral são extremos opostos da selecção fraccionada e as ferramentas (algoritmos) que sejam aplicados à selecção integral poderão ser ajustados à selecção independente. Contudo os autores que focam o segundo caso, dão mais importância ao tratamento da complexidade do problema, que é exponencial, do que propriamente na quantificação multi-critério do desempenho de cada recurso individualmente (caso particular do processo da selecção).

Em virtude de não existir directamente uma ferramenta para executar o processo, apresentamos abaixo a formulação do algoritmo em pseudo código para servir de base à implementação da ferramenta. O algoritmo segue a mesma nomenclatura das suas variáveis da que foi seguida no capítulo 3.2.

Sendo conhecidos:

$PTP = \{TP_1, TP_2, \dots, TP_n\}$ - conjunto de tarefas pertencentes ao PTP ;

$F(Rs)$ – função objectivo do conjunto de requisitos de selecção;

Drp_ps_i – conjunto de recursos pré-seleccionados para a execução da tarefa TP_i ;

$Ps(rp_{ij})$ – conjunto de parâmetros da selecção do recurso j , que se candidata à selecção da tarefa TP_i ;

$Lim(F)$ – limite máximo da função objectivo.

Início

Para $i = 1$ até n faz

 Para todo o Drp_ps_i faz

 Determinar $F(Ps(rp_{ij}))$

 Seleccionar $F(Ps(rp_{ij}))$ máx (ou mín)

$Lim(F) := Lim(F) + F(Ps(rp_{ij}))$

fim

5.4.6 - FERRAMENTAS PARA O PROCESSO DE SELECÇÃO E INTEGRAÇÃO DO(S) ALGORITMO(S) DE SELECÇÃO

Duas razões já foram apontadas para a necessidade de se efectuar a selecção do(s) algoritmo(s). Uma das razões prende-se com a capacidade dos algoritmos satisfazerem as especificações do problema, i.e., trata-se da eficácia do algoritmo. A outra relaciona-se com a complexidade do problema da selecção, que é função da *dimensão do espaço de soluções*, dos *métodos de selecção*, e dos *algoritmos de selecção de sistemas de recursos* a aplicar (eventualmente a desenvolver). Neste caso, a selecção do algoritmo mais eficiente para efectuar a selecção do sistema de recursos pode contribuir para um melhor desempenho do processo de selecção.

Não obstante essa necessidade, na bibliografia que consultámos, não encontramos nenhuma referência a ferramentas que desempenhem a selecção do(s) algoritmo(s) de selecção no âmbito das E A/Vs, à semelhança do que acontece para o projecto de estruturas de sistemas de fabrico em células, como, e.g., o trabalho de identificação de algoritmos desenvolvido por (Plasencia, C., 2000). Em consequência disso, pretendemos contribuir com uma plataforma de alguns algoritmos de selecção de recursos aplicados na integração de E A/Vs e sua possível classificação de acordo com três classes de

critérios de validação, para que possam ser mais facilmente identificados pelo Broker e contribuir assim também para o seu desempenho.

5.4.6.1 - Critérios de Validação dos Algoritmos de Selecção

Para promover o processo da selecção dos algoritmos de selecção precisamos de classificar os algoritmos de acordo com alguns critérios designados por critérios de validação para a selecção de algoritmos (Plasencia, C., 2000). Estes critérios, evidenciados na tabela 5.3, são os principais para o nosso problema em causa e serão utilizados pelo Broker como variáveis de decisão para cada caso do processo de selecção do melhor algoritmo de entre os algoritmos de que ele pode dispôr¹.

Segundo (Plasencia, C., 2000), os critérios de validação dos algoritmos podem-se dividir em três tipos:

Def. 6.1 – critérios de validação dos algoritmos – *critérios que são usados para validar o desempenho dos algoritmos.*

Por exemplo: o número de iterações na execução do algoritmo, tempo de resolução da unidade de processamento do computador (CPU²). Estes critérios são na realidade, medidas da complexidade temporal do algoritmo (“time complexity”).

Def. 6.2 – critérios de validação das entradas – *são os inputs necessários para a computação dos algoritmos, nomeadamente os requisitos da E A/V e os dados dos recursos.*

Por exemplo (requisitos da E A/V): plano de tarefas e as datas de início, conclusão das tarefas.

Por exemplo (dados dos recursos): custo por tarefa, tempo de produção por tarefa.

Def. 6.3 – critérios de validação das soluções – *são os critérios que são usados para validar as soluções obtidas pelo algoritmo.*

Por exemplo: o custo total de produção, o tempo total de produção.

¹ O Broker pode não ter acesso directo aos algoritmos que pretende usar, mas pode desenvolver parcerias com os autores desses algoritmos.

² Acrónimo de “Computer Processing Unity”.

Tabela 5.3 – Critérios de validação dos algoritmos de selecção de recursos para o projecto dum E A/V (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2003a).

CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DOS ALGORITMOS DE SELECÇÃO	- VALIDAÇÃO DOS ALGORITMOS	<ul style="list-style-type: none"> - Tipo ou classe representacional - Complexidade temporal - Complexidade espacial - Tempo de Resolução do CPU
	- VALIDAÇÃO DAS ENTRADAS	<ul style="list-style-type: none"> - Data de início mais cedo da tarefa por recurso - Tempo de produção da tarefa por recurso - Custo de produção da tarefa por recurso - Capacidade produtiva por recurso - Data de início mais cedo do transporte - Tempo de transporte entre duas tarefas consecutivas - Custo de transporte entre duas tarefas consecutivas - Qualidade total do recurso
	- VALIDAÇÃO DAS SOLUÇÕES	<ul style="list-style-type: none"> - Número total de empresas/entidades participantes - Tempo total de produção por sistema de recursos - Disponibilidade para o mercado - Custo total de produção por sistema de recursos

Critérios de Validação dos Algoritmos

Tipo, ou classe representacional do algoritmo.

Diferentes tipos de algoritmos estão disponíveis para a solução do problema, e.g., programação inteira e linear, “simulated annealing”, “tabu search”, etc. O tipo de algoritmo refere-se, de facto, à classe de representação utilizada pelo algoritmo. A escolha da classe de representação do algoritmo é um ponto importante na medida que uma determinada classe de representação pode ser mais adequada para o problema em causa, do que outra, e determina se o algoritmo é de solução exacta ou não. A classe de representação é uma linguagem específica (formal, matemática) para a especificação do problema e do processo (algoritmo).

Complexidade temporal.

É o número de iterações necessárias para o algoritmo obter a solução. Este número depende da dimensão da instância do problema, ou tamanho, e pode ser expresso em função dessa dimensão.

Normalmente, é importante considerar a maior ordem da razão de crescimento do maior termo. Diz-se então, por exemplo, que um algoritmo é de ordem n^2 e indica-se $O(n^2)$ (Valério de Carvalho, 1996).

Complexidade espacial.

É a quantidade de memória necessária, em função da dimensão do problema, para se processar o algoritmo.

Tempo de resolução do CPU.

É o tempo despendido pela unidade de processamento central do computador para obter a solução.

Os dois critérios acima, i.e., o tempo de resolução do CPU e a complexidade espacial, consideram na realidade, as necessidades dos recursos computacionais para processar o algoritmo.

Critérios de Validação das Entradas

Da definição dada anteriormente aos critérios de validação das entradas, vimos que se podem decompor em dois tipos: (1) os requisitos da E A/V, e (2) os dados dos recursos (calculada pelo algoritmo através de dados referentes ao recurso, ou fornecida directamente pelos mesmos). Contudo, para executar uma selecção que satisfaça os requisitos, precisamos de conhecer os dados dos recursos que lhe estão relacionados e que ao processá-los possibilitem tomar alguma decisão. Desta forma, vamos considerar apenas como critérios de entrada os dados dos recursos, sendo certo que essa informação depende directamente dos requisitos de cada E A/V e de cada modelo ou instância do problema. Uma vez que esses dados já foram explicados no capítulo 3.2, limitamo-nos a apresentá-los na tabela 5.3

Critérios de Validação das Soluções

Como se depreende da definição, estes critérios estão intimamente relacionados com os parâmetros de selecção de que já falámos no capítulo 3.2. Esses mesmos parâmetros foram considerados como critérios de validação das soluções conforme se constata da tabela 5.3

5.4.6.2 - Revisão e Classificação dos Algoritmos de Selecção de Recursos para E A/Vs (Aplicados e Aplicáveis)

Se falamos em escolha de algoritmos é porque já existem algoritmos aplicados à selecção de um sistema de recursos que apoia a integração da E A/V. Contudo são ainda poucos face ao espectro da investigação na área das E A/Vs e face aos algoritmos de selecção de recursos existentes, aplicados a

vários problemas dos sistemas de produção do tipo convencional, nomeadamente a problemas da selecção do processo de fabrico, escolha da localização das empresas (“facility location”), planeamento e programação de projectos com restrições associadas aos recursos, implantação dinâmica de recursos, e mais recentemente a problemas relacionados com a optimização da cadeia de logística do ciclo de produção.

Da consulta bibliográfica efectuada são vários os artigos que referem e abordam o problema da selecção de recursos para as E A/Vs, contudo, ficam-se na sua maioria por considerações referentes à fase da pré-selecção. Contudo, quanto aos algoritmos de selecção de recursos aplicados às E A/Vs, considerando o problema da análise combinatória da selecção dos recursos, os casos que encontrámos, e que abaixo apresentamos, são ainda escassos.

Em (Gupta, P. & Nagi, R., 1995) foi construído um *algoritmo genético*, que segundo os autores se trata do primeiro algoritmo aplicado na selecção de recursos nas E AVs, aplicado sobre uma função objectivo multi-critério considerando em simultâneo os custos totais de produção, qualidade global dos sistema de recursos, o tempo total de produção e o número de empresas/entidades participantes. Para a atribuição dos pesos dos diferentes critérios utilizou a lógica fuzzy entendida à técnica “Analytical Hierarchy Process” (AHP), normalmente designada por Fuzzy-AHP e inicialmente desenvolvida por (Buckley, J., 1985).

Encontrámos em (Ávila, P., 1998) um *algoritmo de enumeração completa* que considera o problema das combinações possíveis de sistemas de recursos, que no caso se referiam a máquinas ferramentas para processos de maquinagem, tendo em consideração os tempos e custos de transporte entre recursos estimados pelo próprio algoritmo.

Em (Subbub, R. et al., 1999) foi modelado o problema da integração do projecto, fabrico, e planeamento dos fornecimentos para produtos modulares, em que fornecedores e recursos de fabrico se encontram distribuídos. O problema de decisão neste caso consiste na afectação¹ de três partes: a afectação de componentes ao projecto que satisfazem as suas especificações funcionais; a afectação dos fornecedores que fornecerão as componentes do projecto; e a afectação dos projectos aos recursos de fabrico. Os autores consideram que cada uma dessas afectações influencia o custo total do produto e a duração do ciclo de produção do produto e que por isso não podem ser consideradas independentemente umas das outras. Tratando-se dum problema da análise combinatória da selecção do sistema de recursos, os autores desenvolveram um *algoritmo dentro da técnica dos algoritmos evolutivos*

(Wu, N. et al., 1999) formulou o problema da selecção do sistema de recursos para uma E A/V através da programação inteira (PI), mas devido à complexidade computacional, transformou-o numa

¹ Afectação foi o termo usado pelos autores, mas que no problema em causa tem o mesmo significado que selecção.

formulação teórica de grafos para poder aplicar um algoritmo do caminho mais curto entre dois pontos do grafo.

(Ko, C. et al., 2001) construiu quatro algoritmos heurísticos baseados na técnica “tabu search” por forma a encontrar um sistema de recursos num ambiente distribuído, que minimizasse o somatório dos custos de produção com os custos de transporte.

No que respeita aos algoritmos que podem ser aplicados ao problema da selecção do sistema de recursos para uma E A/V, não fizemos uma revisão bibliográfica exaustiva, mas encontramos alguns nas áreas do planeamento duma cadeia de fornecimento e duma empresa estendida, e na área do problema da implantação dinâmica.

Em (Azevedo, A. & Sousa, P., 2000) é referido o problema do planeamento da entrada duma ordem de encomenda dum cliente para ser produzida num sistema de produção distribuído (multi-local) e caracterizado por multi-estágios. Os autores fizeram uma abordagem ao problema baseada na técnica “*simulated annealing*” com a utilização de *heurísticas* especificamente desenvolvidas para o problema. Para resolver um problema similar, (Lee, Y. et al., 2002) propuseram uma abordagem híbrida para a resolução do problema através da utilização dum modelo *analítico* e da *simulação*. Resumidamente, o procedimento recorre a um processo iterativo em que os resultados do modelo analítico servem de entradas à simulação, que por sua vez produz ajustes aos valores das capacidades produtivas dos recursos que de seguida servem de inputs ao modelo analítico. (Dhaenens-Filipo, C., 2000) desenvolveu um procedimento de decomposição espacial em regiões geográficas e aplicou um algoritmo “branch and bound” para resolver problemas de programação de sistemas de produção multi-recursos dispersos geograficamente, para a produção de diferentes produtos num determinado período de tempo. Para o mesmo problema, o software Global Supply Chain (1999), usa um algoritmo baseado na programação linear e inteira.

Tal como já referimos, outros algoritmos que supomos serem viáveis para o nosso problema, são os algoritmos aplicados ao problema do planeamento e programação de projectos com restrições associadas aos recursos. Em (Viana, A. & Pinho de Sousa, J., 2000), foi abordado este problema para uma função multi-objectivo e foram usadas meta-heurísticas, nomeadamente os algoritmos “Pareto Simulating Annealing” e o “Multiobjective Taboo Search”, para geração de soluções. Outro caso de problemas que referimos é o da implantação dinâmica. Um destes casos pode ser visto em (Baykasoglu, A. & Gindy, N., 2001).

De acordo com os critérios de validação para a selecção dos algoritmos definidos e apresentados no sub-capítulo anterior, vamos classificar os algoritmos de selecção, referidos acima, de acordo com a sua capacidade de satisfazerem os referidos critérios conforme mostra a tabela 5.4. Para a classificação dos algoritmos pelos diferentes critérios, utilizaram-se mais quatro classificadores para além do sim ou do não. No caso dos classificadores I (informação) e do C (cálculo/”check”), servem para distinguir se os critérios de validação das entradas são introduzidos directamente, no caso do I, ou se o algoritmo recorre a outros dados para satisfazer um determinado critério, no caso do C. O

classificador M (multi-critério), serve para distinguir os algoritmos que consideram os critérios de validação das soluções de forma integrada daqueles que tratam cada critério de forma independente.

Tabela 5.4 – Classificação e análise dos algoritmos de selecção (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2003).

Legenda: S – Sim; N – Não; P – Pré - selecção I – Informação C – Calculos/"check" M – Multi-critério		ALGORITMOS DE SELECÇÃO DE RECURSOS								
		Aplicados nas E A/Vs					Aplicáveis às E A/Vs			
		(GUPTA, P. & NAGI, R., 1995)	(ÁVILA, P., 1998)	(SUBBUB R., et al., 1999)	(WU N., MAO N. & QUIAN Y., 1999)	(KO C. S., et al., 2001)	(Azevedo A. & Sousa P. 2000)	(Lee, Y. et al., 2002)	(Dhaenens-Filipo C., 2000)	(Global Supply Chain, 1999)
CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DOS ALGORITMOS	Tipo ou classe representacional	Algoritmo Genético	Enumeração completa	Algoritmos evolutivos	Formulação por grafos – algoritmo do caminho mais curto	Algoritmo heurístico baseado em "tabu search"	"Simulated annealing"	"Simulation-analytical"	"Branch and Bound"	Programação inteira e linear
	Complexidade temporal	N	S	N	S	N	N	N	N	N
	Complexidade espacial	N	N	N	N	N	N	N	N	N
	Tempo de resolução do CPU	N	S	N	N	S	N	N	S	N
CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DAS ENTRADAS	Data de início mais cedo da tarefa por recurso	N	N	N	S-I (P)	N	S-C	S-C	N	S-C
	Tempo de produção da tarefa por recurso	S-C	S-C	S-C	S-I (P)	S-I	S-C	S-I	S-I	S-I
	Custo de produção da tarefa por recurso	S-C	S	S-C	S-I	S-I	S-C	S-I	S-I	S-I
	Capacidade produtiva por recurso	N	N	S-I	N	S-I	S-I	S-I	S-I	S-I
	Data de início mais cedo do transporte	N	N	N	N	N	S-C	S-C	N	S-C
	Tempo de transporte entre duas tarefas consecutivas	S-I	S-C	S-I	S-C	N	S-I	S-I	N	S-C
	Custo de Transporte entre duas tarefas consecutivas	S-I	S-C	S-I	S-C	S-I	S-I	S-I	S-I	S-C
	Qualidade total do recurso	S-C	S-I	N	N	S-I (P)	N	N	N	N
CRITÉRIOS DE VALIDAÇÃO DAS SOLUÇÕES	Número total de empresas/entidades participantes	S-M	N	N	N	N	N	N	N	N
	Tempo total de produção por sistema de recursos	S-M	S-M	S-M	N	N	N	S-M	N	S
	Disponibilidade para o mercado	N	N	N	N	N	S	S-M	N	N
	Custo total de produção por sistema de recursos	S-M	S-M	S-M	S	S	S	S-M	S	S
	Qualidade total do sistema de recursos	S-M	S-M	N	N	N	N	N	N	N

Analisando a tabela 5.4, verificamos três aspectos principais:

1. O primeiro, é que existem vários tipos de algoritmos aplicados à selecção de recursos utilizando diferentes dados nas entradas de acordo com os critérios das soluções.
2. O segundo, é que não existe nenhum algoritmo que contemple todos os critérios apresentados. Adicionalmente, para alguns dos critérios, não existe nenhum algoritmo dos apresentados, que os satisfaça.
3. O terceiro, é que a informação disponível para classificar os algoritmos de acordo com os critérios de validação dos algoritmos, nomeadamente o tipo, a complexidade temporal, a complexidade espacial e o tempo de resolução do CPU, não é suficiente para tomar uma decisão quanto ao desempenho do algoritmo. Repare-se que para a maioria dos algoritmos revistos não há sequer qualquer tipo de registo dessa informação.

Como consequência da análise efectuada sobre a tabela 5.4 queremos tecer algumas considerações.

Quanto ao primeiro ponto, ele reflecte na verdade a necessidade do Broker em proceder à selecção do algoritmo mais adequado para cada caso do problema. Se dúvidas houvessem quanto a essa necessidade, a constatação do primeiro ponto, é um dos argumentos válidos à sua eliminação. Com a intenção de auxiliar o Broker nessa selecção, no próximo sub-capítulo faremos alusão a um procedimento para a selecção dos algoritmos.

A constatação do segundo ponto poderá levar o Broker a desenvolver esforços no sentido de preparar (poderá significar adaptar ou integrar ou desenvolver) algoritmos que satisfaçam combinações de critérios que ainda não estejam considerados pelos algoritmos apresentados na tabela 5.4.

Referente ao último ponto, e no sentido do Broker ultrapassar o défice de informação necessária à avaliação do desempenho dos algoritmos, pensamos que ele poderá optar por uma de duas possibilidades. Uma delas é a possibilidade de pôr a “correr” em simultâneo os algoritmos que para o problema em questão possam ser aplicados e porventura escolher a solução obtida que lhe seja mais favorável ao seu desempenho no processo de selecção de recursos. A outra, é testar previamente esses algoritmos para diferentes valores da dimensão do espaço de soluções e assim encontrar ábacos de valores para os critérios de complexidade espacial e do tempo de resolução do CPU, cujos valores poderão posteriormente ser avaliados para diferentes instâncias do problema.

Os algoritmos apresentados não são igualmente aplicáveis para todos os modelos de E A/Vs e suas instâncias, contudo será com esta dispersão de modelos e de instâncias que o Broker terá de responder afirmativamente. Por esta razão a classificação apresentada pode ser uma primeira base de trabalho para ajudar o Broker no processo de selecção do(s) algoritmo(s) mais adequado(s) para executar a selecção do sistema de recursos de acordo com os requisitos de cada E A/V.

5.4.6.3 - Tópicos para um Procedimento de Selecção do(s) Algoritmo(s)

O Broker ao ser confrontado com a selecção do(s) algoritmo(s) deverá possuir algum procedimento que o ajude nessa selecção e se possível implementado numa ferramenta software do tipo sistema pericial ou inteligente, por forma a melhorar os seus índices de desempenho. Com vista a ajudá-lo nesse procedimento, queremos deixar alguns tópicos para esse procedimento.

Primeiro, com base nos requisitos de selecção fornecidos pela E A/V ao Broker, traduzidos numa função objectivo, o Broker deverá compará-los com os critérios de validação das soluções dos algoritmos. Um tipo de algoritmo que pode sempre ser considerado para satisfazer a função objectivo é a enumeração completa de todas as combinações possíveis do problema. É claro que esse algoritmo de enumeração completa poderá ter de sofrer alguns ajustes para cada tipo de problema, mas é sem dúvida uma das ferramentas à qual o Broker poderá sempre recorrer, e como veremos adiante também pode haver interesse em utilizá-la em detrimento de outras. Verificando-se então a existência de um ou mais algoritmos capazes de satisfazer a função objectivo, o próximo passo deverá considerar os parâmetros dos critérios de validação dos algoritmos.

Na posse dos algoritmos que satisfazem a função objectivo, o Broker, na nossa opinião, deverá por considerar em primeiro lugar os algoritmos com solução exacta, o que poderá fazê-lo através do conhecimento do parâmetro tipo ou classe representacional do algoritmo, que permite identificar de imediato se o algoritmo é ou não de solução exacta. No caso dos algoritmos apresentados são os referidos em (Ávila, P., 1998; Wu, N., Mao N. & Quian Y., 1999; Dhaenens-Filipo, C., 2000; Global Supply Chain, 1999). A única razão dessa primeira escolha deve-se, unicamente, à garantia de que a solução obtida com esse tipo de algoritmos é a que melhor satisfaz a função objectivo, enquanto que para os outros não há garantia de que a solução obtida seja a melhor de entre os recursos pré-seleccionados, i.e., um algoritmo de solução exacta tem uma eficácia maior ou igual à de um algoritmo de solução não exacta.

Contudo, por si só não é suficiente considerar apenas a eficácia do algoritmo, mas é também necessário avaliar a sua eficiência. Quanto a este último, o Broker possui três parâmetros que o podem auxiliar na sua escolha, a complexidade temporal, a complexidade espacial, e o tempo de resolução do CPU, se munidos da informação respeitante a cada algoritmo. De entre os algoritmos de solução exacta é sabido que aquele que apresenta pior eficiência é o do tipo de enumeração completa, contudo se a sua eficiência não comprometer a eficiência do trabalho do Broker, este algoritmo apresenta uma vantagem em relação aos restantes e que pode levar mesmo à sua escolha. A vantagem de que falamos prende-se com a possibilidade de encontrarmos, não só a solução mais eficaz, como também a quantificação de todas as soluções, assim como da sua possível ordenação. Isto é, ficamos a conhecer a melhor com a possibilidade de ordenação de todas as restantes. Esta possibilidade de visualizarmos todo o espectro das soluções, ou duma parte mais significativa, pode e deve obrigá-nos a questionar o seguinte:

- Quanto dependemos do melhor sistema encontrado, i.e., no caso duma reconfiguração do sistema há outras soluções igualmente viáveis para o projecto da E A/V em questão?
- As diferenças encontradas entre as melhores soluções são passíveis de justificação plausível, ou há diferenças que indiciam suspeitas de valores dos recursos pouco credíveis?
- No caso das diferenças entre as melhores soluções não serem significativas será que a função objectivo pondera adequadamente os diferentes parâmetros de selecção? Ou as simplificações efectuadas, nomeadamente com as estimativas dos custos e dos tempos de transporte, ou outras, foram bem determinadas e afectam de igual forma as melhores soluções sem prejuízo da sua ordenação?

Estas são dúvidas legítimas quer para o Broker quer para o gestor da E A/V e que no nosso entender com os resultados obtidos por um algoritmo de enumeração completa poderão ser esclarecidas.

Para o caso dos algoritmos de solução exacta não apresentarem a eficiência pretendida, recorreremos aos restantes, que como sabemos, não nos garantem a melhor solução. Neste caso o Broker vê-se confrontado com um duplo problema, o da eficiência do algoritmo associado à sua eficácia, para o caso de mais do que um satisfazer os parâmetros de selecção traduzidos na função objectivo. No pressuposto de que os ábacos criados para os critérios de validação dos algoritmos, dos quais falámos no sub-capítulo anterior, relacionam a eficiência dos algoritmos para uma mesma eficácia, a escolha do algoritmo deverá recair para o que apresentar essa melhor relação. No entanto, e reafirmamos, que existe sempre a possibilidade de pô-los a “correr” em simultâneo.

Por fim, um último aspecto a ter em consideração, para que se possa “correr” o algoritmo seleccionado prende-se com a informação disponibilizada pelos recursos versus critérios de entrada dos algoritmos. Os dados dos recursos têm de satisfazer os critérios de entrada dos algoritmos, o que na prática não nos parece uma tarefa difícil de conseguir desde que os recursos os disponibilizem num formato adequado e uniformizado.

5.4.7 - REQUISITOS PARA UMA FERRAMENTA / PLATAFORMA SOFTWARE PARA A SELECÇÃO DE SISTEMAS DE RECURSOS

Das ferramentas que apresentámos para desencadear as diferentes fases do processo de selecção proposto, verifica-se que de uma forma geral essas ferramentas existem ou que facilmente poderão ser criadas para os casos em que é necessário estrutura-las melhor. No entanto, seria promissor para o Broker a criação duma ferramenta sobre a qual trabalhassem as restantes, ou que satisfizesse as várias funcionalidades do processo de selecção de acordo com o modelo que propomos. Uma ferramenta dessas para a gestão dos recursos, requer:

- Bases de dados para:
 - Gestão de recursos;
 - Gestão de algoritmos
 - Gestão dos sistemas (E A/Vs)
- Executável de selecção para processar as actividades do processo de selecção;
- Funcionalidades tecnológicas associadas à ferramenta.

Foi a pensar nessas necessidades, mais especificamente nas duas primeiras, e da necessidade de validarmos o modelo de selecção com o Broker (através dum modelo físico, que posteriormente foi preterido por um modelo numérico, conforme veremos no capítulo 6), que se desenvolveu uma plataforma piloto de gestão de recurso para o projecto de E A/Vs sobre uma instalação experimental mostrada esquematicamente na figura 5.20, em que o Broker desempenhava a gestão da reconfiguração do sistema (constituído por duas células) em função da sua disponibilidade, custo e qualidade.

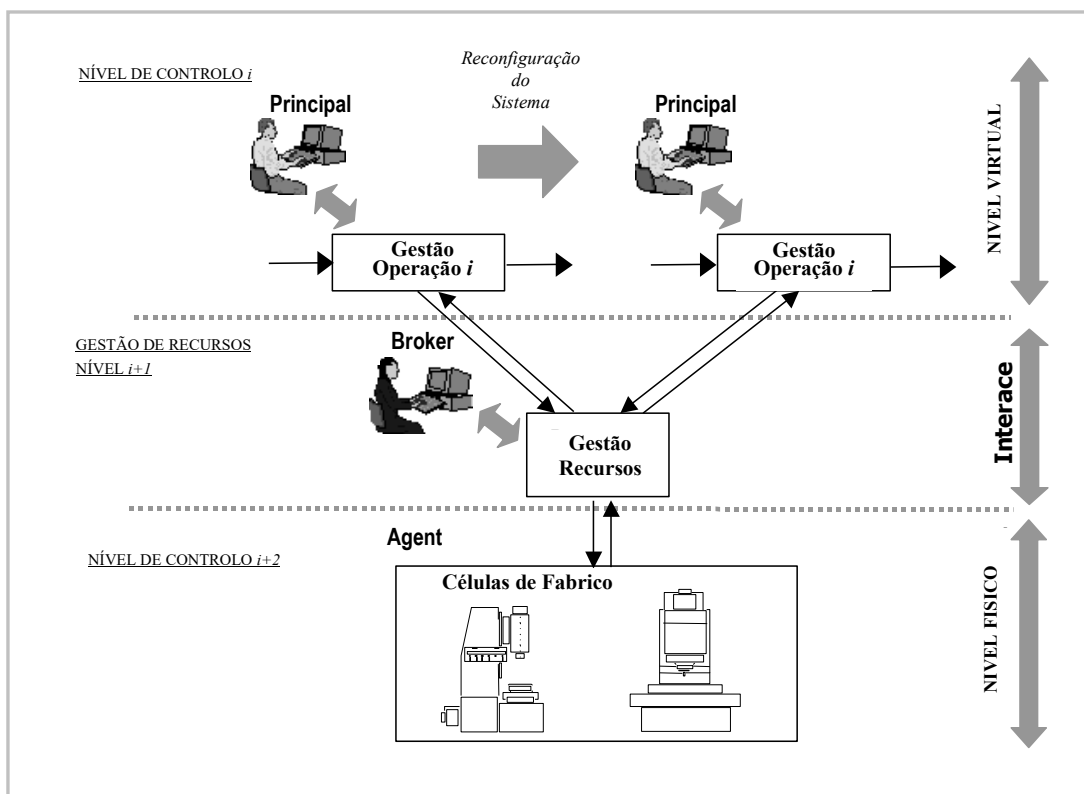


Figura 5.20 – Esquema da instalação experimental (Putnik, G. 2000a).

Esta plataforma piloto, implementada em JAVA – visual café, apesar de não integrar todas as funcionalidades necessárias ao processo de selecção de acordo com o modelo proposto, permitia:

- Criação duma base de dados padronizada para o armazenamento dos parâmetros do domínio de recursos;
- Criação duma página web para a candidatura dos recursos;
- Possibilidade de aceitação de um ou vários algoritmos de selecção, que no nosso caso pode ser uma simples heurística para testar essa possibilidade;
- Procura de potenciais parceiros para o projecto SPD/V a partir da base de dados do domínio de recursos, e da consulta a bases de dados distribuídas dos recursos, recorrendo a um algoritmo de selecção;
- Envio dos resultados da selecção ao domínio de recursos, através de e-mail e/ou publicação na internet;
- Criação de um historial dos recursos;
- Receber informação da monitorização dos em caso de funcionamento irregular do sistema;
- Seleccionar novos recursos que integrarão o sistema, quer por motivos de substituição e/ou de aumento da capacidade produtiva

Duas das janelas da plataforma (outras encontram-se no anexo 2) são mostradas nas figuras 5.21 e 5.22.

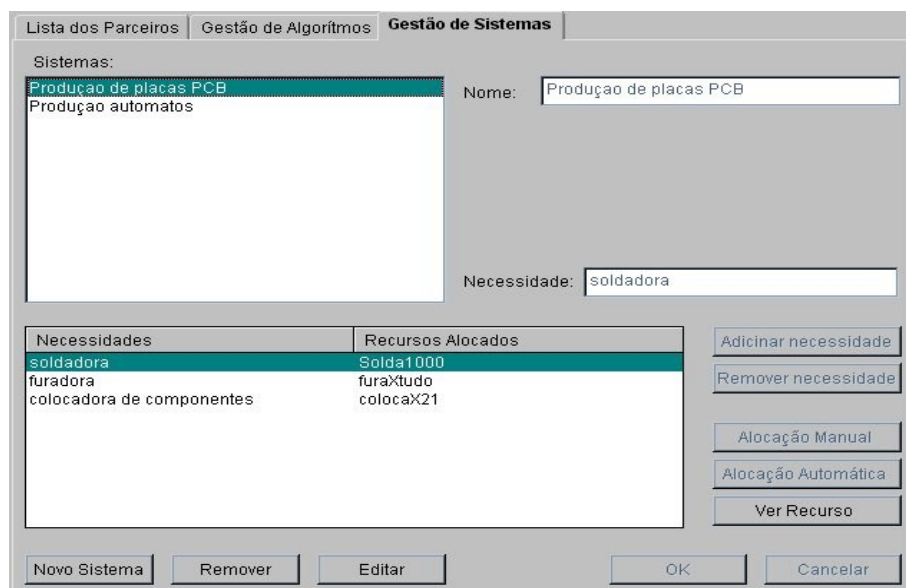


Figura 5.21 – Janela de gestão da E A/V (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2002a).

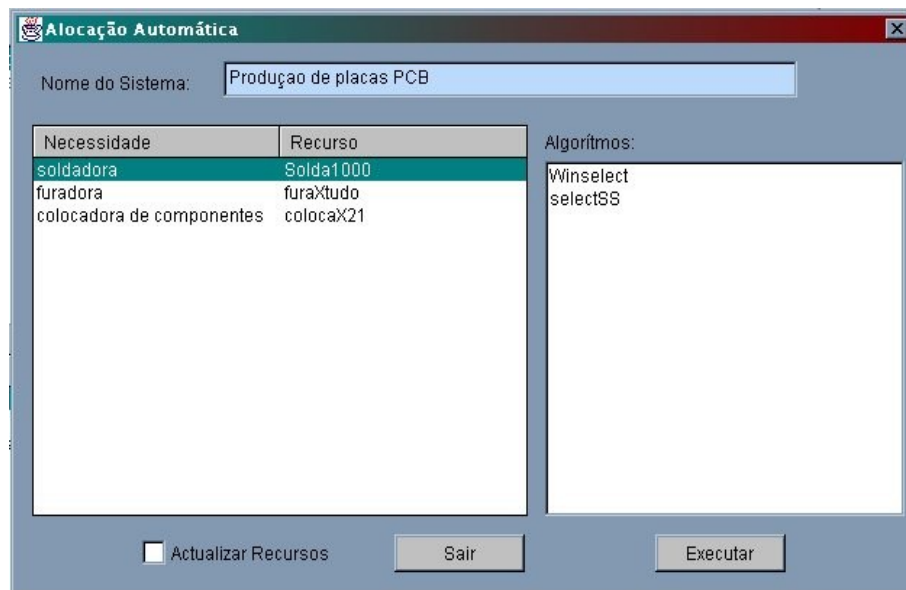


Figura 5.22 – Janela da selecção (Ávila, P., Putnik, G. & Cunha, M., 2002a).

5.5 - MODELO DE TEMPOS E DE CUSTOS ASSOCIADOS AO NOSSO MODELO DE SELECÇÃO

Pretendemos agora neste capítulo, definir com variáveis o quanto demora e o quanto custa utilizar o nosso modelo de selecção para diferentes cenários do problema da selecção, para que com esses mesmos cenários se analisem, no capítulo 6, a sua validação para o caso da selecção ser efectuada por um Broker, ou se pela própria E A/V. Essa quantificação vai ser feita para cada um dos processos que referimos no nosso modelo de selecção. Para cada um vamos definir uma expressão que traduza com variáveis, independentes das ferramentas utilizadas, o tempo e o custo despendido no seu processamento.

Quanto às expressões que se obtiveram para os custos, apenas se consideraram dois tipos de custo directos, não se tendo considerado os custos indirectos, que são uma fatia importante dos custos de qualquer actividade económica, mas que para a nossa análise neste momento não são importantes. Considerámos então no processamento das actividades os custos de mão de obra proporcionais ao tempo, e os custos das ferramentas utilizadas. Desprezámos outros tipos de custos directos como por exemplo a matéria prima ou consumíveis que nos parecem irrelevantes face aos demais.

Para especificarmos as expressões dos tempos e custos das diferentes actividades que constituem o modelo de selecção, vamos primeiro definir um conjunto de variáveis e de constante, cuja abreviatura e significado expomos na tabela 5.5.

Tabela 5.5 – Lista de variáveis aplicadas no modelo de custos associados ao nosso modelo de selecção.

Abreviatura	Designação
D _O	Domínio de recursos observados
X _O	Nº de recursos observados por tarefa
D _E	Domínio de recursos elegíveis
X _E	Nº de recursos elegíveis por tarefa
D _P	Domínio de recursos pré-seleccionados
X	Nº de recursos pré-seleccionados por tarefa
n	Nº de tarefas
T _J	Tempo total da actividade J
C _J	Custo total da actividade J
A _J	Tempo de preparação, set up relacionados com a actividade J
t _j	Tempo de processar uma parte elementar da actividade J
c _i	Coefficiente percentual
K _J	Nº total de iterações dum processo
P _J	Período de tempo afecto à tarefa J
Ch _J	Custo por unidade de tempo dos recursos humanos para a actividade J
Cf _J	Custo por unidade de tempo das ferramentas para a actividade J

De acordo com a nomenclatura apresentada, chegámos às diferentes fórmulas dos tempos e dos custos totais associadas a cada actividade do nosso modelo de selecção, cujas expressões são mostradas na tabela 5.6.

Tabela 5.6 – Fórmulas de cálculo do tempo despendido e do custo por cada actividade do processo de selecção para um PT com n tarefas de processamento.

Actividade	Expressão do tempo	Explicação
Pré-selecção de Recursos		
<i>Durante a Procura de Recursos são dados a observar recursos aos quais designamos por o domínio de recursos observados, D_O. Se decomusermos esse domínio por tarefa, e se considerarmos de valor igual para todas as tarefas, designamos então por X_O o número de recursos observados por tarefa.</i>		
Procura de Recursos	$T_P = n * \sum_{i=1}^j (A_{P_i} + t_{P_i} * X_O)$ $C_P = n * \sum_{i=1}^j [(Ch_P + Cf_{P_i}) * (A_{P_i} + t_{P_i} * X_O)]$	<p>A_P – tempo de preparação da ferramenta utilizada, e.g., actualização /inserção do requisito de procura (sub-conjunto dos requisitos de pré-selecção)</p> <p>t_P – tempo de pesquisa da ferramenta e do seleccionador</p> <p>i = 1 ... j – número de ferramentas de procura utilizadas</p>

Desta procura nasce o domínio de recursos elegíveis, D_E . Se decomposermos esse domínio por tarefa, e se considerarmos de valor igual para todas as tarefas, designamos então por X_E o número de recursos elegíveis por tarefa.

$$X_E = r_1 * X_O$$

r_1 - percentagem do X_O que passa a elegível, e que vamos considerar no cap. 6 de 30%¹

<p>Identificação Automática</p>	$T_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)$ $C_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j [(Ch_{IA} + Cf_{IAi}) * (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)]$	<p>A_{IA} – tempo de actualização / inserção do conjunto de requisitos de pré-selecção</p> <p>t_{IA} – tempo de pesquisa da ferramenta.</p> <p>$i = 1 \dots j$ – número de ferramentas de identificação automática utilizadas, que no máximo será igual ao número de ferramentas de procura</p> <p>c_1 – coeficiente referente à percentagem de tarefas cuja identificação automática pode ser efectuada ($0 \leq c_1 \leq 1$)</p>
<p>Negociação Indirecta</p>	$T_{NI} = c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$ $C_{NI} = (Ch_{NI} + Cf_{NI}) * c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$	<p>A_{NI} – tempo de preparação da oferta da tarefa</p> <p>t_{NI} – tempo de envio da oferta da tarefa a um recurso e posterior revisão da proposta do recurso</p> <p>X_E – número de recursos elegíveis por tarefa</p> <p>P_{NI} – período de tempo pré definido para o recebimento de propostas</p> <p>K_{NI} – número de iterações da negociação indirecta (o mais provável é ser $K_{NI} = 1$)</p> <p>c_2 - coeficiente referente à percentagem de tarefas cuja negociação indirecta pode ser efectuada ($0 \leq c_2 \leq 1$)</p>
<p>Negociação Directa</p>	$T_{ND} = c_3 * n * [K_{ND} (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$ $C_{ND} = Ch_{ND} * c_3 * n * [K_{ND} (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$	<p>A_{ND} – tempo de preparação da oferta da tarefa</p> <p>t_{ND} – tempo de contacto directo do seleccionador com um recurso durante cada iteração do processo de negociação</p> <p>X_E – número de recursos elegíveis por tarefa</p> <p>P_{ND} – período de tempo pré definido para a negociação directa</p> <p>K_{ND} – número de iterações da negociação directa</p> <p>Nota: $c_1 + c_2 + c_3 = 1$</p>

¹ Valor obtido com base numa procura com a ferramenta Google.

Após a identificação dos recursos pré-seleccionados, ficamos com o D_p . Se decomposermos esse domínio por tarefa, e se considerarmos de valor igual para todas as tarefas, designamos então por X o número de recursos pré-seleccionados por tarefa.

$$X = r_2 * X_E$$

r_2 - percentagem do X_E que passa a pré-seleccionado, e que vamos considerar no cap. 6 de 30%¹

Selecção do Sistema de Recursos

<p>Avaliação do Espaço de Soluções</p>	$T_{AS} = A_{AS1} + A_{AS2} + n * t_{AS} * X$ $C_{AS} = (Ch_{AS} + Cf_{AS}) * (A_{AS1} + A_{AS2} + n * t_{AS} * X)$	<p>A_{AS1} – tempo de cálculo da determinação da dimensão do espaço de soluções. É um cálculo que poderá ser simples se não forem consideradas mais do que uma proposta por recurso pré-seleccionado.</p> <p>A_{AS2} – tempo de preparação da função objectivo</p> <p>t_{AS} – tempo de cálculo da função objectivo com os dados do recurso e de comparação com o melhor até aí calculado</p> <p>Nota: estão consideradas as duas funcionalidades desta actividade, a avaliação do espaço de soluções e a quantificação dos limites do desempenho dos sistemas de recursos.</p>
<p>Seleccção e Integração dos Algoritmos de Seleccção</p>	$T_{SI} = t_s + A_I * K_I$ $C_{SI} = (Ch_{SI} + Cf_{SI}) * (t_s + A_I * K_I)$	<p>t_s – tempo de seleccção do algoritmo que no caso do seleccionador possuir uma base de vários algoritmos classificados segundo os critérios de validação, e com um procedimento de seleccção, podemos considerar esse tempo constante</p> <p>A_I – tempo de cada integração / ajuste que é necessário fazer ao algoritmo</p> <p>K_I - número de integrações / ajustes</p>
<p>Seleccção Final do Sistema</p>	$T_{SF} = \sum_{i=1}^j (A_{SF_i} + t_{SF_i} * CS_i)$ $C_{SF} = \sum_{i=1}^j (Ch_{SF} * A_{SF_i} + Cf_{SF} * t_{SF_i} * CS_i)$	<p>A_{SF} – tempo de preparação da seleccção final, análise dos resultados do algoritmo e escolha do sistema de recursos</p> <p>t_{SF} – tempo gasto em cada iteração do algoritmo</p> <p>CS - complexidade da seleccção que depende do tipo de algoritmo e do método de seleccção</p> <p>$I = 1 \dots j$ – número de ferramentas (algoritmos que são postos a “correr”)</p>

¹ Valor admitido

Como a análise do tempo do nosso modelo de selecção depende de vários factores, é certo, mas escolhemos dois factores que explicitamente vão influenciar o tempo despendido na selecção, o método de selecção, independente ou dependente, e dentro deste com ou sem pré-selecção de recursos de transporte.

5.5.1 - MODELO DO TEMPO E DO CUSTO PARA O MÉTODO DE SELECÇÃO INDEPENDENTE

Primeiro, as funções que são necessárias para proceder à selecção não são todas as que apresentámos anteriormente, visto que neste método, o mais simples de todos, a selecção analisa tarefa a tarefa o melhor recurso. As actividades então necessárias são:

- Procura de Recursos

$$T_P = n * \sum_{i=1}^j (A_{Pi} + t_{Pi} * X_0);$$

$$C_P = n * \sum_{i=1}^j [(Ch_P + Cf_{Pi}) * (A_{Pi} + t_{Pi} * X_0)]$$

- Identificação Automática (T_{IA});

$$T_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)$$

$$C_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j [(Ch_{IA} + Cf_{IAi}) * (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)]$$

- Negociação Indirecta (T_{NI});

$$T_{NI} = c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$$

$$C_{NI} = (Ch_{NI} + Cf_{NI}) * c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$$

- Negociação Directa (T_{ND});

$$T_{ND} = c_3 * n * [K_{ND} (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$$

$$C_{ND} = Ch_{ND} * c_3 * n * [K_{ND} (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$$

- Selecção Final do Sistema.

Neste método a complexidade é pequena, $CS = n * X$, como vimos no capítulo 4.2, e como tal não há lugar à selecção de algoritmos, nem a necessidade de “correr” vários algoritmos porque o algoritmo de enumeração completa é o ajustado, uma vez que neste método de

selecção não se coloca o problema da análise combinatória. Assim sendo as expressões do tempo e do custo desta actividade são dadas por:

$$T_{SF} = A_{SF} + t_{SF} * n * X$$

$$C_{SF} = Ch_{SF} * A_{SF} + Cf_{SF} * t_{SF} * n * X$$

O tempo total despendido por este método de selecção não é, nem deve ser igual ao somatório dos tempos despendidos pelas diferentes actividades, uma vez que algumas delas podem-se efectuar em paralelo ou com pequenos desfasamentos nas suas datas de início entre si. Admitindo de forma grosseira que a duração de qualquer das actividades é igual a um valor constante, um diagrama que pudesse definir qualitativamente a duração do processo de selecção, é apresentado na figura 5.23.

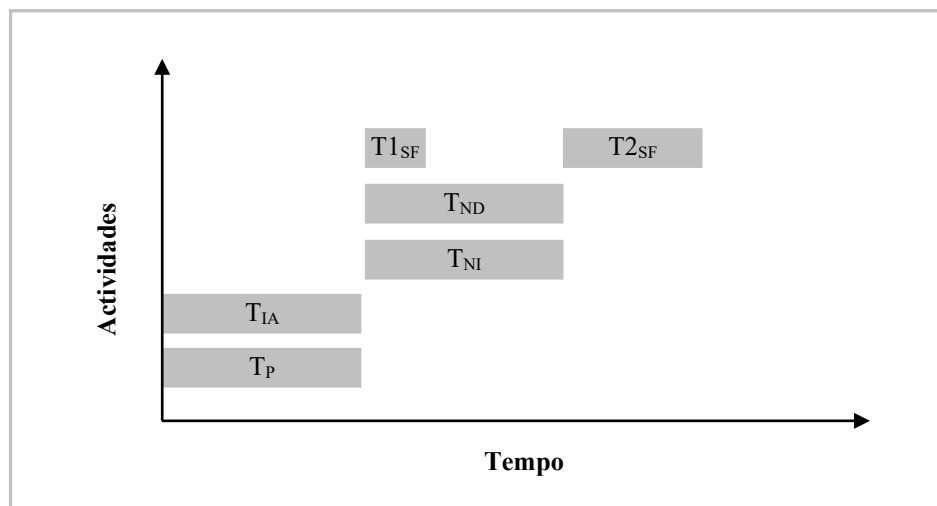


Figura 5.23 – Modelo qualitativo dos tempos para o método de selecção independente.

Para definir a duração total do (TT) processo de selecção para este método, temos a seguinte expressão:

$$TT \leq \text{Máx}\{T_{IA}, T_P\} + \text{Máx}\{T_{NI}, T_{ND}\} + T_{SF}$$

Quanto aos custos, o seu valor total (CT), é independente de como as actividades da selecção se relacionam entre si, e por conseguinte, temos:

$$CT = C_P + C_{IA} + C_{NI} + C_{ND} + C_{SF}$$

5.5.2 - MODELO DO TEMPO E DO CUSTO PARA O MÉTODO DE SELECÇÃO DEPENDENTE SEM PRÉ-SELECÇÃO DE RECURSOS DE TRANSPORTE

Para este método de selecção, todas as funções do modelo apresentado são necessárias, visto que neste método o problema da selecção é um problema de análise combinatória apesar de não se recorrer à pré-selecção de recursos de transporte, sendo contudo os valores necessários aos transportes estimados por qualquer processo. As actividades necessárias e respectivas expressões de tempo e custo são:

- Procura de Recursos

$$T_P = n * \sum_{i=1}^j (A_{Pi} + t_{Pi} * X_0);$$

$$C_P = n * \sum_{i=1}^j [(Ch_P + Cf_{Pi}) * (A_{Pi} + t_{Pi} * X_0)]$$

- Identificação Automática (T_{IA});

$$T_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)$$

$$C_{IA} = c_1 * n * \sum_{i=1}^j [(Ch_{IA} + Cf_{IAi}) * (A_{IAi} + t_{IAi} * X_E)]$$

- Negociação Indirecta (T_{NI});

$$T_{NI} = c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$$

$$C_{NI} = (Ch_{NI} + Cf_{NI}) * c_2 * n * [K_{NI} * (A_{NI} + t_{NI} * X_E) + P_{NI}]$$

- Negociação Directa (T_{ND});

$$T_{ND} = c_3 * n * [K_{ND} * (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$$

$$C_{ND} = Ch_{ND} * c_3 * n * [K_{ND} * (A_{ND} + t_{ND} * X_E) + P_{ND}]$$

- Avaliação do Espaço de Soluções;

$$T_{AS} = A_{AS1} + A_{AS2} + n * t_{AS} * X$$

$$C_{AS} = Ch_{AS} * (A_{AS1} + A_{AS2} + n * t_{AS} * X)$$

- Selecção e Integração dos Algoritmos de Selecção

$$T_{SI} = t_s + A_I * K_I$$

$$C_{SI} = (Ch_{SI} + Cf_{SI}) * (t_s + A_I * K_I)$$

- Selecção Final do Sistema.

Neste método a complexidade máxima é igual à dimensão do espaço de soluções, i.e., $CS = X^n$, como vimos no capítulo 4.2. Por outro lado, também pode haver necessidade de “correr” vários algoritmos. Assim sendo as expressões do tempo e do custo desta actividade são dadas por:

$$T_{SF} \leq \sum_{i=1}^j (A_{SF_i} + t_{SF_i} * X^n)$$

$$C_{SF} \leq \sum_{i=1}^j (Ch_{SF} * A_{SF_i} + Cf_{SF} * t_{SF_i} * X^n)$$

O tempo total despendido por este método de selecção é à semelhança do que se passava com o método anterior, diferente do somatório dos tempos despendidos pelas diferentes actividades, verificando-se que para as actividades que constituem a fase da pré-selecção a sua representação gráfica é idêntica, o mesmo não acontecendo para as restantes. Admitindo também aqui, de forma grosseira, que a duração de qualquer das actividades é igual a um valor constante, um diagrama que pode definir qualitativamente a duração do processo de selecção, é apresentado na figura 5.24.

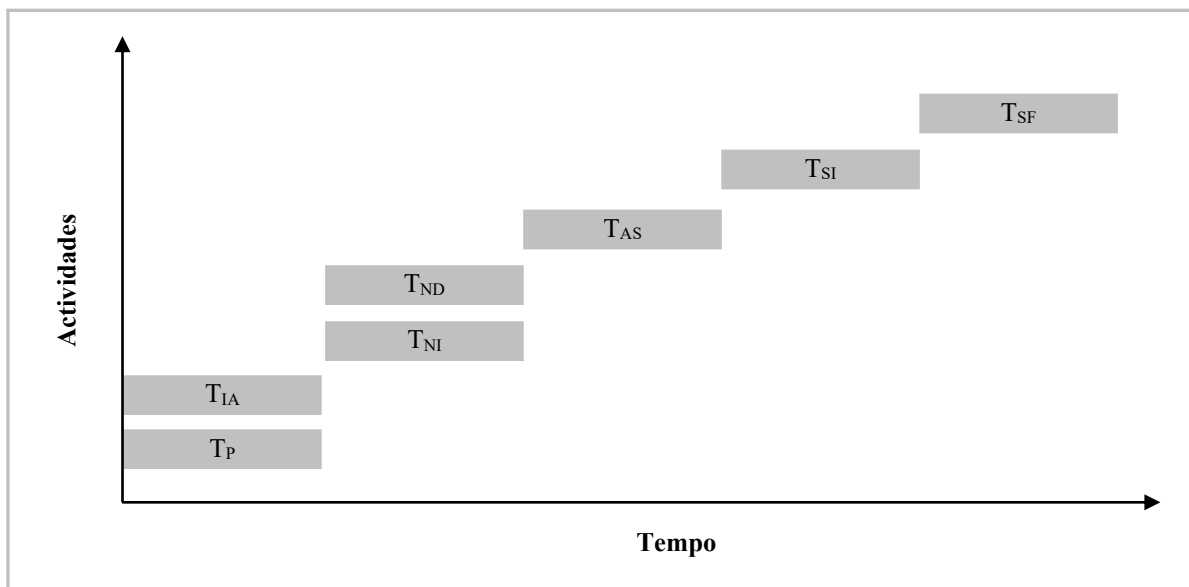


Figura 5.24 – Modelo qualitativo do tempo para o método de selecção dependente sem pré-selecção de recursos de transporte.

O tempo total (TT) pode então ser quantificado da forma seguinte:

$$TT = \text{Máx}\{T_P, T_{IA}\} + \text{Máx}\{T_{NI}, T_{ND}\} + T_{AS} + T_{SI} + T_{SF}$$

Quanto aos custos, o seu valor total (CT), é independente de como as actividades da selecção se relacionam entre si, e por conseguinte, temos:

$$CT = C_P + C_{IA} + C_{NI} + C_{ND} + C_{AS} + C_{SI} + C_{SF}$$

5.5.3 - MODELO DO TEMPO E DO CUSTO PARA O MÉTODO DE SELECÇÃO DEPENDENTE COM PRÉ-SELECÇÃO DE RECURSOS DE TRANSPORTE

Para este método de selecção, dos três o mais complexo¹, para além de recorrer a todas as funções do modelo apresentado, as funções da pré-selecção são executadas duplicadamente, a primeira vez para se desencadear a pré-selecção dos recursos de processamento, e a segunda, que só pode ser efectuada após conclusão da primeira (ver capítulo 3.2), para a pré-selecção dos recursos de transporte. As actividades necessárias e respectivas expressões de tempo e custo são idênticas à do método anterior com excepção da selecção final. Por isso apresentam-se apenas as expressões do tempo e do custo para essa actividade.

➤ Selecção Final do Sistema

Neste método a complexidade máxima é igual à dimensão do espaço de soluções, i.e., $CS = X^{2n}$, como vimos no capítulo 3.2. Também pode haver necessidade de “correr” vários algoritmos. Assim sendo as expressões do tempo e do custo desta actividade são dadas por:

$$T_{SF} \leq \sum_{i=1}^j (A_{SF_i} + t_{SF_i} * X^{2n})$$

$$C_{SF} \leq \sum_{i=1}^j (Ch_{SF} * A_{SF_i} + Cf_{SF} * t_{SF_i} * X^{2n})$$

Admitindo o mesmo tipo de considerações que foram feitas para os dois métodos anteriores e considerando agora a duplicação das actividades da pré-selecção, um diagrama possível para definir qualitativamente a duração do processo de selecção, é apresentado na figura 5.25. Nesse diagrama, a inscrição rp e rt junto da designação de cada actividade identifica se é referente aos recursos de processamento ou aos de transporte respectivamente.

¹ Talvez por isso nunca foi abordado por outros modelos de selecção.

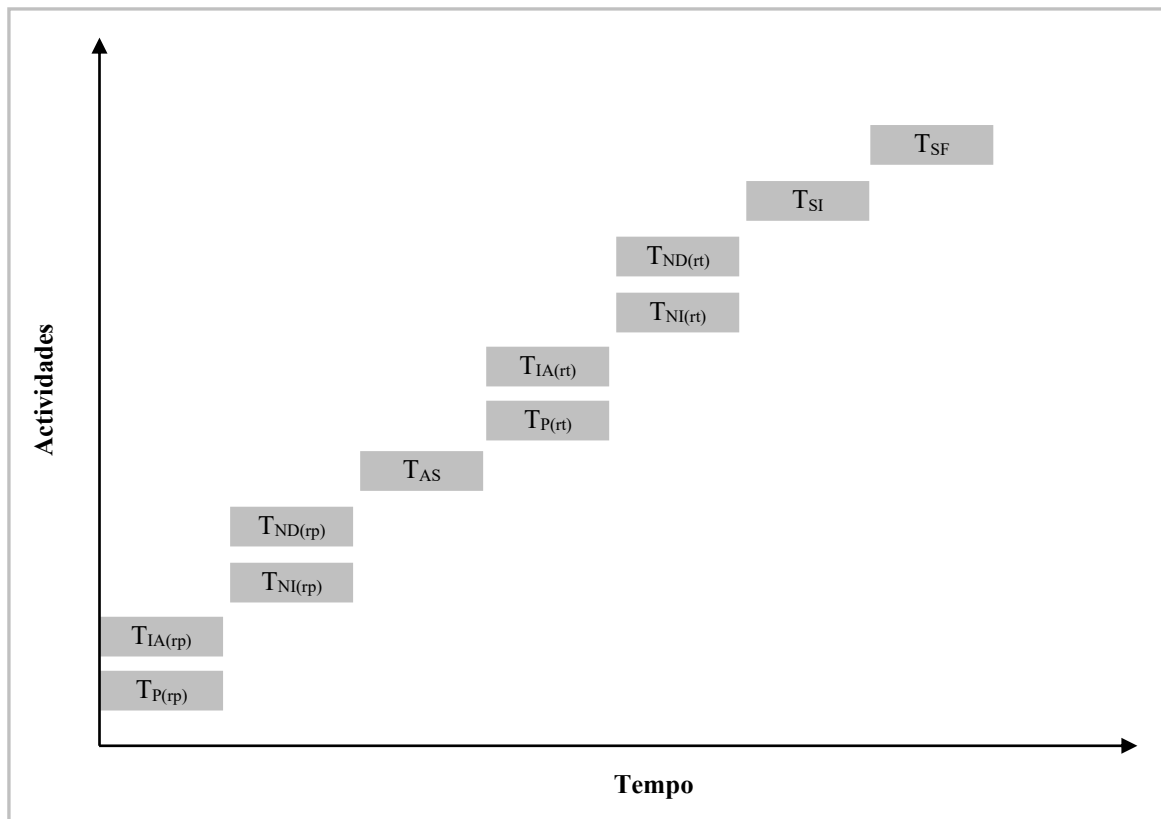


Figura 5.25 – Modelo qualitativo do tempo para o método de selecção dependente com pré-selecção de recursos de transporte.

Para o tempo total vamos ter:

$$TT = \text{Máx}\{T_{IA(rp)}, T_{P(rp)}\} + \text{Máx}\{T_{NI(rp)}, T_{ND(rp)}\} + T_{AS} + \text{Máx}\{T_{IA(rt)}, T_{P(rt)}\} + \text{Máx}\{T_{NI(rt)}, T_{ND(rt)}\} + T_{SI} + T_{SF}$$

Quanto ao custo total temos:

$$CT = C_{P(rp)} + C_{IA(rp)} + C_{NI(rp)} + C_{ND(rp)} + C_{AS} + C_{P(rt)} + C_{IA(rt)} + C_{NI(rt)} + C_{ND(rt)} + C_{SI} + C_{SF}$$

CAPÍTULO 6

VALIDAÇÃO DO MODELO DE SELECÇÃO COM E SEM A PARTICIPAÇÃO DO BROKER

CAPÍTULO 6

VALIDAÇÃO DO MODELO DE SELECÇÃO COM E SEM A PARTICIPAÇÃO DO BROKER	149
6.1 - Construção do Demonstrador.....	151
6.1.1 - Pressupostos do Nosso Demonstrador.....	153
6.1.2 - Expressões do Tempo e do Custo das Actividades da Seleção para o Principal Versus Broker.....	156
6.1.2.1 - Procura de Recursos.....	156
6.1.2.2 - Identificação Automática	157
6.1.2.3 - Identificação Indirecta.....	157
6.1.2.4 - Avaliação do Espaço de Soluções.....	158
6.1.2.5 - Seleção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Seleção	158
6.1.2.6 - Seleção Final do Sistema.....	159
6.1.2.7 - Resumo das Expressões	161
6.1.3 - Determinação das Constantes do Tempo e do Custo.....	163
6.2 - Planos de Simulação e Análise de Resultados	165
6.2.1 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Independente.....	165
6.2.2 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Dependente <u>sem</u> a Pré-selecção de Recursos de Transporte.....	169
6.2.3 - Simulações e Resultados para o Método da Seleção Dependente <u>com</u> Pré-selecção de Recursos de Transporte	174
6.2.4 - Síntese da Validação do Principal e do Broker para os Três Métodos	178

Este capítulo tem como objectivo quantificar o desempenho do processo de selecção, segundo o nosso modelo, para o caso do responsável da selecção poder ser efectuada por um agente da própria E A/V (Principal), ou para o caso de se recorrer às funcionalidades de um Broker. Com base na quantificação do desempenho (utilizaremos o tempo e o custo), pretendemos encontrar e validar, em que situações (domínios) é que um ou outro poderão e deverão ser chamados a desencadear a selecção com maior agilidade, e assim validar o segundo ponto que constitui tese deste trabalho. Simultaneamente com as simulações, que serão efectuadas para os dois intervenientes, identificaremos qual dos dois valida o modelo de selecção proposto, por forma a que seja abrangente para qualquer requisito numa E A/V, i.e., selecção sem Broker ou selecção com Broker?

Com vista à validação dos dois objectivos acima referidos, definiu-se um demonstrador numérico para suportar um plano de simulações assente nos três métodos de selecção e para diferentes valores de \underline{X} e de \underline{n} . Para preparar o demonstrador para as simulações, foram admitidas determinadas condições e ajustadas as expressões do tempo e do custo, definidas no capítulo anterior, para o caso da selecção ser processada pelo Principal ou pelo Broker. Com os resultados dessas simulações foram identificados os domínios de validação para os dois pontos principais que são tese deste trabalho.

6.1 - CONSTRUÇÃO DO DEMONSTRADOR

Pretendemos validar a aplicabilidade do nosso modelo de selecção para o caso de ser aplicado pela própria E A/V, cujo responsável designaremos por Principal, e para o caso de se recorrer a um terceiro elemento, o Broker, para desencadear esse processo, e identificar com qual dos dois o modelo de selecção tem a capacidade de ser mais abrangente, i.e., de responder a qualquer requisito de selecção numa E A/V.

Para se proceder às validações acima referidas houve que decidir qual o modo de o fazer, ou seja, qual o nosso demonstrador. Numa curta referência às formas de como se pode construir um demonstrador, referidas na figura 6.1, o mesmo é dizer, às formas de como se pode estudar um

sistema, para o nosso caso, a escolha recaiu num modelo numérico. Justificamos a nossa escolha por diversas razões que passamos a referir.

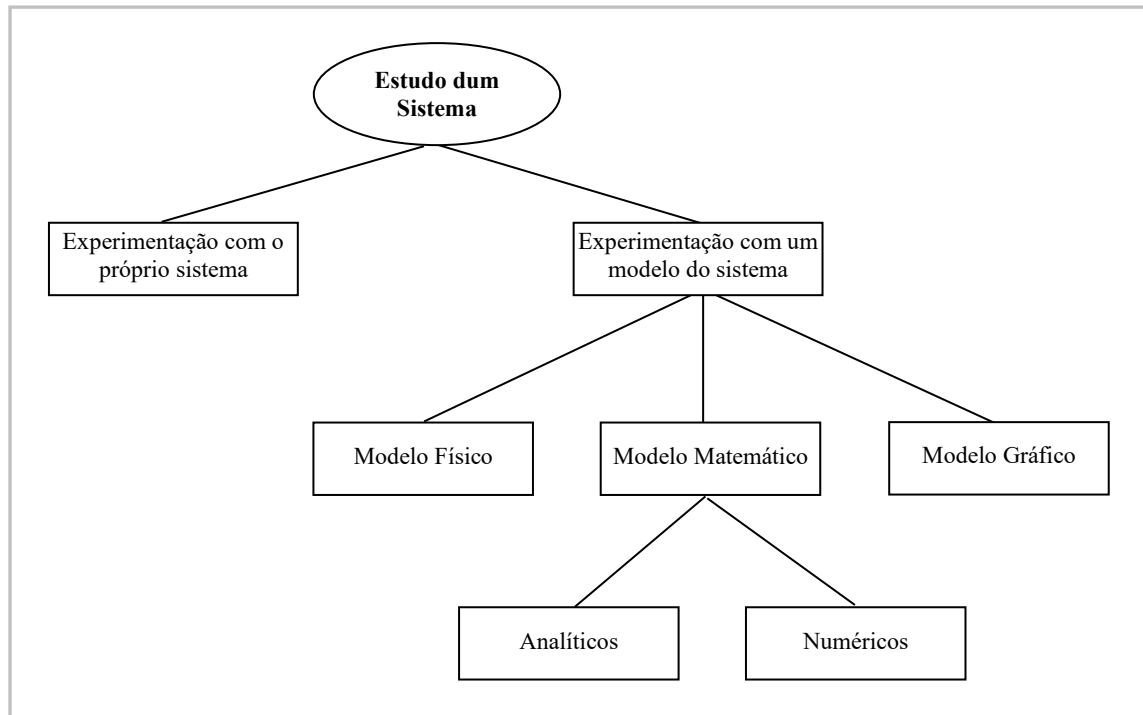


Figura 6.1 – Formas de estudar o comportamento de um sistema (adaptado de Law, A. & Kelton, W., 1991).

Primeiro, a experimentação com o próprio sistema, que para nós significa o modelo de selecção para as E A/Vs estava fora de questão porque para isso era necessário recorrer directamente ao Principal de uma E A/V, e a um Broker real e fazê-los aplicar o nosso modelo de selecção para que pudéssemos comparar resultados de desempenho.

Nas possibilidades do estudo recorrendo a um modelo, que retractasse a aplicação do nosso modelo de selecção ao Principal e ao Broker, pensámos inicialmente na construção dum demonstrador físico, chegando mesmo a iniciar a sua construção para o Broker conforme (Ávila, P., Putnik, G & Cunha, M., 2002a) (no anexo 2 apresentam-se algumas das janelas desse demonstrador que funcionou para a célula Aurora¹). No entanto vários problemas se colocavam, de natureza técnica devido à sua envergadura² por se tratarem de várias actividades da selecção, e de natureza da própria experimentação com esse modelo que retractasse a selecção pelo Principal³, como por exemplo

¹ Designação da célula de um sistema de manufactura virtual, instalada no laboratório de sistemas flexíveis de produção da Universidade do Minho.

² A criação dum demonstrador físico para o Broker é uma tarefa pesada sob o ponto de vista informático que nos parece adequada se inserida num projecto de desenvolvimento de software. Caso o demonstrador abordasse apenas uma das actividades da selecção esse demonstrador teria sido possível construir.

³ O desejável seria constituir duas equipas, cada uma associada a um dos seleccionadores.

relacionadas com recursos que quisessem participar, quais os planos de tarefas e como obter respostas dos recursos.

Por outro lado, dentro dos modelos matemáticos o analítico estava fora de questão porque não conhecemos expressões exactas para descrever cada uma das actividades, e por isso o nosso recurso ao modelo numérico, que no caso, estamos certos que para a análise pretendida é adequado.

6.1.1 - PRESSUPOSTOS DO NOSSO DEMONSTRADOR

Os pressupostos que estão na base da nossa validação e que sobre os quais teceremos algumas considerações, relacionam-se com os seguintes aspectos:

- (1) Relação do Principal e do Broker com o Modelo de Selecção proposto no capítulo 5;
- (2) Requisitos / especificidades da E A/V associadas ao Plano de Tarefas;
- (3) Relação entre o conhecimento do Principal face ao do Broker referente ao processo de selecção;
- (4) Relação dos agentes da selecção com os mecanismos/ferramentas disponíveis para desencadear cada uma das actividades;

Em relação ao ponto (1), vamos considerar que ambos os agentes, Principal e Broker vão seguir o mesmo modelo¹ de selecção aqui proposto no que respeita às actividades a desencadear, sendo certo que o Principal terá dificuldades em desencadear pelo menos duas dessas actividades como veremos a seguir, referimo-nos à Identificação Automática e à Selecção do Algoritmo de Selecção. Consideramos ainda que ambos partem com os mesmos requisitos/especificidades da E A/V para desencadear o processo de selecção.

Quanto ao ponto (2), vamos considerar que a complexidade de todas as tarefas é a mesma para qualquer Plano de Tarefas e como queremos analisar o tempo e o custo da selecção não só em função do método de selecção e do número de recursos pré-seleccionados por tarefa X , mas também em função do número de tarefas n , não vamos definir em concreto um plano de tarefas para um determinado produto, mas sim considerar diferentes Planos de Tarefas onde apenas o número total de tarefas é diferente. Entendemos que não há motivos para definir explicitamente um plano de tarefas com os seus requisitos/especificidades porque estaríamos a limitar o demonstrador àquele Plano em concreto. Seria sim necessária essa especificação se pretendêssemos demonstrar a eficiência e/ou

¹ Seguir exactamente o mesmo modelo significaria que para além das actividades os mecanismos/ferramentas disponíveis e utilizados quer pelo Principal quer pelo Broker seriam exactamente os mesmos, o que na verdade assim não acontece.

eficácia duma determinada ferramenta que desencadeasse uma ou mais actividades do processo de selecção, mas não é esse o âmbito do nosso trabalho.

Referente ao ponto (3), não vamos quantificar a diferença de conhecimento que o Broker poderá e que deverá possuir a mais em relação ao Principal, mas no campo das hipóteses admitimos que ambos têm conhecimento deste nosso trabalho.

Quanto ao ponto (4), o Principal vai aplicar ou desenvolver ferramentas para desencadear o processo de selecção à medida das suas necessidades. Aliás, tínhamos visto já no capítulo 4 e reforçado essa questão no capítulo 5, que os modelos de selecção eram pouco flexíveis e desenvolvidos para satisfazer cada caso da selecção. Parece-nos razoável que assim aconteça com o Principal se for chamado a desencadear o processo de selecção, até porque há ferramentas que não se criam de forma imediata, nomeadamente aquelas que estão associadas a bases de dados, ou seja, até se podem criar ferramentas que suportam a gestão da base de dados, mas os dados dessa base de dados necessitam de tempo para serem criados, e posteriormente proceder à sua manutenção. Para o caso do Broker vamos admitir que tem acesso directo às mesmas ferramentas que o Principal mais à sua própria ferramenta software (ferramenta 4), que aqui admitimos que possua todas as funcionalidade do modelo de selecção.

A tabela 6.1 dá-nos a nossa visão das ferramentas que o Principal e o Broker têm disponíveis ou podem recorrer, ou têm de desenvolver para desencadear as actividades do modelo de selecção. Esta tabela foi construída com base nas ferramentas identificadas no sub-capítulo 5.4 para cada um dos processos, excluindo as ferramentas protótipos uma vez que não estão directamente acessíveis para os dois tipos de seleccionadores, e considerando a ferramenta do Broker. A numeração que se utiliza em cada uma das actividades tem unicamente como objectivo identificar as diferentes ferramentas e não a de estabelecer qualquer ordem de aplicação ou de prioridade.

Tabela 6.1 – Ferramentas disponíveis para o Principal e para o Broker.

Actividades	Ferramentas	
	Principal	Broker
Procura de Recursos	(1) - Directorias WWW. (2) - Motores de Busca. (3) - Mercados Electrónicos.	(1) - Directorias WWW. (2) - Motores de Busca. (3) - Mercados Electrónicos. (4.1) ¹ - Bases de dados da plataforma software do Broker (dados provenientes de outras selecções ou de procuras anteriores).
Identificação	Não há no mercado e não faz sentido a	(4.2) - Ferramenta do Broker associada à

¹ O quatro designa a plataforma do Broker e o um refere-se à funcionalidade da plataforma.

Automática	sua criação porque carece duma base de dados devidamente actualizada que leva tempo a criar.	sua base de dados que possibilita a identificação automática mesmo que seja só para recursos associados a determinados processos ¹ . Por exemplo a ferramenta de (Ávila, P., 1998).
Negociação Indirecta	(5) - eMail (ou outras como o fax) e tratamento das propostas (manual ou semi-automático). (3) - Mercados electrónicos.	(5) - eMail (ou outras como o fax) e tratamento das propostas (manual ou semi-automático). (3) - Mercados electrónicos. (4.3) - Ferramenta da Plataforma software do Broker.
Negociação Directa	Não há ferramentas software. Esta actividade está associada ao conhecimento do seleccionador em aplicar técnicas de negociação directa, e por isso não vamos considerar esta actividade no demonstrador.	
Avaliação do Espaço de Soluções	(6) - Cálculo manual ou semi-automático (e.g., folha de cálculo, sistema de gestão de base de dados).	(6) - Cálculo manual ou semi-automático. (4.4) - Funcionalidade associada à Plataforma software do Broker.
Seleção e Integração do(s) Algoritmos de Seleção	Tem de desenvolver um algoritmo ajustável aos requisitos de selecção: (6) – O principal pode ele próprio desenvolver um algoritmo de enumeração completa ou preparar qualquer ferramenta de cálculo (e.g., Excel, Matlab) para processar a enumeração de todos os casos. (7) – Recorrer a algum especialista de algoritmos de solução não exacta.	(6) – Cálculo manual ou semi-automático (e.g., Excel, Matlab). (4.5) - Funcionalidade associada à Plataforma Software do Broker.
Seleção final do Sistema	(8) - Algoritmo desenvolvido.	(4.6) - Algoritmo seleccionado.

¹ Não vemos que seja economicamente viável o Broker conseguir criar e manter uma ferramenta de identificação automática para todos os tipos de processos.

6.1.2 - EXPRESSÕES DO TEMPO E DO CUSTO DAS ACTIVIDADES DA SELECÇÃO PARA O PRINCIPAL VERSUS BROKER

Queremos aplicar para cada actividade, as funções do tempo e do custo definidas no capítulo 5, para o caso de serem agora desencadeadas pelo Principal ou pelo Broker, tendo em atenção as ferramentas que cada um tem ao seu dispor para as executar. Nesta análise admitimos algumas considerações que são gerais a todas as actividades do modelo, e que são:

- Quer o Principal quer o Broker têm de observar o mesmo número de recursos por tarefa, X_O , identificar o mesmo número de recursos elegíveis por tarefa, X_E , e conseqüentemente, vamos admitir¹, o mesmo número de recursos pré-seleccionados por tarefa, X ;
- Utilizam as ferramentas que têm ao seu dispor e que estão identificadas na tabela 6.1, dando o Broker preferência à utilização da sua própria ferramenta. Se assim não fosse, i.e., se o Broker recorresse às mesmas ferramentas que o Principal, as diferenças esperadas só poderiam advir da diferença de conhecimento entre um e outro e que aqui não serão consideradas, ou pela maior taxa de utilização de determinada ferramenta pelo Broker que se traduziria numa diminuição dos custos de utilização da mesma por unidade de tempo;
- Os custos das ferramentas 1, 2, 5, e 6, são independentes de quem as utiliza, e como se referem a ferramentas de uso generalizado para outras actividades significa que o seu custo é insignificante quando utilizadas no apoio da selecção. Por isso,

$$Cf_{(1)} = Cf_{(2)} = Cf_{(5)} = Cf_{(6)} = 0$$

- O custo dos recursos humanos por unidade de tempo, Ch , não o vamos fazer depender quer do Principal, quer do Broker, nem da actividade nem da ferramenta i que for utilizada, i.e., $Ch_{(P, i)} = Ch_{(B, i)} = Ch$. Claro que se o Principal recorrer ao Broker para determinada selecção, com certeza que este terá de fazer incidir no seu custo os impostos e o lucro, mas para já queremos é comparar desempenhos de um e outro.

6.1.2.1 - Procura de Recursos

Nesta actividade, para que fossem observados o mesmo número de recursos por tarefa, X_O , podíamos considerar que todas as ferramentas disponíveis eram utilizadas, ou apenas que parte delas o seriam. Admitindo a segunda, se o Principal recorrer à ferramenta 2, e se o Broker recorrer à sua ferramenta juntamente com a (2), porque partimos do princípio que a sua base de dados não disporá de recursos para todas as tarefas mas somente para uma parte, as expressões que se obtêm são:

¹ Não avaliaremos a qualidade dos recursos observados e do elegíveis obtidos pelo Principal em relação ao Broker, e por isso admitimos que para o mesmo X_O se obtém o mesmo X_E , e deste, o mesmo X .

$$T_{P(P,2)} = n * (A_{P(P,2)} + t_{P(P,2)} * X_O)$$

$$T_{P(B,2,4)} = (1 - a) * (A_{P(B,2)} + t_{P(B,2)} * X_O) * n + a * (A_{P(B,4)} + t_{P(B,4)} * X_O) * n$$

$$C_{P(P,2)} = Ch * (A_{P(P,2)} + t_{P(P,2)} * X_O) * n$$

$$C_{P(B,2,4)} = Ch * (1 - a) * (A_{P(B,2)} + t_{P(B,2)} * X_O) * n + (Ch + Cf_{P(B,4)}) * b * (A_{P(B,4)} + t_{P(B,4)} * X_O) * n$$

No caso de se aceder a um mercado electrónico (ferramenta 3), o custo da ferramenta poderia não ser nulo. Normalmente há uma taxa anual de adesão ao mercado electrónico e poderá ter ou não um custo por cada consulta. No caso do Broker a taxa de adesão poderia ser diluída pelos diferentes trabalhos para outras E A/Vs, enquanto que para o Principal este custo entraria na íntegra.

6.1.2.2 - Identificação Automática

Como vimos, o Principal não tem recurso a esta ferramenta pelas razões já apontadas, e por isso apenas o Broker poderá fazer uso da identificação automática se esta funcionalidade estiver contemplada na sua plataforma. Admitindo que sim, temos:

$$T_{IA(B,4)} = c_1 * n * (A_{IA(B,4)} + t_{IA(B,4)} * X_E)$$

$$C_{IA(B,4)} = c_1 * n * (Ch + Cf_{IA(B,4)}) * (A_{IA(B,4)} + t_{IA(B,4)} * X_E)$$

6.1.2.3 - Identificação Indirecta

Aqui não faz sentido utilizar várias ferramentas para uma mesma tarefa, situação que é sensata admitir-se no caso da procura dos recursos. Quando muito, uma parte das tarefas pode ser sujeita a uma ferramenta, e a(s) outra(s) parte(s) a outra(s) ferramentas. Como sabemos, há várias possibilidades de efectuar a Identificação Indirecta, e.g., o leilão, o lançamento e recebimento de propostas, mas que no nosso caso vamos considerar o lançamento de tarefas aos recursos elegíveis e posterior recebimento e análise das propostas com $K_{NT} = 1$, i.e., apenas haverá lugar a uma iteração da negociação. Para o Principal esta actividade será suportada pela ferramenta (5), enquanto que para o Broker pela sua plataforma software.

Uma vez que não vamos considerar a negociação directa porque esta assenta essencialmente no conhecimento do seleccionador e não em ferramentas, logo $c_3 = 0$ e o c_2 terá de compensar o valor de c_3 . Porque o Principal não teve acesso à Identificação Automática, o valor de c_2 é diferente para os dois casos. Para o Principal, $c_2 = 1$, e para o Broker, $c_2 = 1 - c_1$, vindo então:

$$T_{NI(P, 5)} = n * (A_{NI(P, 5)} + t_{NI(P, 5)} * X_E) + P_{NI(P, 5)}$$

$$T_{NI(B, 4)} = (1 - c_1) * n * (A_{NI(B, 4)} + t_{NI(B, 4)} * X_E) + P_{NI(B, 4)}$$

$$C_{NI(P, 5)} = Ch * n * (A_{NI(P, 5)} + t_{NI(P, 5)} * X_E)$$

$$C_{NI(B, 4)} = (Ch + Cf_{NI(B, 4)}) * (1 - c_1) * n * (A_{NI(B, 4)} + t_{NI(B, 4)} * X_E) + Cf_{NI(B, 4)} * (1 - c_1) * P_{NI(B, 4)}$$

Para efeitos de comparação, o Período de negociação concedido quer pelo Principal quer pelo Broker, deverá ser o mesmo, i.e., $P_{NI(P, 3)} = P_{NI(B, 3)}$.

6.1.2.4 - Avaliação do Espaço de Soluções

Se o Principal recorrer à ferramenta 6 (cálculo manual ou semi automático recorrendo a uma folha de cálculo e/ou a um sistema de gestão de base de dados), e o Broker à sua ferramenta, as expressões que se obtêm são:

$$T_{AS(P, 6)} = A_{AS1(P, 6)} + A_{AS2(P, 6)} + n * t_{AS(P, 6)} * X$$

$$T_{AS(B, 4)} = A_{AS1(B, 4)} + A_{AS2(B, 4)} + n * t_{AS(B, 4)} * X$$

$$C_{AS(P, 6)} = Ch * (A_{AS1(P, 6)} + A_{AS2(P, 6)} + n * t_{AS(P, 6)} * X)$$

$$C_{AS(B, 4)} = (Ch + Cf_{(B, 4)}) * (A_{AS1(B, 4)} + A_{AS2(B, 4)} + n * t_{AS(B, 4)} * X)$$

Só como nota, o cálculo de $A_{AS1(6)} \ll A_{AS2(6)}$, e poderíamos mesmo desprezá-lo.

6.1.2.5 - Selecção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Selecção

Esta é uma das actividades que não pode ser efectuada pelo Principal em virtude da análise que foi feita aos modelos de selecção existentes no capítulo 3, e da análise dos algoritmos de selecção no capítulo 5. Constatou-se que a cada modelo de selecção correspondia um algoritmo, se assim foi para os casos analisados, também para o Principal será de supor que utilize apenas um algoritmo ajustável às suas necessidades de selecção. Contudo, levantam-se duas questões, se ele constrói o algoritmo, ou manda construir o algoritmo. Quanto à primeira só vemos a possibilidade de aplicar um algoritmo de enumeração completa. Quanto à segunda, se o Principal recorrer a quem construa um algoritmo para o seu caso, que não o Broker, terá certamente tempos e custos associados a essa transacção. Vamos é considerar que o Principal efectua a enumeração completa, ou seja, utiliza os seus próprios meios, assim como admitimos para o Broker com a sua ferramenta. Sendo assim, as expressões do tempo e do custo do Principal, não se referem na verdade à selecção do algoritmo, mas sim à sua construção,

mas que por motivos de manter a nomenclatura das actividades, aparecem nas expressões do Principal, os índices SI.

No caso do Broker, a selecção do algoritmo de selecção é uma actividade que ele tem de desempenhar em virtude dos algoritmos que possui para cada pedido da E A/V.

$$T_{SI(P, 6)} = t_{S(P, 6)} + A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)}$$

$$T_{SI(B, 4)} = t_{S(B, 4)} + A_{I(B, 4)} * K_{I(B, 4)}$$

$$C_{SI(P, 6)} = Ch * (t_{S(P, 6)} + A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)})$$

$$C_{SI(B, 4)} = (Ch + Cf_{SI(B, 4)}) * (t_{S(B, 4)} + A_{I(B, 4)} * K_{I(B, 4)})$$

Admitindo:

$t_{S(P, 6)} = 0$ Não há selecção de algoritmo
 $A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)}$ Refere-se na verdade ao tempo total do principal para preparar a enumeração completa na ferramenta 6, o mesmo seria dizer que se refere ao tempo para efectuar todas as alterações possíveis a um determinado algoritmo.

Vem:

$$T_{SI(P, 6)} = A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)}$$

$$T_{SI(B, 4)} = t_{S(B, 4)} + A_{I(B, 4)} * K_{I(B, 4)}$$

$$C_{SI(P, 6)} = Ch * (A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)})$$

$$C_{SI(B, 4)} = (Ch + Cf_{SI(B, 4)}) * (t_{S(B, 4)} + A_{I(B, 4)} * K_{I(B, 4)})$$

6.1.2.6 - Selecção Final do Sistema

A selecção final do sistema depende essencialmente de dois factores: da complexidade do algoritmo e do método de selecção. Admitindo que o Principal e o Broker recorrem apenas a um algoritmo de selecção, que no caso do Principal já foi assim admitido na actividade anterior, temos:

$$T_{SF(P, 8)} = A_{SF(P, 8)} + t_{SF(P, 8)} * CS_{(P, 8)}$$

$$T_{SF(P, 4)} = A_{SF(B, 4)} + t_{SF(B, 4)} * CS_{(B, 4)}$$

$$C_{SF(P, 8)} = Ch * A_{SF(P, 8)} + Cf_{SF(P, 8)} * t_{SF(P, 8)} * CS_{(P, 8)}$$

$$C_{SF(B, 4)} = Ch * A_{SF(B, 4)} + Cf_{SF(B, 4)} * t_{SF(B, 4)} * CS_{(B, 4)}$$

Admitindo:

$Cf_{SF(P, 8)} = 0$ Este custo não é propriamente o do algoritmo do Principal (enumeração completa), porque esse já foi contabilizado na actividade anterior nos custos

da integração do algoritmo. Mais uma nota importante, é que o custo do algoritmo desenvolvido pelo Principal entra na totalidade e não em função do tempo que vai ser utilizado. Isto deve-se ao facto de termos admitido que o Principal criou o algoritmo apenas para o seu caso.

Vem:

$$T_{SF(P, 8)} = A_{SF(P, 8)} + t_{SF(P, 8)} * CS_{(P, 8)}$$

$$T_{SF(B, 4)} = A_{SF} + t_{SF(B, 4)} * CS_{(B, 4)}$$

$$C_{SF(P, 8)} = Ch * A_{SF(P, 8)}$$

$$C_{SF(B, 4)} = Ch * A_{SF(B, 4)} + C_{fSF(B, 4)} * t_{SF(B, 4)} * CS_{(B, 4)}$$

Como $CS_{(P, 8)}$ e $CS_{(B, 4)}$ dependem do método de selecção, e no caso de $CS_{(B, 4)}$ ainda do algoritmo seleccionado, apresentam-se abaixo na tabela 6.2, as expressões para cada um deles.

Tabela 6.2 – Valores possíveis para $CS_{(7)}$ e para $CS_{(4)}$.

Método de Selecção	$CS_{(P, 8)}$	$CS_{(B, 4)}$
Independente	$CS_{(8)} = n * X$	$CS_{(4)} = n * X$
Dependente <u>sem</u> Pré-selecção de Recursos de Transporte	$CS_{(8)} = X^n$	<p><u>Se</u> $t_{SF(4)} * X^n <$ tempo disponível para a selecção final e não há outro tipo de restrições,</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = X^n$ (Algoritmo de enumeração completa¹)</p> <p><u>Se</u> $T_{SF(4)}$ para um algoritmo de solução exacta que não a enumeração completa $<$ tempo disponível $<$ $t_{SF(4)} * X^n$ Caso o algoritmo de (wu, N., et al., 1999) se enquadre nos requisitos de selecção,</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = 4nX^2 + 2KnX$ (Algoritmo de solução exacta com complexidade inferior à enumeração completa).²</p> <p><u>Se</u> o tempo disponível $<$ $T_{SF(4)}$ para um algoritmo de solução exacta que não a enumeração completa, o algoritmo a usar deverá ser de solução não exacta e por isso não nos devemos referir a $CS_{(4)}$ como a</p>

¹ Só para termos uma ordem de grandeza do tempo despendido por um algoritmo de enumeração completa, sabemos (Ávila, P., 1998) que por cada hora são processados 4000 sistemas de recursos.

² A expressão da complexidade que se apresenta refere-se à do algoritmo proposto por (Wu, N. et al., 1999). O valor de K, refere-se ao número máximo de tarefas de processamento imediatamente anteriores do Plano de Tarefas de Processamento. Se $K = 1$, o Plano é linear, i.e., não existem tarefas de montagem. Vamos admitir nos cálculos que efectuaremos que $K = 3$.

		<p>complexidade, mas sim como o tempo de processar a selecção</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = \text{Desconhecido}^1$ (Algoritmo de solução não exacta)</p>
<p>Dependente <u>com</u> Pré-selecção de Recursos de Transporte</p>	<p>$CS_{(8)} = X^{2n}$</p>	<p><u>Se</u> $t_{SF(4)} * X^{2n} < \text{tempo disponível para a selecção final e não há outro tipo de restrições,}$</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = X^{2n}$ (Algoritmo de enumeração completa)</p> <p><u>Se</u> $T_{SF(4)}$ para um algoritmo de solução exacta que não a enumeração completa $< \text{tempo disponível} < t_{SF(4)} * X^{2n}$</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = \text{Desconhecido}$ (Algoritmo de solução exacta com complexidade inferior à enumeração completa).</p> <p><u>Se</u> o tempo disponível $< T_{SF(4)}$ para um algoritmo de solução exacta que não a enumeração completa, o algoritmo a usar deverá ser de solução não exacta e por isso não nos devemos referir a $CS_{(4)}$ como a complexidade, mas sim como o tempo de processar a selecção</p> <p style="text-align: center;">$CS_{(4)} = \text{Desconhecido}$ (Algoritmo de solução não exacta)</p>

Nas expressões do custo referentes a esta actividade, ao contrário das anteriores, considerámos que enquanto o algoritmo estiver a “correr”, o recurso humano está liberto e assim o seu custo não é imputado neste caso.

6.1.2.7 - Resumo das Expressões

Apresentam-se na tabela 6.3 as expressões do tempo e do custo para o Principal e para o Broker em função das ferramentas utilizadas.

¹ Dos algoritmos de solução não exacta que analisámos no capítulo 5, nenhum se referia aos tempos da selecção. Contudo, sabemos que se podem alcançar resultados bons dentro de tempos menores que os de solução exacta.

Tabela 6.3 - Expressões do tempo e do custo para o Principal e para o Broker em função das ferramentas utilizadas.

Actividades	Expressões do Tempo e do Custo	
	Principal	Broker com ferramenta 4
Procura de Recursos	$T_{P(P,2)} = (A_{P(P,2)} + t_{P(P,2)} * X_O) * n$ $C_{P(P,2)} = Ch * (A_{P(P,2)} + t_{P(P,2)} * X_O) * n$	$T_{P(B,2,4)} = (1 - a) * (A_{P(B,2)} + t_{P(B,2)} * X_O) * n + a * (A_{P(B,4)} + t_{P(B,4)} * X_O) * n$ $C_{P(B,2,4)} = Ch * (1 - a) * (A_{P(B,2)} + t_{P(B,2)} * X_O) * n + (Ch + C_{fP(B,4)}) * a * (A_{P(B,4)} + t_{P(B,4)} * X_O) * n$
Identificação Automática	Não tem	$T_{IA(B,4)} = c_1 * (A_{IA(4)} + t_{IA(B,4)} * X_E) * n$ $C_{IA(B,4)} = c_1 * (Ch + C_{fIA(4)}) * (A_{IA(4)} + t_{IA(B,4)} * X_E) * n$
Negociação Indirecta	$T_{NI(P,5)} = n * (A_{NI(P,5)} + t_{NI(P,5)} * X_E) + P_{NI(P,5)}$ $C_{NI(P,5)} = Ch * n * (A_{NI(P,5)} + t_{NI(P,5)} * X_E)$	$T_{NI(B,4)} = (1 - c_1) * n * (A_{NI(B,4)} + t_{NI(B,4)} * X_E) + P_{NI(B,4)}$ $C_{NI(B,4)} = (Ch + C_{fNI(B,4)}) * (1 - c_1) * n * (A_{NI(B,4)} + t_{NI(B,4)} * X_E) + C_{fNI(B,4)} * (1 - c_1) * P_{NI(B,4)}$
Avaliação do Espaço de Soluções	$T_{AS(P,6)} = A_{AS1(P,6)} + A_{AS2(P,6)} + n * t_{AS(P,6)} * X$ $C_{AS(P,6)} = Ch * (A_{AS1(P,6)} + A_{AS2(P,6)} + n * t_{AS(P,6)} * X)$	$T_{AS(B,4)} = A_{AS1(B,4)} + A_{AS2(B,4)} + n * t_{AS(B,4)} * X$ $C_{AS(B,4)} = (Ch + C_{f(B,4)}) * (A_{AS1(B,4)} + A_{AS2(B,4)} + n * t_{AS(B,4)} * X)$
Seleção e Integração do(s) Algoritmos de Seleção	$T_{SI(P,6)} = A_{I(P,6)} * K_{I(P,6)}$ $C_{SI(P,6)} = Ch * (A_{I(P,6)} * K_{I(P,6)})$	$T_{SI(B,4)} = t_{S(B,4)} + A_{I(B,4)} * K_{I(B,4)}$ $C_{SI(B,4)} = (Ch + C_{fSI(B,4)}) * (t_{S(B,4)} + A_{I(B,4)} * K_{I(B,4)})$
Seleção final do Sistema	$T_{SF(P,8)} = A_{SF(P,8)} + t_{SF(P,8)} * CS_{(P,8)}$ $C_{SF(P,7)} = Ch * A_{SF(P,8)}$	$T_{SF(B,4)} = A_{SF(B,4)} + t_{SF(B,4)} * CS_{(B,4)}$ $C_{SF(B,4)} = Ch * A_{SF(B,4)} + C_{fSF(B,4)} * t_{SF(B,4)} * CS_{(B,4)}$

6.1.3 - DETERMINAÇÃO DAS CONSTANTES DAS EXPRESSÕES DO TEMPO E DO CUSTO

Quanto aos parâmetros que constam nas expressões do tempo e do custo, excepto o X_O , X_E , X e o n , vamos considerá-los constantes. Os valores considerados para essas constantes estão referidos na tabela 6.4 e que têm um valor meramente referencial para as simulações que vamos efectuar, uma vez que o que nos interessa verdadeiramente observar é a relação dos tempos e dos custos para o Principal e para o Broker, em função de \underline{n} e de \underline{X} . Contudo, alguns dos valores foram obtidos com base em alguns testes efectuados, apenas com o intuito de obter ordens de grandeza para os parâmetros¹, enquanto outros foram meramente considerados por via do bom senso. Concretamente, consideraram-se:

- Os coeficientes foram meramente admitidos. No caso do coeficiente \underline{b} , supusemos que um Broker ao ser seleccionado para uma determinada selecção deverá pelo menos ter acesso directo / conhecimento dos recursos para 50% das tarefas. No caso do \underline{c} ser baixo, deve-se à dificuldade que será em construir e manter uma ferramenta de identificação automática.
- O custo homem foi admitido com base no salário médio de um licenciado, enquanto o custo da ferramenta (4) foi obtido através da seguinte expressão (Afonso Fernandes, A., 1995), com base em valores admitidos:

$$CF(4) = \frac{C_{\text{aquisição}} (100.000\text{€})}{\text{Período de amortização (3 anos)}^2} + C_{\text{manutenção anual}} (10.000\text{€}) = 0,31\text{€/min}$$

$$360 * \text{Período funcionamento (8h/dia)} * 60 * \text{taxa de utilização}^3 (0,8)$$

- Quanto às constantes dos tempos foram obtidas da seguinte forma:

Para a procura, com base numa busca feita no Google para processos de maquinação;

Para a Identificação automática, com base na ferramenta de (Ávila, P., 1998);

Para a Negociação Indirecta, com base nos valores de (Cunha, M., 2003);

Para a Avaliação do Espaço de Soluções e no caso do Principal através da preparação numa folha de cálculo Excel. No caso do Broker, por analogia com a Identificação Automática;

¹ Os valores para o Principal foram minorados enquanto que para o Broker foram majorados.

² Valor contabilístico para equipamentos informáticos conforme artigo 121 do código do IRC.

³ O valor considerado pressupõe que o Broker tem vários serviços em carteira que carregam a ferramenta em 80% da sua capacidade.

Para a Selecção e Integração através da simulação numa ferramenta protótipo de selecção de algoritmos de (Plasencia, M., 2000);

Para a Selecção Final do Sistema duas notas. A primeira refere-se ao A_{SF} que foi estimado com base apenas na análise que se deve fazer ao resultado da selecção, apesar de que, a decisão final dum sistema que integrará a E A/V deve ser devidamente ponderada por diferentes pessoas associadas ao processo, o que certamente acarretará um maior valor da constante. A segunda nota prende-se com o valor do t_{SF} que foi estimado com base no tempo de processamento¹ dum algoritmo de enumeração completa de (Ávila, P., 1998), que para processar 4000 sistemas de recursos leva aproximadamente uma hora, o que nos levou a admitir o valor de 1s para t_{SF} .

Tabela 6.4 – Valores dos parâmetros das actividades da Selecção.

	Principal	Broker
Coefficientes	$c_1 = 0$ $c_2 = 1$ $c_3 = 0$ $r_1 = 30\%$ $r_2 = 30\%$	$a = 0,5$ $c_1 = 0,1$ $c_2 = 0,9$ $c_3 = 0$ $r_1 = 30\%$ $r_2 = 30\%$
Custos [€/min]	$Ch = 0,33$	$Ch = 0,33$ $Cf_{(4)} = 0,31$
Tempos [min] Proc. de Recursos	$A_{P(P, 2)} = 5$ $t_{P(P, 2)} = 5$	$A_{P(B, 2)} = 5$ $t_{P(B, 2)} = 5$ $A_{P(B, 4)} = 2,5$ $t_{P(B, 4)} = 2,5$
Ident. Automática		$A_{IA(B, 4)} = 2,5$ $t_{IA(B, 4)} = 1/60 (1s)$
Neg. Indirecta	$A_{NI(P, 5)} = 10$ $t_{NI(P, 5)} = 0,1$ $P_{NI(P)} = 3600 (1dia)$	$A_{NI(B, 4)} = 10$ $t_{NI(B, 4)} = 0,1$ $P_{NI(B)} = 3600 (1dia)$
Av. Esp. Soluções	$A_{AS1(P, 6)} = 0,5$ $A_{AS2(P, 6)} = 25$ $t_{AS(P, 6)} = 1/60 (1s)$	$A_{AS1(B, 4)} = 1/60 (1s)$ $A_{AS2(B, 4)} = 2,5$ $t_{AS(B, 4)} = 1/60 (1s)$
Sel. e Int. do. A. S.	$A_{I(P, 6)} * K_{I(P, 6)} = 60$	$t_{S(B, 4)} = 3$

¹ O processamento foi efectuado num Pentium 200MHZ com 96Mb de RAM.

		$A_{I(B, 4)} = 2$ $K_{I(B, 4)} = 0$
Sel. Final do Sistema	$A_{SF(P, 8)} = 10$ $t_{SF(P, 8)} = 1/60$ (1s) $CS_{(P, 8)} =$ valores da tabela 7.	$A_{SF(B, 4)} = 10$ $t_{SF(B, 4)} = 1/60$ (1s) $CS_{(B, 4)} =$ valores da tabela 7.

6.2 - PLANOS DE SIMULAÇÃO E ANÁLISE DE RESULTADOS

Vamos avaliar o desempenho do Principal e do Broker para os três métodos de selecção, o independente, o dependente sem pré-selecção de recursos de transporte e o dependente com pré-selecção de recursos de transporte. Para cada método, vamos considerar diferentes dimensões dos planos de tarefas ($n = 10, 20, e 30$) e para cada plano de tarefas diferentes valores para os recursos pré-seleccionados ($X = 2, 4, 6 e 8$).

6.2.1 - SIMULAÇÕES E RESULTADOS PARA O MÉTODO DA SELECÇÃO INDEPENDENTE

Tendo em conta o plano de simulações definido anteriormente, e as actividades que fazem parte do processo de selecção para o método da selecção Independente (MSI), conforme definido no capítulo 5, a tabela 6.5 dá-nos os valores obtidos das simulações efectuadas.

Tabela 6.5 – Resultados das simulações para o MSI.

X_O, X_E, X	T[min] C[€]	Principal			Broker		
		n = 10	n = 20	n = 30	n = 10	n = 20	n = 30
$X = 2$ ($X_O = 22;$ $X_E = 7$)	T_P	1 150	2 300	3 450	863	1 725	2 588
	C_P	380	759	1 139	101	202	303
	T_{IA}	—	—	—	3	5	8
	C_{IA}	—	—	—	2	3	5
	T_{NI}	3 707	3 814	3 921	3 696	3 793	3 889
	C_{NI}	35	71	106	1 066	1 128	1 189
	T_{SF}	10	11	11	10	11	11
	C_{SF}	3	3	3	3	4	4
$X = 4$	T_P	2 250	4 500	6 750	1 688	3 375	5 063
	C_P	743	1 485	2 228	174	348	522

(X _O = 44; X _E = 13)	T _{IA}	—	—	—	3	5	8
	C _{IA}	—	—	—	2	3	15
	T _{NI}	3 713	3 826	3 939	3 702	3 803	3 905
	C _{NI}	37	75	112	1 069	1 135	1 200
	T _{SF}	11	11	12	11	11	12
	C _{SF}	3	3	3	4	4	4
X = 6 (X _O = 67; X _E = 20)	T _P	3 400	6 800	10 200	2 550	5 100	7 650
	C _P	1 122	2 224	3 366	259	518	776
	T _{IA}	—	—	—	3	6	9
	C _{IA}	—	—	—	2	4	5
	T _{NI}	3 720	3 840	3 960	3 708	3 816	3 924
	C _{NI}	40	79	119	1 074	1 143	1 212
	T _{SF}	11	12	13	11	12	13
	C _{SF}	3	3	3	4	4	4
X = 8 (X _O = 89; X _E = 27)	T _P	4 500	9 000	13 500	3 375	6 750	10 125
	C _P	1 485	2 970	4 455	344	687	1 031
	T _{IA}	—	—	—	3	6	9
	C _{IA}	—	—	—	2	4	6
	T _{NI}	3 727	3 854	3 981	3 714	3 829	3 943
	C _{NI}	42	119	126	1 078	1 151	1 224
	T _{SF}	11	13	14	11	13	14
	C _{SF}	3	3	3	4	4	5

Numa primeira análise com os valores obtidos, quer para o Principal quer para o Broker, verificamos que as actividades da procura de recursos e da negociação indirecta são aquelas que consomem mais tempo e apresentam maior custo. Para procedermos a uma análise comparativa entre os dois, vamos calcular o tempo total (TT) e o custo total (CT), tendo em atenção as expressões definidas no capítulo 6 que consideravam a possibilidade da execução de tarefas em paralelo, e que agora adaptadas a cada um dos intervenientes se podem definir por:

$$TT_{(P, MSI)} = T_P + T_{NI} + T_{SF}$$

$$CT_{(P, MSI)} = C_P + C_{NI} + C_{SF}$$

$$TT^1_{(B, MSI)} = T_P + T_{NI} + (1-c_1) * T_{SF}$$

$$CT_{(B, MSI)} = C_P + C_{IA} + C_{NI} + C_{SF}$$

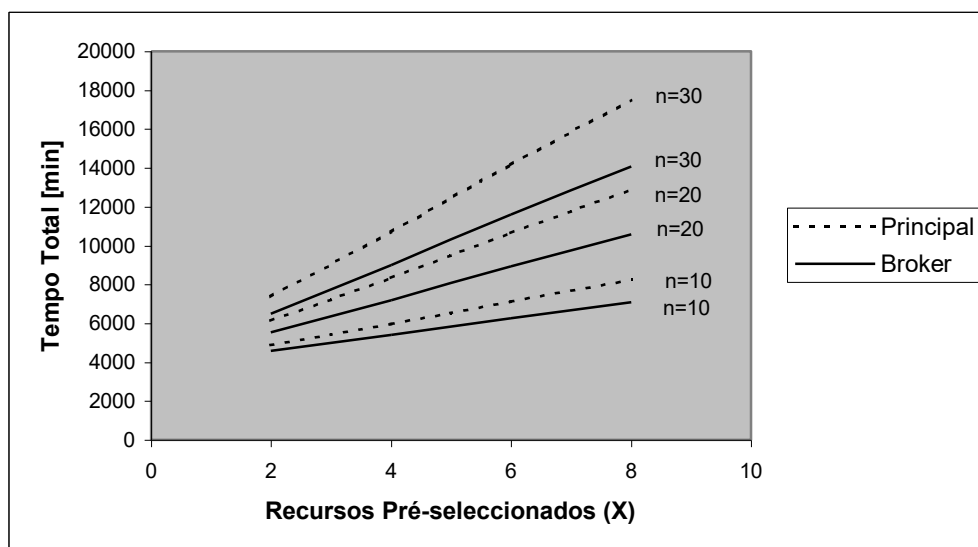
De acordo com as expressões acima, a tabela 6.6 apresenta os resultados dos totais.

¹ Não entra o tempo da identificação automática porque pode ser processada em simultâneo com a Procura, e há uma parte da selecção final, cujos recursos para as tarefas foram obtidos pela identificação automática, que pode ser processada em paralelo com a negociação indirecta, ver figura 5.22.

Tabela 6.6 – Tempos e custos totais do processo de selecção com o Principal e com o Broker para o MSI.

X_O, X_E, X	T[min] C[€]	Principal			Broker		
		n = 10	n = 20	n = 30	n = 10	n = 20	n = 30
X = 2 ($X_O = 22; X_E = 7$)	TT	4 867	6 125	7 382	4 568	5 528	6 487
	CT	418	833	1 248	1 172	1 337	1 501
X = 4 ($X_O = 44; X_E = 13$)	TT	5 974	8 337	10 701	5 400	7 188	8 979
	CT	783	1 563	2 343	1 247	1 490	1 741
X = 6 ($X_O = 67; X_E = 20$)	TT	7 131	10 652	14 173	6 268	8 927	11 586
	CT	1 165	2 306	3 488	1 339	1 669	1 997
X = 8 ($X_O = 89; X_E = 27$)	TT	8 238	12 867	17 495	7 099	10 591	14 081
	CT	1 530	3 092	4 584	1 428	1 846	2 266

Para uma melhor visualização do comportamento dos tempos e dos custos construíram-se curvas de interpolação com os valores da tabela 6.6 e obtiveram-se os gráficos representados nas figuras 6.2 e 6.3.

**Figura 6.2** – Representação das curvas de interpolação dos tempos para o MSI.

Da figura 6.2 constatamos que o Broker apresenta sempre melhor desempenho do que o Principal aumentando progressivamente para um mesmo Plano de Tarefas à medida que o número de recursos

pré-seleccionados aumenta (leitura na horizontal), e também aumentando progressivamente para um mesmo número de recursos pré-seleccionados, à medida que o número de tarefas aumenta.

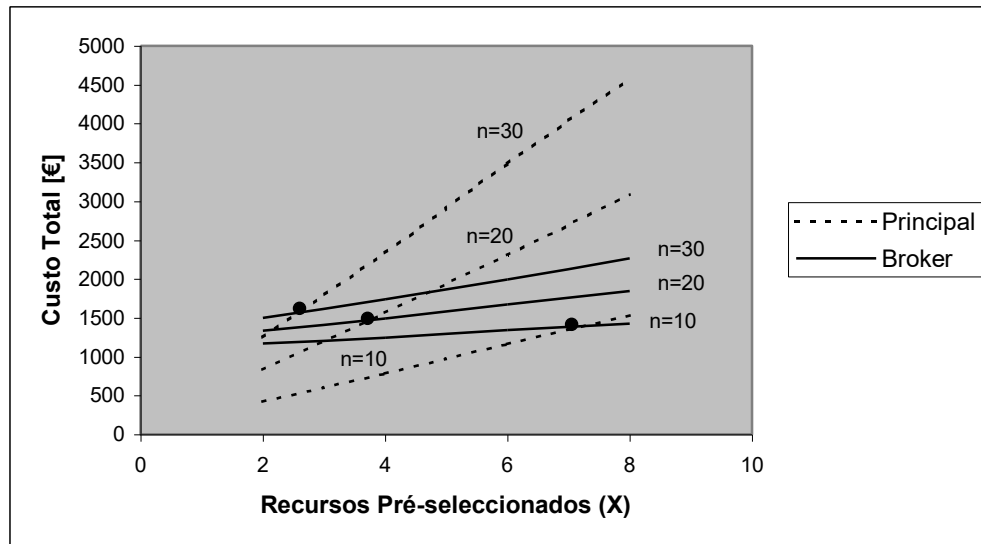


Figura 6.3 - Representação das curvas de interpolação dos custos para o MSI.

Analisando a figura 6.3 verificamos que para cada valor de n dá-se a intersecção da curva do Principal com a do Broker (representada na figura por um ponto), o que significa que a partir desse ponto o Broker tem possibilidades de efectuar a selecção a menores custos. Verifica-se ainda que esse ponto desloca-se no sentido do menor número de recursos pré-seleccionados (para a direita) à medida que n aumenta.

Em virtude das análises efectuadas aos tempos e aos custos, a figura 6.4, identifica as duas zonas em que se pode avaliar e comparar o desempenho de ambos. Uma vez que só para os custos se dá a inversão de desempenhos, a linha fronteira da figura foi construída com base na interpolação dos pontos de intersecção da figura 6.3.

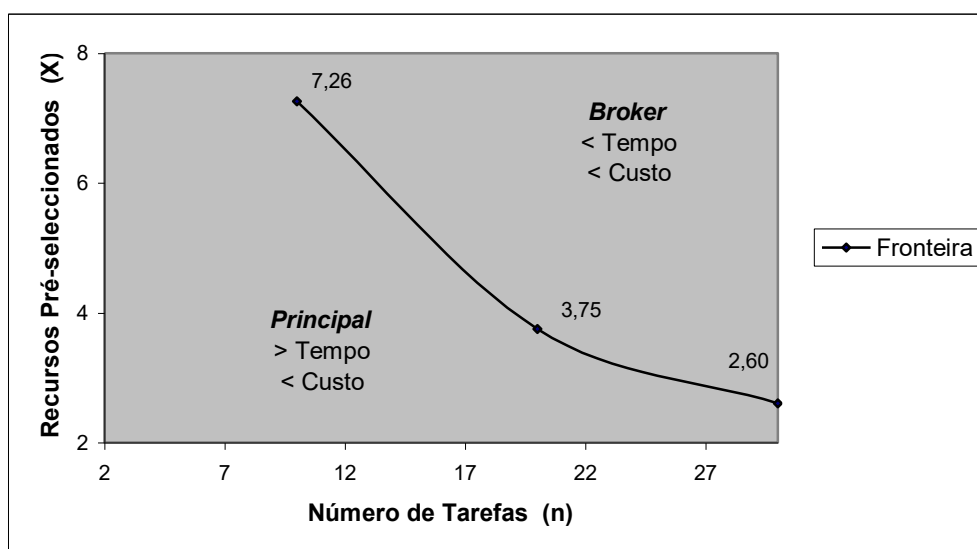


Figura 6.4 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSI.

6.2.2 - SIMULAÇÕES E RESULTADOS PARA O MÉTODO DA SELECÇÃO DEPENDENTE SEM A PRÉ-SELECÇÃO DE RECURSOS DE TRANSPORTE

Com o plano de simulações definido anteriormente, e considerando as actividades que fazem parte do processo de selecção para o método da selecção dependente sem a pré-selecção de recursos de transporte (MSDS) conforme definido no capítulo 5, a tabela 6.7 dá-nos os resultados obtidos das simulações efectuadas.

Tabela 6.7 – Resultados das simulações para o MSDS.

X_O, X_E, X	T[min] C[€]	Principal			Broker		
		n = 10	n = 20	n = 30	n = 10	n = 20	n = 30
$X = 2$ ($X_O = 22;$ $X_E = 7$)	T_P	1 150	2 300	3 450	863	1 725	2 588
	C_P	380	759	1 139	101	202	303
	T_{IA}	—	—	—	3	5	8
	C_{IA}	—	—	—	2	3	5
	T_{NI}	3 707	3 814	3 921	3 696	3 793	3 889
	C_{NI}	35	71	106	1 066	1 128	1 189
	T_{AS}	26	26	27	3	3	4
	C_{AS}	9	9	9	2	2	2
	T_{SI}	60	60	60	3	3	3
	C_{SI}	20	20	20	1	1	1
	T_{SF}	27	17 486	1,8E+7	15	19	24
	C_{SF}	3	3	3	5	6	8

X = 4 (X _O = 44; X _E = 13)	T _P	2 250	4 500	6 750	1 688	3 375	5 063
	C _P	743	1 485	2 228	174	348	522
	T _{IA}	—	—	—	3	5	8
	C _{IA}	—	—	—	2	3	15
	T _{NI}	3 713	3 826	3 939	3 702	3 803	3 905
	C _{NI}	37	75	112	1 069	1 135	1 200
	T _{AS}	26	27	28	3	4	5
	C _{AS}	9	9	9	2	2	3
	T _{SI}	60	60	60	3	3	3
C _{SI}	20	20	20	1	1	1	
T _{SF}	17 486	1,8E+10	1,9E+16	25	39	54	
C _{SF}	3	3	3	8	12	17	
X = 6 (X _O = 67; X _E = 20)	T _P	3 400	6 800	10 200	2 550	5 100	7 650
	C _P	1 122	2 224	3 366	259	518	776
	T _{IA}	—	—	—	3	6	9
	C _{IA}	—	—	—	2	4	5
	T _{NI}	3 720	3 840	3 960	3 708	3 816	3 924
	C _{NI}	40	79	119	1 074	1 143	1 212
	T _{AS}	27	28	29	4	5	6
	C _{AS}	9	9	9	2	3	4
	T _{SI}	60	60	60	3	3	3
C _{SI}	20	20	20	1	1	1	
T _{SF}	1,0E+6	6,1E+13	3,7E+21	40	70	100	
C _{SF}	3	3	3	13	22	31	
X = 8 (X _O = 89; X _E = 27)	T _P	4 500	9 000	13 500	3 375	6 750	10 125
	C _P	1 485	2 970	4 455	344	687	1 031
	T _{IA}	—	—	—	3	6	9
	C _{IA}	—	—	—	2	4	6
	T _{NI}	3 727	3 854	3 981	3 714	3 829	3 943
	C _{NI}	42	119	126	1 078	1 151	1 224
	T _{AS}	27	28	30	4	5	7
	C _{AS}	9	9	9	2	3	4
	T _{SI}	60	60	60	3	3	3
C _{SI}	20	20	20	1	1	1	
T _{SF}	1, 8E+7	1,9E+16	2,0E+25	61	111	162	
C _{SF}	3	3	3	20	34	50	

Com os valores obtidos, verificamos que para o Principal o tempo da selecção final passa a ocupar a maior fatia do tempo total à medida que n aumenta para um mesmo X , ou à medida que este aumenta para um mesmo n , atingindo mesmo valores que não são suportáveis num processo de selecção real. Contudo o custo da selecção final mantém-se constante e sem grande peso face ao custo da procura e da negociação indirecta, em virtude das considerações que fizemos referente à libertação do seleccionador durante o processamento da selecção final.

No caso do Broker verifica-se similarmente um aumento do tempo da selecção final mas mantendo-se a procura e a negociação indirecta com a maior percentagem quer do tempo quer do custo.

Para procedermos a uma análise comparativa entre os dois, vamos calcular o tempo total (TT) e o custo total (CT), tendo em atenção as expressões definidas no capítulo 5, e que adaptadas a cada um dos intervenientes se podem definir por:

$$\begin{aligned} TT_{(P, MSDS)} &= T_P + T_{NI} + T_{AS} + T_{SI} + T_{SF} \\ CT_{(P, MSDS)} &= C_P + C_{NI} + C_{AS} + C_{SI} + C_{SF} \\ TT_{(B, MSDS)} &= T_P + T_{NI} + T_{AS} + T_{SI} + T_{SF} \\ CT_{(B, MSDS)} &= C_P + C_{IA} + C_{NI} + C_{AS} + C_{SI} + C_{SF} \end{aligned}$$

De acordo com as expressões acima, a tabela 6.8 apresenta os resultados dos totais.

Tabela 6.8 – Tempos e custos totais do processo de selecção com o Principal e com o Broker para o MSDS.

X _O , X _E , X	T[min] C[€]	Principal			Broker		
		n = 10	n = 20	n = 30	n = 10	n = 20	n = 30
X = 2 (X _O = 22; X _E = 7)	TT	4 970	23 686	1,8E+7	4 580	5 543	6 508
	CT	447	862	1 277	1 177	1 342	1 508
X = 4 (X _O = 44; X _E = 13)	TT	23 535	1,8E+10	1,9E+16	5 421	7 224	9 030
	CT	812	1 592	2 372	1 256	1 501	1 758
X = 6 (X _O = 67; X _E = 20)	TT	1,0E+6	6,1E+13	3,7E+21	6 305	8 994	11 683
	CT	1 194	2 335	3 517	1 351	1 691	2 029
X = 8 (X _O = 89; X _E = 27)	TT	1,8E+7	1,9E+16	2,0E+25	7 157	10 698	14 240
	CT	1 559	3 121	4 613	1 447	1 880	2 428

Para uma melhor visualização do comportamento dos tempos e dos custos construíram-se curvas de interpolação com os valores da tabela 6.8 e obtiveram-se os gráficos representados nas figuras 6.5 e 6.6.

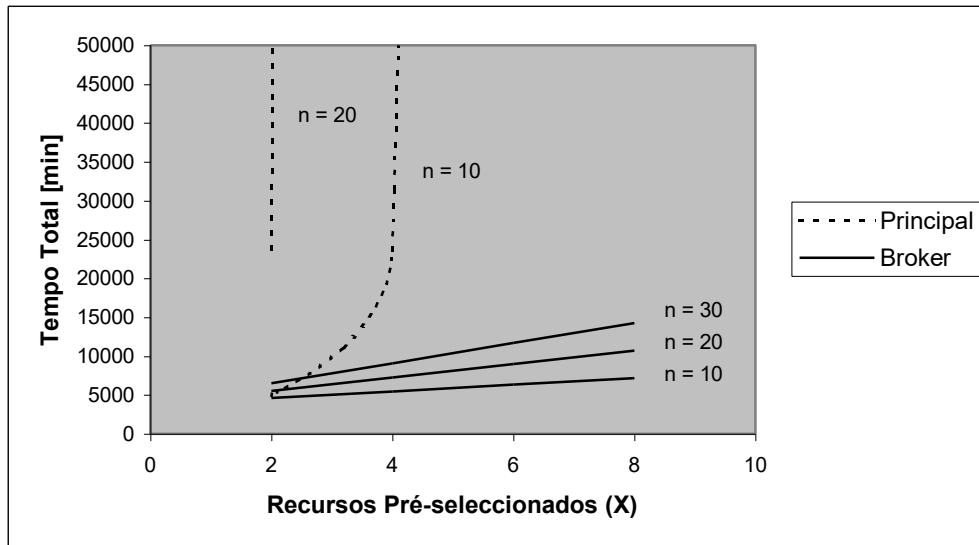


Figura 6.5 – Representação das curvas de interpolação dos tempos para o MSDS.

Observando a tabela 6.8 e a figura 6.5 não há dúvidas que o Broker apresenta sempre menores tempos do que o Principal. Constatámos ainda, não só pelos valores da tabela 6.8 mas também com outras simulações complementares, que considerando um tempo útil¹ para a selecção de 50 000 min e para valores de $n = 5, 10, 15, 20$ e 21 (limite máximo de n encontrado), que o Principal só possuía capacidade para efectuar a selecção nos seguinte casos:

- para $n = 5$ com X até 19;
- para $n = 10$ com X até 4;
- para $n = 15$ com X até 2;
- para $n = 20$ com X até 2;
- para $n = 21$ com X até 2.

No caso de $n = 30$ é mesmo impossível para o Principal². Repare-se que na figura 6.5, em que se limitaram os tempos a um valor máximo de 50 000 min, não aparece nenhum ponto da curva do Principal para $n = 30$, o que significa que saem fora desse limite.

¹ Se o tempo da selecção for menor que o tempo disponível para a selecção.

² Não foi considerado o $X = 1$ porque não faria sentido a selecção final uma vez que o sistema já estaria definido à priori.

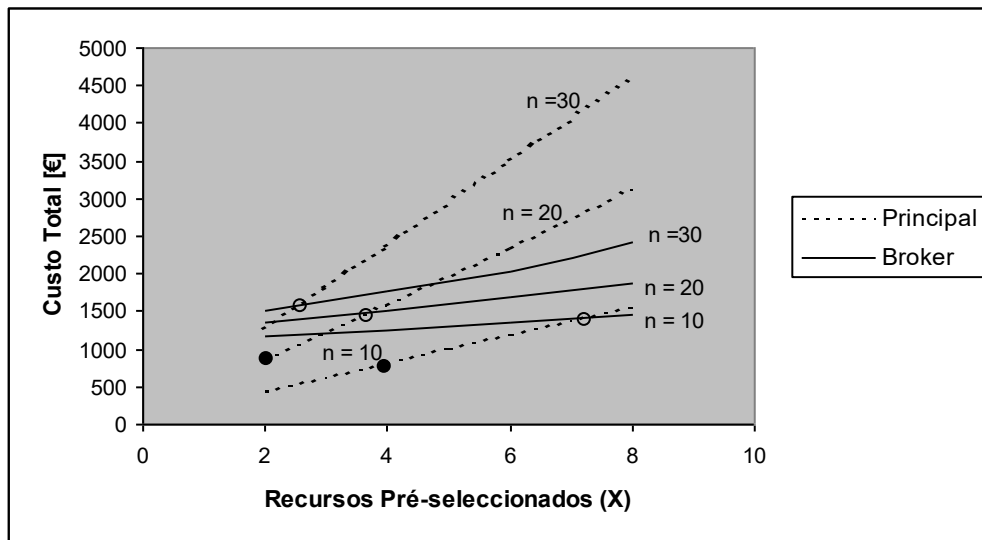


Figura 6.6 - Representação das curvas de interpolação dos custos para o MSDS.

Quanto aos custos, verificamos da figura 6.6, que para um mesmo n , o Principal apresenta melhores valores do que o Broker até determinado valor de X , representados na figura pelos pontos das intersecções das curvas. Contudo esses valores são superiores aqueles que permitem a selecção pelo Principal em tempo útil (pontos a cheio), e por isso, a fronteira de custos entre o principal e o Broker deverá ser a que advém dos tempos.

Como síntese da análise efectuada, podemos dizer que há duas zonas a considerar para a validação com o MSDS. Abaixo da linha fronteira da figura 6.7, o Principal tem hipóteses de concorrer com o Broker quanto aos custos, mas apresenta piores tempos. Acima da fronteira o Broker domina devido aos tempos do Principal saírem de limites admissíveis para a selecção.

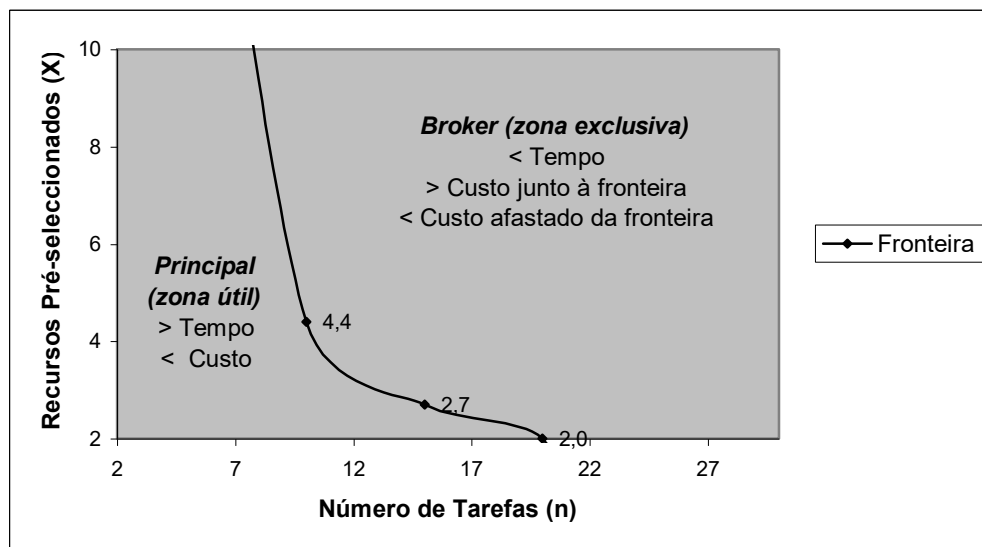


Figura 6.7 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSDS.

6.2.3 - SIMULAÇÕES E RESULTADOS PARA O MÉTODO DE SELECÇÃO DEPENDENTE COM PRÉ-SELECÇÃO DE RECURSOS DE TRANSPORTE

Seguindo o mesmo plano de simulações e desrincando as actividades que se repetem para os recursos de processamento (rp) e para os recursos de transporte (rt), e considerando que são pré-seleccionados o mesmo número de recursos de processamento e de transporte, a tabela 6.9 dá-nos os valores parciais do tempo e do custo para o método de selecção dependente com a pré-selecção de recursos de transporte (MSDC). Devido aos algoritmos que analisámos no capítulo 5, nenhum deles mostrar ter sido aplicado ao MSDC, i.e., os valores referentes aos transportes eram estimados, resolvemos não avançar com valores para as actividades da selecção final com o Broker. Contudo, com os resultados que se obtiveram, vão-se poder extrair algumas conclusões como veremos.

Tabela 6.9 – Resultados das simulações para o MSDC.

X _O , X _E , X	T[<u>min</u>] C[<u>€</u>]	Principal			Broker		
		n = 10	n = 20	n = 30	n = 10	n = 20	n = 30
X = 2 (X _O = 22; X _E = 7)	T _{P(rp)}	1 150	2 300	3 450	863	1 725	2 588
	C _{P(rp)}	380	759	1 139	101	202	303
	T _{IA(rp)}	—	—	—	3	5	8
	C _{IA(rp)}	—	—	—	2	3	5
	T _{NI(rp)}	3 707	3 814	3 921	3 696	3 793	3 889
	C _{NI(rp)}	35	71	106	1 066	1 128	1 189
	T _{AS}	26	26	27	3	3	4
	C _{AS}	9	9	9	2	2	2
	T _{P(rt)}	4 600	9 200	13 800	3 450	6 900	10 350
	C _{P(rt)}	1 518	3 036	4 554	217	429	642
	T _{IA(rt)}	—	—	—	10	21	31
	C _{IA(rt)}	—	—	—	7	13	20
	T _{NI(rt)}	4 028	4 456	4 884	3 985	4 370	4 756
	C _{NI(rt)}	141	282	424	1 251	1 497	1 744
T _{SI}	120	120	120	3	3	3	
C _{SI}	40	40	40	1	1	1	
T _{SF}	17 486	1,8E+10	1,9E+16	Não temos	Não temos	Não temos	
C _{SF}	3	3	3	Não temos	Não temos	Não temos	
X = 4 (X _O = 44; X _E = 13)	T _{P(rp)}	2 250	4 500	6 750	1 688	3 375	5 063
	C _{P(rp)}	743	1 485	2 228	174	348	522
	T _{IA(rp)}	—	—	—	3	5	8
	C _{IA(rp)}	—	—	—	2	3	15
	T _{NI(rp)}	3 713	3 826	3 939	3 702	3 803	3 905
	C _{NI(rp)}	37	75	112	1 069	1 135	1 200
	T _{AS}	26	27	28	3	4	5
	C _{AS}	9	9	9	2	2	3
	T _{P(rt)}	36 000	72 000	108 000	27 000	54 000	81 000
	C _{P(rt)}	11 880	23 760	35 640	1 118	2 220	3 322
T _{IA(rt)}	—	—	—	43	87	130	

	$C_{IA(rt)}$	—	—	—	28	56	83
	$T_{NI(rt)}$	5 408	7 216	9 024	5 227	6 854	8 482
	$C_{NI(rt)}$	597	1 193	1 790	2 046	3 087	4 129
	T_{SI}	120	120	120	3	3	3
	C_{SI}	40	40	40	1	1	1
	T_{SF}	1,8E+10	2,0E+22	2,2E+34	Não temos	Não temos	Não temos
	C_{SF}	3	3	3	Não temos	Não temos	Não temos
X = 6 ($X_O = 67$; $X_E = 20$)	$T_{P(rp)}$	3 400	6 800	10 200	2 550	5 100	7 650
	$C_{P(rp)}$	1 122	2 224	3 366	259	518	776
	$T_{IA(rp)}$	—	—	—	3	6	9
	$C_{IA(rp)}$	—	—	—	2	4	5
	$T_{NI(rp)}$	3 720	3 840	3 960	3 708	3 816	3 924
	$C_{NI(rp)}$	40	79	119	1 074	1 143	1 212
	T_{AS}	27	28	29	4	5	6
	C_{AS}	9	9	9	2	3	4
	$T_{P(rt)}$	122 400	244 800	367 200	91 800	183 600	275 400
	$C_{P(rt)}$	40 392	80 784	121 176	3 471	6 906	10 341
	$T_{IA(rt)}$	—	—	—	102	204	306
	$C_{IA(rt)}$	—	—	—	65	131	196
	$T_{NI(rt)}$	7 920	12 240	16 560	7 488	11 376	15 264
	$C_{NI(rt)}$	1 426	2 851	4 277	3 493	5 981	8 469
T_{SI}	1200	120	120	3	3	3	
C_{SI}	40	40	40	1	1	1	
T_{SF}	1,0E+13	2,2E+29	8,2E+44	Não temos	Não temos	Não temos	
C_{SF}	3	3	3	Não temos	Não temos	Não temos	
X = 8 ($X_O = 89$; $X_E = 27$)	$T_{P(rp)}$	4 500	9 000	13 500	3 375	6 750	10 125
	$C_{P(rp)}$	1 485	2 970	4 455	344	687	1 031
	$T_{IA(rp)}$	—	—	—	3	6	9
	$C_{IA(rp)}$	—	—	—	2	4	6
	$T_{NI(rp)}$	3 727	3 854	3 981	3 714	3 829	3 943
	$C_{NI(rp)}$	42	119	126	1 078	1 151	1 224
	T_{AS}	27	28	30	4	5	7
	C_{AS}	9	9	9	2	3	4
	$T_{P(rt)}$	288 000	576 000	864 000	216 000	432 000	648 000
	$C_{P(rt)}$	95 040	190 080	285 120	7 944	15 824	23 704
	$T_{IA(rt)}$	—	—	—	189	378	564
	$C_{IA(rt)}$	—	—	—	121	242	362
	$T_{NI(rt)}$	11 728	19 856	27 984	10 915	18 230	25 546
	$C_{NI(rt)}$	2 682	5364	8 047	5 686	10 368	15 050
T_{SI}	1200	120	120	3	3	3	
C_{SI}	40	40	40	1	1	1	
T_{SF}	1,9E+16	2,2E+34	2,6E+52	Não temos	Não temos	Não temos	
C_{SF}	3	3	3	Não temos	Não temos	Não temos	

Como não foi possível aferir os tempos e os respectivos custos da selecção final para o Broker, não vamos poder comparar desempenhos absolutos dos intervenientes, mas em virtude dos resultados da tabela 6.9, vemos que quer o Principal, quer o Broker podem ver limitadas a sua acção em consequência dos valores muito elevados do tempo que aparecem para algumas actividades.

Dos valores da tabela verificamos que para o Principal, à semelhança do método anterior, que o tempo da selecção final ocupa a maior percentagem do tempo da selecção, atingindo na totalidade das simulações, com excepção dos resultados de $n = 10$ com $X = 2$, valores que tornam a selecção não exequível em tempo útil.

Outra observação importante, é o aparecimento da actividade da procura dos recursos de transporte a ocupar não só o segundo maior valor dos tempos para o Principal, como também a ocupar o maior valor de custos quer para o Principal quer para o Broker, e para este, o maior valor dos tempos disponíveis, cujos valores atingidos poderão antever restrições ao seu domínio. Verifica-se mesmo que os valores obtidos para essas actividades são superiores aos obtidos com as suas congéneres dos recursos de processamento. Ora, essa diferença deve-se ao facto de que para um plano de processamento com \underline{n} tarefas de processamento e com \underline{X} recursos pré-seleccionados para cada uma dessas tarefas, existem em média $n \cdot X^2$ tarefas de transporte diferentes.

Como vemos possuímos elementos que nos podem permitir obter o domínio (em função de X e de n) para os dois seleccionadores. Para o Principal, considerando que o tempo útil de selecção é de 50.000min, fizeram-se simulações complementares e obteve-se uma linha fronteira, visível na figura 6.8 que delimita o domínio da selecção com o Principal. À zona abaixo da linha fronteira, designámo-la por zona útil do Principal e não por domínio, em virtude do Principal não ser o único a poder seleccionar nessa zona. Como vemos, o domínio do Principal vê-se reduzido em relação ao método anterior, MSDS.

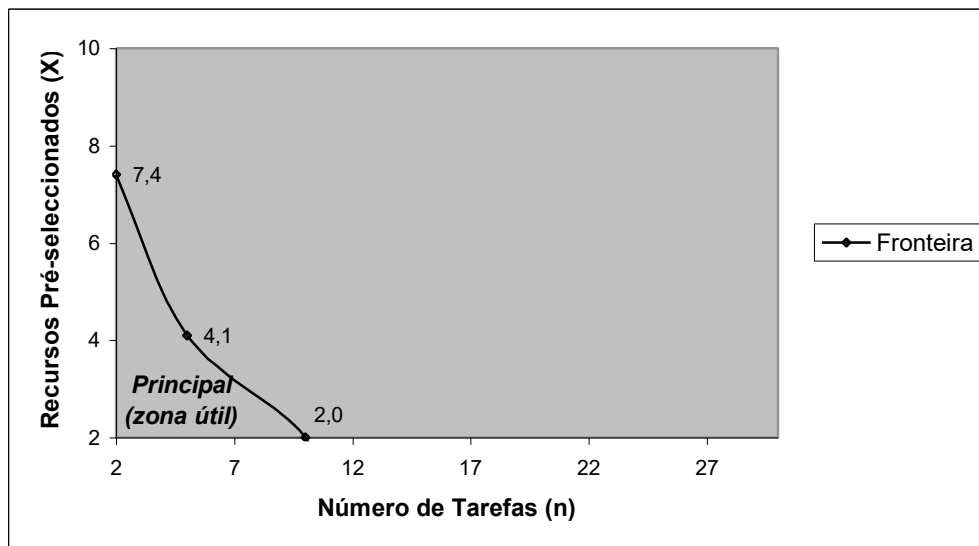


Figura 6.8 – Identificação do domínio do Principal para o MSDC.

A questão que se coloca de seguida é se o Broker, também não vê o seu domínio reduzido face ao MSDS. Face às nossas condições do demonstrador, e dos resultados obtidos na tabela 6.9 vemos que

a pré selecção de recursos de transporte pode inviabilizar o processo de selecção em tempo útil devido aos valores elevados que aparecem à medida que \underline{X} e \underline{n} aumentam. Mesmo sem valores para a selecção final com o Broker, podemos majorar o domínio do broker, através dos restantes valores. Foi o que fizemos, admitiu-se novamente um tempo útil de 50.000min e obtivemos um domínio majorado para o Broker, conforme figura 6.9.

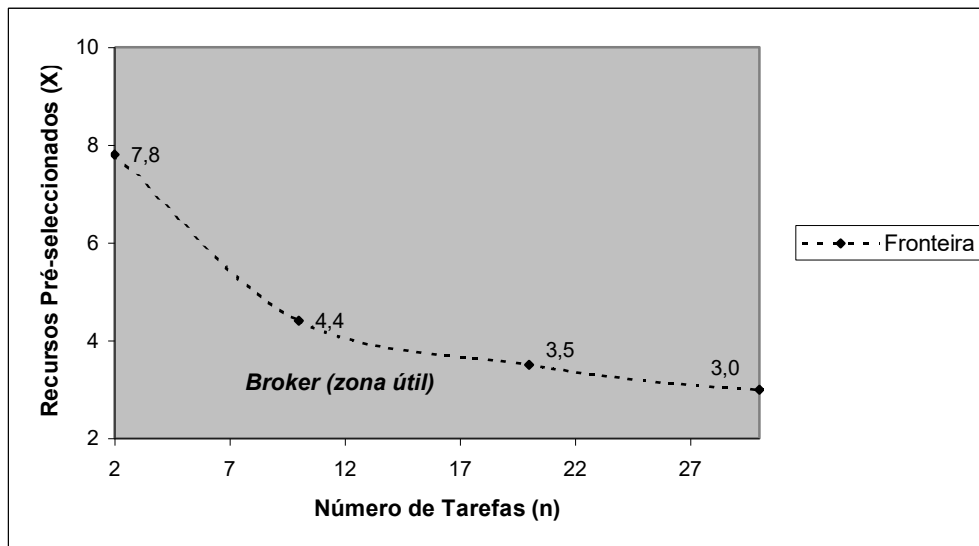


Figura 6.9 - Identificação do domínio (majorado) do Broker para o MSDC.

Pensamos que para o Broker a maior dificuldade não será em seleccionar um algoritmo de solução não exacta, que responda mais favoravelmente aos requisitos da selecção para o MSDC do que o Principal, mas sim proceder à pré selecção de recursos de transporte no tempo desejável. Contudo, a fronteira encontrada, que não é rígida, tenderá a deslocar-se em duas direcções:

- Para cima, se o Broker aumentar a sua capacidade da actividade de identificação Automática, nomeadamente para os recursos de transporte. Lembra-se que considerámos que apenas para 10% das tarefas se poderia recorrer a esta actividade do Broker e por isso, pensamos que no caso das tarefas de transporte há margem para melhorar essa percentagem em virtude da menor complexidade das tarefas de transporte face às de processamento;
- Para baixo, quanto maior for o tempo despendido com a selecção final com o Broker.

Apesar de não podermos comparar em termos absolutos os desempenhos dos seleccionadores, é possível com os dados que possuímos, prever que os custos do Principal dentro do seu domínio são menores que os do Broker. Esta constatação deve-se ao facto dos custos do Principal já serem

menores do que os do Broker mesmo sem entrarmos com os custos da selecção final deste. A figura 6.10 dá-nos a validação do MSDC que se conseguiu com as simulações efectuadas.

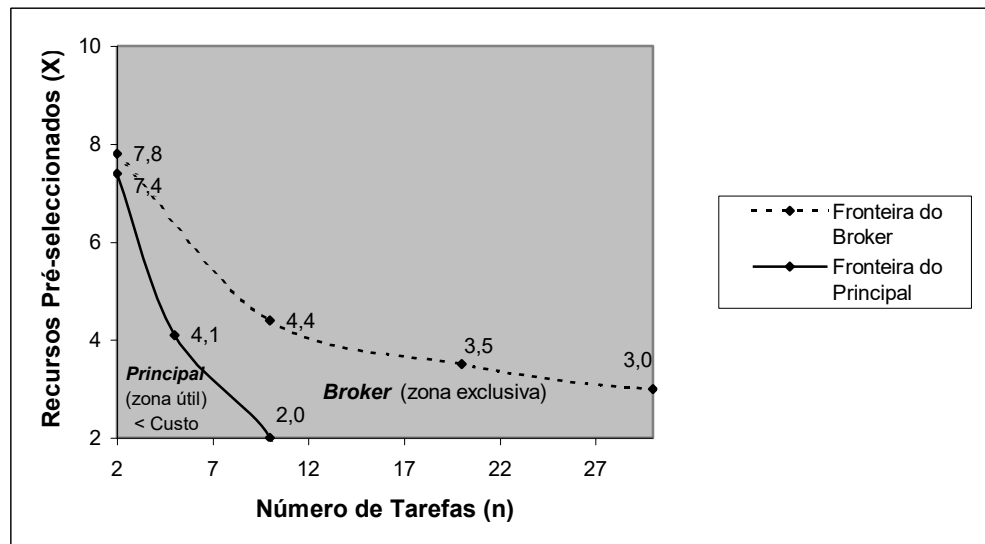


Figura 6.10 – Validação do desempenho do Principal e do Broker para o MSDC.

6.2.4 - SÍNTESE DA VALIDAÇÃO DO PRINCIPAL E DO BROKER PARA OS TRÊS MÉTODOS

Tal como esperávamos, os três métodos de selecção abordados, o MSI, o MSDS e o MSDC, que por esta ordem são sucessivamente mais precisos, mostraram que pela mesma ordem, são progressivamente mais difíceis de aplicação à selecção de recursos para as E A/Vs, independentemente de se tratar do Principal ou do Broker o responsável pela selecção. Esta dificuldade é sentida pelo progressivo aumento dos custos e dos tempos da selecção verificados nas simulações efectuadas. Contudo, esse aumento não é sentido de forma igual pelos dois intervenientes nem pelas mesmas causas.

Para os três métodos encontrámos uma linha fronteira que delimita as validações do Principal. Essa linha que para o MSI estava associada aos custos, nos outros dois métodos deveu-se à limitação do domínio do Principal devido aos tempos da selecção saírem fora do tempo útil considerado (50.000min), deslocou-se no sentido dos menores valores de \underline{n} e de \underline{X} . Sobre as zonas que esta fronteira delimita podemos constatar que:

- (1) Abaixo da fronteira o Principal apresenta a sua única possibilidade de concorrer com o Broker por apresentar menores custos;

- (2) Acima da fronteira o Broker domina o desempenho do processo de selecção, quer por apresentar menores custos e menores tempos, para o caso do MSI, quer pelo Principal não poder efectuar a selecção em tempo útil nessa zona, para o MSDS e para o MSDC;
- (3) No caso do MSDC acima da fronteira do Principal aparece uma fronteira móvel, que interpõe ao Broker, dificuldades em efectuar a selecção em tempo útil acima dela.

Dos três pontos acima, que estão directamente relacionados com três zonas de validação, a única que não nos oferece dúvida é a relacionada com o ponto (2), em que aí a selecção é validada para o Broker.

Referente ao ponto (1), abaixo da fronteira do Principal, há factores complementares que no nosso entender dão vantagem ao Principal. Não obstante o facto de que o Principal apresenta menores custos, e relembramos que não entramos com os lucros, e impostos do Broker, o que ajudaria a acentuar ainda mais essa diferença, haveria ainda que não descurar os tempos e os custos do Principal em transaccionar com o Broker. Isto é, o Principal ao confrontar-se com a decisão de ser ele próprio ou recorrer ao Broker para efectuar a selecção, tem de considerar para além do tempo e do custo do Broker, o tempo e o custo que está associado à transacção com o Broker. Esses custos, segundo (Besanko, D. et al., 1996) decompõem-se nos custos de coordenação entre patamares da cadeia logística, nos custos da fuga de informação privada e nos custos de transacção.

Deste conjunto de custos, os dois primeiros são difíceis de quantificar, enquanto os custos de transacção são quantificáveis. O conceito de custos de transacção, associado à teoria dos custos de transacção, foi descrito pela primeira vez por (Coase, R., 1937) e aprofundado por (Williamson, O., 1975). Segundo este último (Williamson, O., 1985) os custos de transacção decompõem-se em quatro custos separados, custos de procura; de contratação, monitorização e nos custos de fazer cumprir o contracto estabelecido. Posto isso, pensamos que abaixo da fronteira do Principal, ele próprio ganha vantagem no desempenho do processo de selecção.

Contudo o ponto (3) indicia que também o Broker poderá ter dificuldades na selecção para o MSDC, e que são causadas essencialmente pelas actividades da pré-selecção dos recursos de transporte. Pensamos, que o projecto do mercado de recursos definido em (Cunha, M., 2003) pode ser para o Broker uma ferramenta à qual poderá recorrer para melhorar o desempenho dessas actividades.

Retratando o que dissemos, a figura 6.11 apresenta as validações do Principal e do Broker numa forma qualitativa, para os três métodos de selecção.

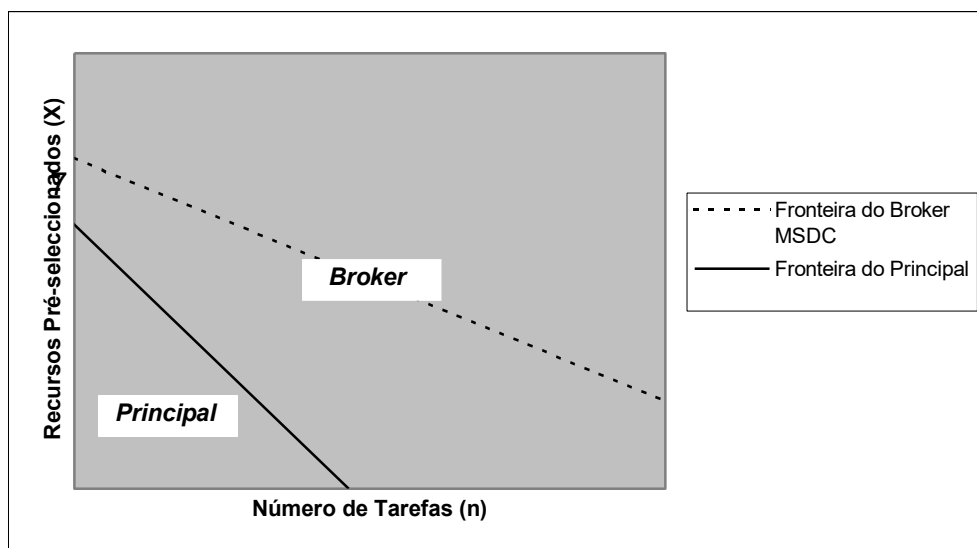


Figura 6.11 – Representação esquemática da validação do Principal e do Broker.

Na zona próxima da linha fronteira do Principal, a decisão a quem cabe o processo de selecção é mais complexo. Nessa zona pensamos que os modelos económicos existentes, de apoio à decisão da subcontratação, que segundo (Dekkers, R., 2000) que passamos a citar, são: “a teoria dos custos de transacção de Coase e de Williamson; o modelo político de Pfeffer; o paradigma da competência central de Quinn; o modelo de subcontratação para sistema de informação Loof, e o modelo de fundo objectivo de Hoogeveen“, podem dar um contributo importante na tomada de decisão da E A/V.

Face ao exposto, não há dúvidas que o Broker é um agente necessário no processo de selecção do sistema de recursos para as E A/Vs. Diríamos mais, num processo de reconfiguração dum sistema de recursos, em que à partida já existem dados dos recursos que foram pré-seleccionados na primeira configuração do sistema, o que significa que a fase da pré-selecção já está, se não toda, parcialmente efectuada, o Broker, podendo seleccionar o algoritmo e proceder em tempo útil à selecção final, é o agente chave na agilidade pretendida para a reconfiguração das E A/Vs.

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES

CAPÍTULO 7

CONCLUSÕES.....181

7.1 - Conclusões gerais.....183

7.2 - Áreas de Futuros Desenvolvimentos.....185

Apresentam-se neste capítulo as conclusões gerais desta tese tendo em atenção os objectivos a que nos propusemos e apontam-se caminhos para trabalhos futuros no intuito de aperfeiçoar o conhecimento da selecção de sistemas de recursos para a integração das E A/Vs e assim munir o difícil processo de selecção num processo com maior agilidade.

7.1 - CONCLUSÕES GERAIS

Tínhamos já conhecimento, o quão difícil é o processo de selecção de recursos, e por isso, no nosso modelo de E A/V, a BM_VEARM, apontámos a necessidade de que o nosso modelo deveria recorrer a duas entidades exteriores (o Mercado de Recursos e o Broker) para que o projecto e operação da BM_VEARM se tornassem mais eficazes e eficientes. A nossa preocupação neste trabalho centrou-se principalmente em mostrar que para um modelo de selecção rigoroso e abrangente a qualquer requisito da E A/V, os serviços que o Broker pode prestar à nossa E A/V, e porque não a outras, nomeadamente no processo de selecção, podem contribuir para garantir o sucesso do projecto, implementação e operação da mesma.

Para realizar o nosso trabalho seguimos as cinco fases definidas na descrição e plano de trabalhos do projecto do doutoramento, já referidas no capítulo da Introdução. Em simultâneo, e à medida que o desenvolvimento dos trabalhos justificavam, publicaram-se artigos, no sentido de servirem como mais uma fonte de debate e de orientação da nossa tese.

Atendo às cinco fases que foram definidas, podemos concluir que:

- Os objectivos que nos propúnhamos atingir enquadravam-se nas necessidades de investigação.

Decorrente da análise do estado da arte que fizemos, mostrámos a partir da literatura as nossas principais preocupações sentidas no processo da selecção para E A/Vs, identificando mesmo diferentes métodos de selecção que podem influenciar o desempenho do processo de

selecção, e que pela primeira vez se fez referência ao método da selecção com pré-selecção de recursos de transporte. Por outro lado, ao analisarmos os modelos de selecção para vários casos, constatámos a falta de flexibilidade de cada um e falta de rigor na definição de cada modelo. Lembra-se que os modelos encontrados referiam-se a casos específicos, não cobriam todo o espectro das possíveis necessidades da selecção, não definiam parâmetros de desempenho do processo de selecção, nem especificavam o agente seleccionador para a maioria dos casos.

Contudo, verificámos que a par com a nossa tese de que ao Broker deverá caber a responsabilidade da selecção, alguns modelos de Broker defendiam igualmente esta posição apesar de justificarem essa necessidade mais no aspecto qualitativo e não quantitativo, i.e., sem quantificar valores de desempenho da selecção.

- Criámos um modelo de selecção rigoroso e abrangente.

O modelo foi descrito em IDEF0, constituído pelas actividades mais representativas dum processo de selecção, tendo-se introduzindo pela primeira vez actividades que até ao momento nunca haviam sido ponderadas, como a avaliação do espaço de soluções e a selecção do algoritmo de selecção.

Chamámo-lo rigoroso porque para além da explicação detalhada de cada um das suas actividades e das ferramentas disponíveis para a sua execução, definiram-se expressões de custo e de tempo para cada uma e para todo o processo de selecção, i.e., o custo e o tempo total.

Quanto à designação de abrangente, justifica-se porque pode ser aplicado a qualquer método de selecção para qualquer plano de tarefas e seus requisitos associados, conforme se mostrou nas simulações do demonstrador.

- Construiu-se um demonstrador numérico para o modelo de selecção baseado em estimativas reais dos seus parâmetros e com base no nosso conhecimento, que permitiu simular o desempenho do Broker e do Principal com esse modelo.
- Com as simulações do demonstrador e seus resultados, validámos:
 - (1) A necessidade do Broker no processo de selecção tal como defendíamos em tese para o nosso modelo BM_VEARM, sendo extensível a outros modelos de E A/Vs. Mostrámos que a sua importância é tanto maior, quanto maior o número de tarefas, o número de recursos pré-seleccionados, e quanto mais complexo for o método de selecção.
 - (2) O nosso modelo de selecção no sentido de que pode ser aplicado a qualquer método de selecção para qualquer dimensão do plano de tarefas, mas que, para que possa ser abrangente necessita dum Broker munido com as ferramentas apropriadas para a selecção.

Como conclusão final desta tese, diríamos que o Processo de selecção dum sistema de recursos para a integração numa E A/V sai enriquecido com este trabalho, e quer o Principal quer o Broker sabem neste momento quais são as suas potencialidades e limitações nesse processo. O Principal tem agora indicadores até onde pode contribuir, mas também sabe mais do que pode exigir ao Broker. Quanto ao Broker, vislumbra-se neste trabalho a possibilidade de ser rentável num futuro próximo a sua actividade na área da selecção de sistemas de recursos para E A/Vs., mas desde que munido das ferramentas e do conhecimento apropriado para a selecção,

7.2 - ÁREAS DE FUTUROS DESENVOLVIMENTOS

Com esta tese, ficou mais uma vez patente a importância e a dificuldade do processo de selecção do sistemas de recursos para o projecto das E A/Vs, e por isso nem o tema nem o nosso trabalho, encerram o problema da selecção. Pelo contrário, a contribuição do nosso trabalho deve sim suscitar o interesse de futuros desenvolvimentos, que para nós se dividem em duas vertentes, a da investigação e da implementação real.

No campo da investigação destacamos os seguintes pontos:

- Determinar a contribuição que os mercados electrónicos podem prestar às actividades da procura de recursos e à identificação indirecta;
- Identificar áreas de processos onde se pode mais facilmente proceder à identificação automática de recursos e aplicar uma metodologia das metodologias existentes;
- Identificar qual o número de recursos a pré-seleccionar a partir do qual o desempenho do sistema de recursos não sofre alterações significativas de desempenho;
- Quantificar o desempenho dos algoritmos de solução não exacta existentes para o MSDS;
- Desenvolver ou aplicar heurísticas existentes em algoritmos de solução não exacta para o MSDC;
- Aferir quais as consequências do emprego do MSDS face ao MSDC, no sistema de recursos seleccionado;
- Identificar curvas de distribuição de probabilidades para os valores dos parâmetros da selecção, para os quais nós considerámos determinísticos conforme tabela 6.4, e proceder a novas simulações;
- Aplicar junto à linha de fronteira da validação do principal um modelo económico de subcontratação, como o da teoria dos custos de transacção para delinear com maior rigor essa fronteira;

- Comparar o desempenho do Broker face ao do Mercado de Recursos no processo de selecção.

No campo da implementação gostaríamos de ver desenvolvida a ferramenta software para o Broker que integrasse todas as funcionalidades do modelo de selecção que nesta tese foi proposto.

REFERÊNCIAS

Bibliografia do autor189
Referências191

BIBLIOGRAFIA DO AUTOR

- Ávila P. (1998). Contribuição ao problema da Selecção de Sistemas de Recursos de Processamento Para o Projecto de um Sistema de Produção Virtual/OPIM”. *Tese de Mestrado*, Universidade do Minho, Braga.
- Ávila P., Putnik G. (1999). Definição de um Modelo Rigoroso de Selecção de Sistemas de Recursos para Projecto de um Sistema de Produção Virtual/OPIM para Produtos Complexos - Objectivos do Projecto de Doutoramento. *1^{as} Jornadas Científicas do Instituto superior de Engenharia do Porto*, Porto, Portugal
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2000). Análise da Complexidade do Problema da Selecção de Recursos para o Projecto de Empresas Ágeis / Virtuais. *2^o Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Mecânica*, Coimbra, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2002a). Uma Plataforma para Aplicação de Algoritmos de Selecção de Recursos que Integram as Empresas Virtuais. *10^o Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional – IO2002*, Guimarães, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2002b). Brokerage Function in Agile/Virtual Enterprise Integration – A Literature Review. Camarinha-Matos L. M. et al. (Eds.) *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, p. 65-72.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2003a). A Contribution for the Classification of Resources Selection Algorithms for Agile / Virtual Enterprises Integration Brokerage. *Proceedings of Business Excellence’03 - 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy*, Guimarães, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2003b). Activity-Based Model for the Resources Systems Selection for Agile/Virtual Enterprises Integration. *Proceedings of Group Technology/Cellular Manufacturing Symposium*, Columbus, Ohio, USA.
- Cunha M., Putnik G., Ávila P. (2000). Towards Focused Markets of Resources for Agile / Virtual Enterprise Integration. Camarinha-Matos L. M. et al. (Eds.) *Advances in Network Enterprises – Virtual Organizations, Balanced Automation and Systems Integration*, Kluwer Academic Publishers, 15-24.
- Cunha M., Putnik G., Carvalho J., Ávila P. (2002). A Review on Environments Supporting the Virtual Enterprise Paradigm. H. Afsarmanesh (Ed.), *Balancing Knowledge and Technology in Product and Service Life Cycle*, Kluwer Academic Publishers, p. 133-140.
- Putnik G. D., Ávila P. (2002). Part II: Towards OPIM System - Results of the OPIM System Design Simulation and an Applicability Analysis. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol. 1, No. 2, p. 151–169.

REFERÊNCIAS

- Afonso Fernandes A. (1995). *Metodologia e Organização Industrial*, Instituto Superior de Engenharia do Porto.
- Agrawal A., Graves R. J. (1999). A Distributed Systems Model for Estimation of Print Circuit Board Fabrication Costs. *Production Planning & Control*, Vol. 10, No. 7, p. 650-658.
- Artigo 121 do código do IRC – Portaria nº 359/2000.
- Ávila P. (1998). Contribuição ao problema da Selecção de Sistemas de Recursos de Processamento Para o Projecto de um Sistema de Produção Virtual/”OPIM”. *Tese de Mestrado*, Universidade do Minho, Braga.
- Ávila P., Putnik G. (1999). Definição de um Modelo Rigoroso de Selecção de Sistemas de Recursos para Projecto de um Sistema de Produção Virtual/OPIM para Produtos Complexos - Objectivos do Projecto de Doutoramento. *1^{as} Jornadas Científicas do Instituto superior de Engenharia do Porto*, Porto, Portugal
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2000). Análise da Complexidade do Problema da Selecção de Recursos para o Projecto de Empresas Ágeis / Virtuais. *2^o Encontro Nacional do Colégio de Engenharia Mecânica*, Coimbra, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2002a). Uma Plataforma para Aplicação de Algoritmos de Selecção de Recursos que Integram as Empresas Virtuais. *10^o Congresso da Associação Portuguesa de Investigação Operacional – IO2002*, Guimarães, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2002b). Brokerage Function in Agile/Virtual Enterprise Integration – A Literature Review. Camarinha-Matos L. M. et al. (Eds.) *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, p. 65-72.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2003a). A Contribution for the Classification of Resources Selection Algorithms for Agile / Virtual Enterprises Integration Brokerage. *Proceedings of Business Excellence’03 - 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy*, Guimarães, Portugal.
- Ávila P., Putnik G., Cunha M. (2003b). Activity-Based Model for the Resources Systems Selection for Agile/Virtual Enterprises Integration. *Proceedings of Group Technology/Cellular Manufacturing Symposium*, Columbus, Ohio, USA.
- Azevedo A., Sousa P., Oliveira, R. (1999). A Multi-agent Framework for Order Negotiation in Distributed Manufacturing Enterprises. *Proceedings of Multi-agent Systems in Production – IFAC Workshop MAS’99*, Viena.

-
- Azevedo A., Sousa P. (2000). Order Planning for Networked Make-to-Order Enterprises – a Case Study. *Journal of the Operation Research Society*, Vol. 51, p. 1116-1127.
- Baranger, P. Helfer, J., Bruslerie, H., Orsoni, J., Peretli, J. (1993). *Gestão*, Edições Silabo.
- Bastos, J. (2003). *Empresas Virtuais – Novos Paradigmas Organizacionais*. Instituto Superior de Engenharia do Porto
- Baykasoglu A., Gindy N. (2001). A Simulated Annealing Algorithm for Dynamic Layout Problem. *Computers & Operations Research*, Vol. 28, p. 1403-1426.
- Besanko, D., Dranove, D., Shanley, M. (1996). *Economics of Strategy*. John Wiley & Sons, Inc.
- Bichler M. (1998). OFFER: A Broker-Centered Object Framework for Electronic Requisitioning. *Proceedings of IFIP Conference: Trends in Electronic Commerce*. Hamburg, Germany.
- Bichler M., Segev A., Beam C. (1998a). An Electronic Broker for Business-to Business Electronic Commerce on the Internet. *International Journal of Cooperative Information Systems*, Vol. 7, No. 4, p. 315-331.
- Bichler M., Segev A., Beam C. (1998b). Services of a Broker in Electronic Commerce Transactions. *International Journal of Electronic Markets*, Vol. 8, No. 1.
- Bichler M., Segev A. (1999). A Brokerage Framework for Electronic Commerce. *Journal of Distributed and Parallel Databases*, Special Issue of E-Commerce, Vol. 7, No. 2, p. 133-148.
- Biquing, H., Janowski, T., Yonghe, L. (1999). *Automating Partner Selection for a Virtual Organization*. United Nations University of Macau, report n° 165.
- Bremer, C., Colenci Jr, A., Dulcini, S. (1997). Using Concepts of Virtual Enterprises to Support the Formation of High Technology Enterprises in Developing Countries - A Case Study. *Proceedings of the 22nd ICC&IE Conference - Computers & Industrial Engineering*, Cairo.
- Browne, J. (1995). The Extended Enterprise-Manufacturing and Value Chain. In H. Afarmanesh (Ed.), *Balanced Automation Systems – Architectures and Design Methodologies*, Chapman & Hall, p. 5-17.
- Browne, J., Zhang, J. (1999). Extended and Virtual Enterprises: Similarities and Differences. *International Journal of Agile Management Systems*, Vol. 1, No. 1, p. 30-36.
- Buckley, J. (1985). *Fuzzy Hierarchical Analysis*. *Fuzzy Sets and Systems*, Vol. 17, p. 553-577.
- Buffa, E., Sarin, R. (1987). *Modern Production / Operations Management*. John Wiley & Sons.
- Burn, J., Marshall, P., Wild, M. (1999). Managing Change in the Virtual Organization. *Proceedings of the 7th European Conference on Information Systems*, Copenhagen, Denmark.
- Bzymek, Z. M., Vecchia, D. D. (1992). Product Selector Expert System, “Applications of Artificial Intelligence in Engineering VII”, *Proceedings of Seventh International Conference on*
-

-
- Applications of Artificial Intelligence in Engineering AIENG/92, Computational Mechanics Publications, p. 1131-1139.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afarmanesh, H. (1997). Virtual Enterprises: Life Cycle Supporting Tools and Technologies. In A. Molina & J. Sanchez & A. Kusiak (Eds.), *Handbook of Life Cycle Engineering: Concepts, Models and Technologies*, Chapman and Hall.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afarmanesh, H. (1999). The Virtual Enterprise Concept. In L. M. Camarinha-Matos & H. Afarmanesh (Eds.), *Infrastructures for Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers p. 3-14.
- Camarinha-Matos, L. M., Afarmanesh, H., Rabelo R. (2000). E-Business and Virtual Enterprises. In L. M. Camarinha-Matos, H. Afarmanesh & R. Rabelo (Eds.), *Managing Business-to-Business Cooperation*, Kluwer Academic Publishers.
- Camarinha-Matos, L. M., & Afarmanesh, H. (2003). Draft Research Roadmap for Virtual Organizations, *Vomap report D5*.
- Camarinha-Matos, L., Abreu, A. (2003). Towards a Foundation for Virtual Organizations. *Proceedings of Business Excellence'03 - 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy*, Guimarães, Portugal.
- Caughy S., Ingham D., Watson P. (1998). *Metabroker: A Generic Broker for Electronic Commerce*. (Report 635). New Castle upon Tyne: Department of Computing Science, University of New Castle upon Tyne.
- Cheng, T., Sin, C. (1990). *A State-of-the-art Review of Parallel Machine Scheduling Research*. European Journal of Operational Research, Vol. 47, p. 271-292.
- Coase, R. (1937). The Nature of the Firm. *Economica*, Vol. 4, p. 386-405.
- Collins, J., Jamison, S., Mobasher, B., Gini, M. (1997). A Market Architecture for Multi-Agent Contracting.
- Cunha M., Putnik G., Ávila P. (2000). Towards Focused Markets of Resources for Agile / Virtual Enterprise Integration. Camarinha-Matos L. M. et al. (Eds.) *Advances in Network Enterprises – Virtual Organizations, Balanced Automation and Systems Integration*, Kluwer Academic Publishers, 15-24.
- Cunha M., Putnik G. (2002). Discussion on Requirements for Agile / Virtual Enterprises Reconfigurability Dynamics: The example of the Automotive Industry. Camarinha-Matos L. M., et al. (Eds.) *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, p. 527-534.
- Cunha M., Putnik G., Gunasekaran, A. (2002). *Market of Resources as an Environment for Agile / Virtual Enterprise Dynamic Integration and Business Alignment*. Khalil O. & Gunasekaran A. (Eds.), *Knowledge and Information Technology Management in the 21 st Century Organizations: Human and Social Perspectives*, Idea Group Publishing.
-

-
- Cunha M., Putnik G., Carvalho J., Ávila P. (2002). A Review on Environments Supporting the Virtual Enterprise Paradigm. Afsarmanesh (Ed.), *Balancing Knowledge and Technology in Product and Service Life Cycle*, Kluwer Academic Publishers, p. 133-140.
- Cunha M. (2003). Organisation of a Market of Resources for Agile and Virtual Enterprises Integration, *PhD Thesis*, University of Minho, Braga, Portugal.
- Davidow, W., Malone, M. (1992). *The Virtual Corporation*. New York, NY: HarperCollins.
- Davis, L. (1985). Job Shop Scheduling with Genetic Algorithms. *Proceedings of the International Conference on Genetic Algorithms*, p. 136-140.
- Dekkers, R. (2000). Decision Models for Outsourcing and Core Competencies in Manufacturing. *International Journal of Production Research*, Vol. 38, No. 17, p. 4085-4096.
- Dhaenens-Filipo C. (2000). Spatial Decomposition for a multi-facility production and distribution problem. *International Journal Production Economics*, Vol. 64, p. 177-186.
- Drucker, P. (1990). The Emerging Theory of Manufacturing. *Harvard Business Review*, p. 94-102.
- Faisst, W. (1997). Information Technology as an Enabler of Virtual Enterprises: A Life-cycle-oriented Description. *Proceedings of the European Conference on Virtual Enterprises and Networked Solutions*. Paderborn, Germany.
- Field, S., Hoffner, Y. (2002). In Search of the Right Partner. Camarinha-Matos L. M. et al. (Eds.) *Collaborative Business Ecosystems and Virtual Enterprises*, Kluwer Academic Publishers, p. 55-62.
- FIPSP. (1993). *Integration Definition for Function Modelling (IDEF0)* (Federal Information Processing Standards Publication 183): Federal Information Processing Standards Publication.
- Flores M., Molina A. (2000). Virtual Industry Clusters: Foundation to Create Virtual Enterprises. *Proceedings of fourth IFIP/IEEE International Conference on Information Technology for Balanced Automation Systems in Manufacture and Transportation*, Berlím, Germany.
- Franke U., Hickmann B. (1999). Is the Net-Broker an Entrepreneur? What Role does the Net-Broker Play in Virtual Webs and Virtual Corporations? *Proceedings of the 2nd International VoNet – Workshop – Organizational Virtualness and Electronic Commerce*, Zurich.
- Franke U. (2000). The Knowledge-Based View of the Virtual Web, the Virtual Corporation, and the Net-Broker. In Yogesh Malhotra (Ed.), *Knowledge Management and Virtual Organization*, Idea Group Publishing, p. 20-42.
- Gebauer, J. (1996). Virtual Organizations from an Economic Perspective. *Proceedings of the 4th European Conference on Information Systems*, Lisbon, Portugal.
- Gerwin, D. (1993). Manufacturing Flexibility: A Strategic Perspective. *Management Science*, Vol. 39, p. 395-410.

-
- Global Supply Chain Associates, Insight Inc (1999). *Global Supply Chain – User`s Guide*.
- Glover F. (1993). A User`s Guide to Tabu Search. *Annals of Operations Research*, Vol. 41, p. 3-28
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning*. Eddison – Wesley.
- Goldman S., Nagel R., Preiss, K. (1995). *Agile Competitors and Virtual Organizations*, Van Nostrand Reinbold.
- Goranson H. (1999). *The Agile Virtual Enterprise – Cases, Metrics, Tools*. Quorum Books
- Gupta P., Nagi R. (1995). Flexible Optimization Framework for Partner Selection in Agile Manufacturing. *Proceedings of the 4th IE Research Conference*.
- Hands J., Bessonov M., Blinov M., Patel A., Smith R. (2000). An Inclusive and Extensible Architecture for Electronic Brokerage. *Decision Support Systems*, Vol. 29, p. 305-321.
- Hillier, F. S., Lieberman, G. J. (1990). *Introduction to Operation Research*, McGraw-Hill, Fith Edition.
- Hochuli Shmeil, M. A., Oliveira, E. (1997). The Establishment of Partnerships to Create Virtual Organizations: A Multiagent Approach, in L. M. Camarinha Matos (Ed.), *Re-engineering for Sustainable Industrial Production*, Chapman & Hall, p. 284-293.
- Hormozi, A. M. (1994). Agile Manufacturing. *Proceedings of the 37th International Conference, of the American Production and Inventory Control Society*, San Diego.
- Huang G. Q., Mak K. L. (2000). WeBid: A Web-based Framework to Support early Supplier Involvement in New Product Development. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 16, p. 169-179.
- Irvine, C. A., Brackett, J. W. (1977). Automated Software Engineering Through Structures Data Management. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. SE-3, No. 1.
- ISO – 9001:2000.
- Kanet J., Faisst W., Mertens P. (1999). Aplication of Information Technology to a Virtual Enterprise Broker: The Case of Bill Epstein. *International Journal of Production Economics*, Vol. 62, p. 23-32.
- Kidd, P. (1994). *Agile Manufacturing – Forging New Frontiers*, Addison-Wesley.
- Kim, S. (1990). *Designing Intelligence: A Framework for Smart Systems*. Oxford University Press.
- Ko C. S., Kim T., Hwang H. (2001). External Partner Selection Using Tabu Search Heuristics in Distributed Manufacturing, *International Journal of Production Research*, Vol. 39, No. 17, p. 3959-3974.

-
- Krothapalli, N., Deshmukh, A. (1999). Design of Negotiation Protocols for Multi-Agent Manufacturing Systems. *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 7, p. 1601-1624.
- Law, A., Kelton, W. (1991). *Simulation Modeling & Analysis*. McGraw Hill.
- Lee, Y., Kim S., Moon C. (2002). Production-Distribution Planning in Supply Chain Using a Hybrid Approach. *Production Planning & Control*, Vol. 13, No. 1, p. 35-46.
- Leimeister, J., Weigle, J., Kremar, H. (2001). Efficiency of Virtual Organizations: The Case of AGI. *Electronic Journal of Organizational Virtualness – EJOV*, Vol. 3, No. 3, p. 12-43.
- Little, D. (1998). Development of Package Selection Method and Tool for Small and Medium Sized Enterprises. *Computer Integrated Manufacturing Systems*, Vol. 11, No. 4, p. 351-355.
- Logendran, R., Ramakrishna, P., Srikandarajah, C. (1994). Tabu Search-Based Heuristics for Cellular Manufacturing Systems in the Presence of Alternative Process Plans. *International Journal of Production Research*, Vol. 32, p. 273-297.
- Malakooti, B. (1989). A Hierarchical, Multi-Objective Approach to the Analysis, Design, and Selection of Computer-Integrated Manufacturing Systems. *Robotics & Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 6, No. 1, p. 83-87.
- McCutcheon, D., Stuart, F. (2000). Issues in the Choice of Supplier Alliance Partners. *Journal of Operation Management*, Elsevier Science Publishers, Vol. 18, p. 279-301.
- Mezgár, I., Kincses, Z. (2001). Secure Communication in Distributed Manufacturing Systems. Gunasekaran A. (Ed.), *Agile Manufacturing: 21st Century Manufacturing Strategy*, Elsevier Science Publishers, p. 337-356.
- Milacic, V. R. (1990). Factory Environment and CIM. *Robotics & Computer Integrated Manufacturing*, Vol. 7, No. 3/4, p. 213-228.
- Milacic, V. R., Putnik, G. D. (1991). Designer Expert System - Tooling Selection Module, *Manufacturing Systems*, Vol. 20, No. 1, p. 89-101.
- Minis I., Herrmann J. W., Lam G. (1996). *A Generative Approach for Design Evaluation and Partner Selection for Agile Manufacturing*. Technical Report 96-81, Institute for Systems Research, University of Maryland.
- Mitsubishi, M., Nagao, T., Hatamura, Y., Kramer B., Warisawa, S. (1992). A Manufacturing System for the Global Age, Human Aspects. *Computer Integrated Manufacturing*, Elsevier Science Publishers, V., p. 841-852.
- Moreira, F., Putnik, G. Sousa, R. (1998). Man – Machine Interface for Remote Programming and Control of NC Machine Tools at the Task Level: An Example. *Proceedings of the 6th UK Mechatronics Forum International Conference – Mechatronics '98*, Skovde.

-
- Nagel, R., Dove, R. (1993). *21st Century Manufacturing Enterprise Strategy*. Bethlehem, Pennsylvania: Iacocca Institute, Lehigh University.
- National Industrial Information Infrastructure Protocols Consortium (1995). *NIIP Reference Architecture: Concepts and Guidelines*. Report N° NTR95-01.
- Ng, S., Skitmore R. (2001). Contractor Selection Criteria: A Cost-Benefit Analysis. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 48, No. 1, p. 96-106.
- Olsen, S., Sethuraman, K., Stecke, K., White, C. (2000). A Descriptive Multi-Attribute Model for Reconfigurable Machining system Selection Examining Buyer-Supplier Relationships. *International Journal of Agile Management Systems*, Vol. 2, No. 1, p. 33-48.
- Orfali, R., Harkey, D., Edwards, J. (1997). *Instant CORBA*, John, Wiley & Sons.
- Park, C., Son, Y. (1998). An Economic Evaluation Model for Advanced Manufacturing Systems. *The Engineering Economist*, Vol. 34, p. 1-26.
- Pereira, A. (2000). *Formação de Empresas Virtuais com Agentes Inteligentes*. Universidade do Porto, Porto. Tese de Mestrado,
- Plasencia M. (2000). *Identificação de Algoritmos de Projecto de Estruturas de Sistemas de Fabrico em Células*. Universidade do Minho, Braga. Tese de Mestrado.
- Porto Editora homepage (2001), <http://www.portoeditora.pt>.
- Primrose, P. L., Leonard R. (1984). The Development and Application of a Computer Based Appraisal technique for the Structured Evaluation of Machine Tool Purchase. *Proc. Instn. Mechanical Engineers*, Vol. 198B, No 10, p. 141-146.
- Purdy, L., Safayeni, F. (2000). Strategies for Supplier Evaluation: A Framework for Potential Advantages and Limitations. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 47, No. 4, p. 435-443.
- Putnik, G. D., Carmo Silva, S. (1995). One-Product-Integrated-Manufacturing. L. M. Camarinha-Matos, H. Afsarmanesh (Eds.), *Balanced Automation Systems - Architectures and Design Methods*, Chapman & Hall, p. 45-52.
- Putnik, G. D., Guimarães, P. F.; Carmo Silva, S. (1996). *Virtual Enterprise / OPIM Concepts: An Institutionalization Framework*. Balanced Automation Systems II - Implementation challenges for anthropocentric manufacturing”, Proceedings of BASYS'96, L. M. Camarinha Matos, H. Afsarmanesh; (Eds.), Chapman & Hall, p. 391-400.
- Putnik G. D. (1996). Towards Logical Structure of a Manufacturing Enterprise Organization Re-engineering Process. *Proceedings of the SIE '96 - 1st International Symposium on Industrial Engineering*, Yugoslavia, Belgrade.
- Putnik G. D. (1997). Towards OPIM System. M. A. Younis, S. Eid (Eds.), *Proceedings of the 22nd ICC&IE Conference - Computers & Industrial Engineering*, p. 675-678, Cairo.
-

-
- Putnik, G., Sousa, R., Moreira, J., Carvalho, J., Spasic, Z., Babic, D. (1998). Distributed / Virtual Manufacturing Cell: An Experimental Installation. *Proceedings of 4th International Seminar of Intelligent Manufacturing Systems*, Belgrade.
- Putnik G. D. (2000a). BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model. Gunasekaran A. (Ed.), *Agile Manufacturing: 21st Century Manufacturing Strategy*, Elsevier Science Publishers, p. 73-93.
- Putnik G. D. (2000b). *BM_Virtual Enterprise Architecture Reference Model*. Technical Report RT-CESP-GIS-2000-<GP-01>. Universidade do Minho, Portugal.
- Putnik G. D. (2002a). Part I: Towards OPIM System – Manufacturing SME Organisations for the Future. *Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol. 1, No. 2, p. 125 – 150.
- Putnik G. D., Ávila P. (2002). Part II: Towards OPIM System - Results of the OPIM System Design Simulation and an Applicability Analysis. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol. 1, No. 2, p. 151 – 169.
- Putnik G. D. (2002b). Networking Dynamics. *E-Power 1st Special Interest Group Meeting Inter Organisational Relationships*, Santa Maria da Feira, Portugal.
- Rajamani, D., Singh, N., Aneja, Y. (1990). Integrated Design of Cellular Manufacturing Systems in the presence of alternative Process Plans. *International Journal of Production Research*, Vol. 28, p. 1541 – 1554.
- Ranky P. (1990). *Manufacturing Database Management and Knowledge Based Expert Systems*. CIMware Limited.
- Ratchev, S. M., Shiau J., Valtchanov G. (2000). *Distributed Environment for Manufacturing Capability Assessment in the Extended Enterprise*.
- Resnick P., Avery R. (1994). Available: <http://ccs.mit.edu/papers/ccswp179.html>.
- Richard, H. Dudenhausen, H., Makatros, C. Ridder, L. (1997). Flow of Orders Through a Virtual Enterprise their Proactive Planning and Scheduling, and Reactive Control. *Computing & Control Engineering Journal*.
- Roldão, V. (1995). *Planeamento e Programação da Produção*. Monitor – Projectos e Edições Lda.
- Ross, D. T. (1977). Structured Analysis (SA): A Language for Communicating Ideas. *IEEE Transactions on Software Engineering*, Vol. SE-3, No.1.
- Rumbaugh, J., Blaha, M. (1991). *Object Oriented Modelling and Design*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Saaty, T. L. (1986). Axiomatic foundation of the Analytic Hierarchy Process. *Management Science*, Vol. 32, p. 841-855.
-

-
- Saaty, T. L. (1990). *Multicriteria Decision Making: the Analytic Hierarchy Process*. RSW Publications.
- Sandholm, T. (2000). Automated Contracting in Distributed Manufacturing Among Independent Companies. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 11, p. 271-283.
- Sarkar M., Butler B., Steinfield C. (1995). Intermediaries and Cybermediaries: A Continuing Role for Mediating Players in the Electronic Marketplace. *Journal of Computer Mediated Communication*, Vol. 1, No. 3. Available: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol1/issue3/vol1no3.html>.
- Sarkis, J., Talluri, S. (1999). A Decision Model for Evaluation of Flexible Manufacturing Systems in the Presence of Both Cardinal and Ordinal Factors. *International Journal of Production Research*, Vol. 37, No. 13, p. 2927-2938.
- Sarkis, J., Talluri, S. (2001). Agile Supply Chain Management. Gunasekaran A. (Ed.), *Agile Manufacturing: 21st Century Manufacturing Strategy*, Elsevier Science Publishers, p. 359-376.
- Silva, J., Putnik, G., Cunha, M. (2003). Technologies for Virtual Enterprise Integration. *Proceedings of Business Excellence'03 - 1st International Conference on Performance Measures, Benchmarking and Best Practices in New Economy*, Guimarães, Portugal.
- Sim, K., Chan, R. (2000). A Brokering Protocol for Agent-Based E-Commerce. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics – Part c: Applications and Reviews*, Vol. 30, Nº 4, p. 474-484.
- Skinner, W. (1974). The Focused Factory. *Harvard Business Review*, p. 113-121.
- Slomp, J., Bokhorst J. (2003). Decision Support Framework for the Selection of a Manufacturing Layout. *Proceedings of Group Technology/Cellular Manufacturing Symposium*, Columbus, Ohio, USA.
- Slomson, A. (1991). *An Introduction to Combinatorics*. Chapman & Hall.
- Sluga A., Butala P. (2001). Self-organization in Distributed Manufacturing System Based on Constraint Logic Programming. *Annals of CIRP*, Vol. 50, No. 1.
- Sofianopoulou, S. (1999). Manufacturing Cells Design with Alternative Process Plans and/or Replicate Machines. *International Journal of Production Research*, Vol. 37, p. 707-720.
- Spinosa L., Rabelo, R. Klen, A., Ferreira, A. (1997). An Oriented Decision Support System Model for Virtual Enterprise Coordination.
- Starbek, M., Grum, J. (2000). Selection and Implementation of PPC System. *Production Planning & Control*, Vol. 11, No. 8, p. 765-774.
- Subbu R., Sanderson A. Hocaoglu C., Graves R. (1999). Evolutionary Decision Support for Distributed Virtual Design in Modular Product Manufacturing. *Production Planning & Control*, Vol. 10, No. 7, p. 627-642.
-

-
- Suomi, R. (1990). Selecting System Development Tools: Some Experiences. G. Goods, J. Hartmanis, B. Steinholtz (Eds.), *Lecture Notes in Computer Science*, Springer-Verlag, p. 61-78.
- Suri, R. (1998). *Quick Response Manufacturing: A Company Wide Approach to reducing Lead Time*, Productivity Press.
- Tamura, S. (1995). A Planning and Scheduling Architecture for Holonic Manufacturing Systems. *Proceedings of the 1st World Congress on Intelligent Manufacturing Processes & Systems*, Puerto Rico
- Tatsiopoulou, I. Mekras, N. (1999). An Expert System for the Selection of Production Planning and Control Software Packages. *Production Planning & Control*, Vol. 10, No. 5, p. 414-425.
- Valério de Carvalho J. (1996). *Complementos de Investigação Operacional*. Universidade do Minho, Braga.
- Viana, A., Pinho de Sousa, J. (2000). Using Metaheuristics in Multiobjective Resource Constrained Project Scheduling. *European Journal of Operational Research*, Vol. 120, p. 359-374.
- Wang, H.-P., Li, H.-K. (1991). *Computer - Aided Process Planning*, Elsevier.
- Warnecke, H. (1993). *The Fractal Company: a Revolution in Corporate Culture*. New York:: Springer – Verlag.
- Weber, C., Current, J. (1993). A Multiple Objective Approach to Vendor Selection. *European Journal of Operational Research*, Vol. 68, p. 173-184.
- Webster dictionary (2000).
- Williamson, O. (1975). *Markets and Hierarchies: Analysis and Antitrust Implications*. New York: Free Press.
- Williamson, O. (1985). *The Economic Organizations of Capitalism*. New York: Free Press.
- Womack, J., Ross, D., Jones, D. (1990). *The Machine that Changed the World*. New York, Rawson Associates.
- Wortmann J. (1990). Towards One-of-a-Kind Production: The Future of European Industry. *Proceedings of the 4th International Conference Advances in Production Management Systems – APMS'90*, Finland.
- Wu N., Mao N., Quian Y. (1999). An Approach to Partner Selection in Agile Manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing*, Vol. 10, p. 519-529.
- Yen, D., Chou, D. C., Chen, T., Chen, H-G. (2002). Becoming a Virtual Organisation: a Strategic Approach. *International Journal of Networking and Virtual Organisations*, Vol. 1, No. 2, p. 184 – 198.
- Yoshikawa, H. (1984). Flexible Manufacturing Systems in Japan. *Proceedings of IFAC 9th World Congress*, Budapest.
-

- Zadeh, L. A. (1964). *Fuzzy Sets*. Memo, ERL, N° 64-44. University of California, Berkley.
- Zenz, G., Thompson G. H. (1994). *Purchasing and the Management of Materials*. John Wiley and Sons, seventh edition, p. 8-37.
- Zhou, Q., Besant, C. (1999). Information Management in Production Planning for a Virtual Enterprise. *Int. Journal Production Research*, Vol. 37, No. 1, p. 207-218.

ANEXOS

ANEXO 1 – RELATÓRIOS IDEF0205
ANEXO 2 – SOFTWARE PILOTO PARA A GESTÃO DE RECURSOS EM E A/Vs.....213

ANEXO 1

RELATÓRIOS IDEF0

Estrutura de Actividades

- [A1] Projecto e Integração da E AV
 - [A11] Planeamento de Tarefas
 - [A12] Selecção de Recursos
 - [A121] Pré-selecção de Recursos
 - [A1211] Procura de Recursos
 - [A1212] Identificação Automática
 - [A1213] Negociação Indirecta
 - [A1214] Negociação Directa
 - [A122] Selecção do Sistema de Recursos
 - [A1221] Avaliação do Espaço de Soluções
 - [A1222] Selecção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Selecção
 - [A1223] Selecção Final do Sistema
 - [A13] Integração da E AV
- [A2] Operação da E AV

Relatório de Actividades**[A1] Projecto e Integração da E A/V**

Inputs: Oportunidade de Negócio, Resultados da Operação

Outputs: Projecto da E A/V, Selecção Falhada, Integração Falhada, Dissolução

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Gestão do Projecto e Integração da E A/V, Dados dos Recursos

Mechanisms: Ferramentas de Planeamento de Terefas, Mecanismos de Integração, Modelo de Selecção BROKER

Sub-Activities: [A11] Planeamento de Tarefas, [A12] Selecção de Recursos, [A13] Integração da E A/V

[A11] Planeamento de Tarefas

Inputs: Oportunidade de Negócio, Resultados da Operação

Outputs: Requisitos/Especificidades da E A/V associados ao Plano de Tarefas, Plano de Tarefas

Controls: Gestão do Projecto e Integração da E A/V, Modelo Referencial de E A/V

Mechanisms: Ferramentas de Planeamento de Tarefas

[A12] Selecção de Recursos

Inputs: Requisitos/Especificidades da E A/V associados ao Plano de Tarefas

Outputs: Configuração do Sistema de Recursos Seleccionado, Selecção Falhada

Controls: Bases de Dados dos Recursos/Parceiros e dos Algoritmos Distribuídos Geograficamente, Modelo Referencial de E A/V

Mechanisms: Modelo de Selecção (BROKER)

Sub-Activities: [A121] Pré-selecção de Recursos, [A122] Selecção do Sistema de Recursos

[A121] Pré-selecção de Recursos

Inputs: Requisitos de Pré-selecção

Outputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos Recursos/Parceiros

Mechanisms: Algoritmos de Pré-selecção, Linguagens de Representação

dos

Recursos, Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas de Comunicação

Sub-Activities: [A1211] Procura de Recursos, [A1212] Identificação Automática, [A1213] Negociação Indirecta, [A214] Neociação Directa

[A1211] Procura de Recursos

Inputs: (Projecto)

Outputs: Recursos elegíveis

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos Recursos/Parceiros

Mechanisms: Linguagens de Representação dos Recursos, de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas de Comunicação, Mecanismos de Procura

Sistemas

[A1212] Identificação Automática

Inputs: Recursos elegíveis, Requisitos de Pré-selecção

Outputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos Recursos/Parceiros

Mechanisms: Algoritmos de Pré-selecção, Linguagens de Representação dos Recursos, Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas de Comunicação

[A1213] Negociação Indirecta

Inputs: Recursos elegíveis, Requisitos de Pré-selecção

Outputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos Recursos/Parceiros

Mechanisms: Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Algoritmos de Pré-selecção, Ferramentas de Comunicação

de

[A214] Neociação Directa

Inputs: Recursos elegíveis, Requisitos de Pré-selecção

Outputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos

Recursos/Parceiros
 Mechanisms: Ferramentas de Comunicação, Algoritmos de
 Pré-selecção

[A122] Seleção do Sistema de Recursos

Inputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas, Requisitos de
 Seleção

Outputs: Configuração do Sistema de Recursos Seleccionado

Controls: Dados dos Recursos/Parceiros, Modelo Referencial de E A/V

Mechanisms: Algoritmos de selecção, Linguagens de Representação dos
 Recursos, Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas de
 Comunicação

Sub-Activities: [A1221] Avaliação do Espaço de Soluções, [A1222]
 Seleção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Seleção, [A1223] Seleção
 Final do Sistema

[A1221] Avaliação do Espaço de Soluções

Inputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas,
 de Seleção

Outputs: Limites dos Parâmetros de Seleção, Dimensão do Espaço
 de Soluções

Controls: Modelo Referencial de E A/V, Dados dos
 Recursos/Parceiros

Mechanisms: Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas
 de Comunicação

Requisitos

[A1222] Seleção e Integração do(s) Algoritmo(s) de Seleção

Inputs: Dimensão do Espaço de Soluções, Recursos pré-
 seleccionados para todas as Tarefas, Requisitos de Seleção

Outputs: Algoritmos Seleccionados e Integrados (Modelo)

Controls: Dados dos Algoritmos

Mechanisms: Ferramentas de apoio à decisão, Conhecimento do
 Broker

[A1223] Seleção Final do Sistema

Inputs: Recursos pré-seleccionados para todas as Tarefas

Outputs: Configuração do Sistema de Recursos Seleccionado
Controls: Dados dos Recursos/Parceiros
Mechanisms: Algoritmos Seleccionados e Integrados (Modelo),
Sistemas de Gestão de Bases de Dados, Ferramentas de
Comunicação

[A13] Integração da E A/V

Inputs: Configuração do Sistema de Recursos Seleccionado, Plano de Tarefas
Outputs: Dissolução, Projecto da E A/V, Integração Falhada
Controls: Modelo Referencial de E A/V, Gestão do Projecto e Integração da E A/V
Mechanisms: Ferramentas para Integração da EA/V

[A2] Operação da E A/V

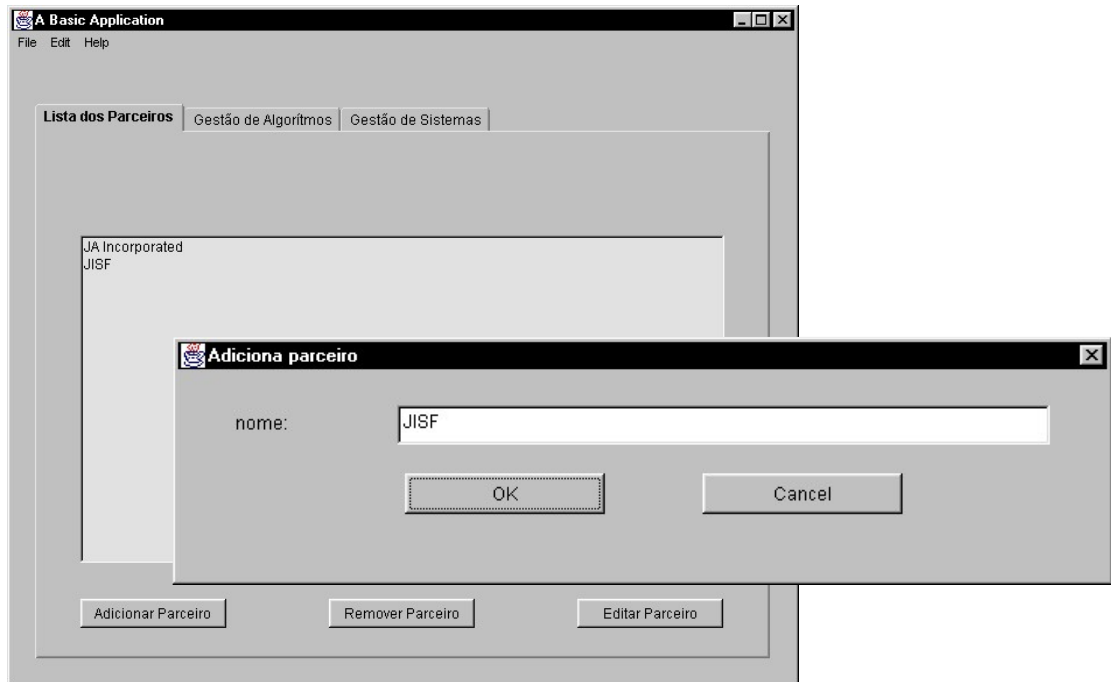
Inputs: Projecto da E A/V, Recursos
Outputs: Produtos, Resultados da Operação
Controls: Gestão da E A/V
Mechanisms: Ferramentas de Controlo da Operação

Done.

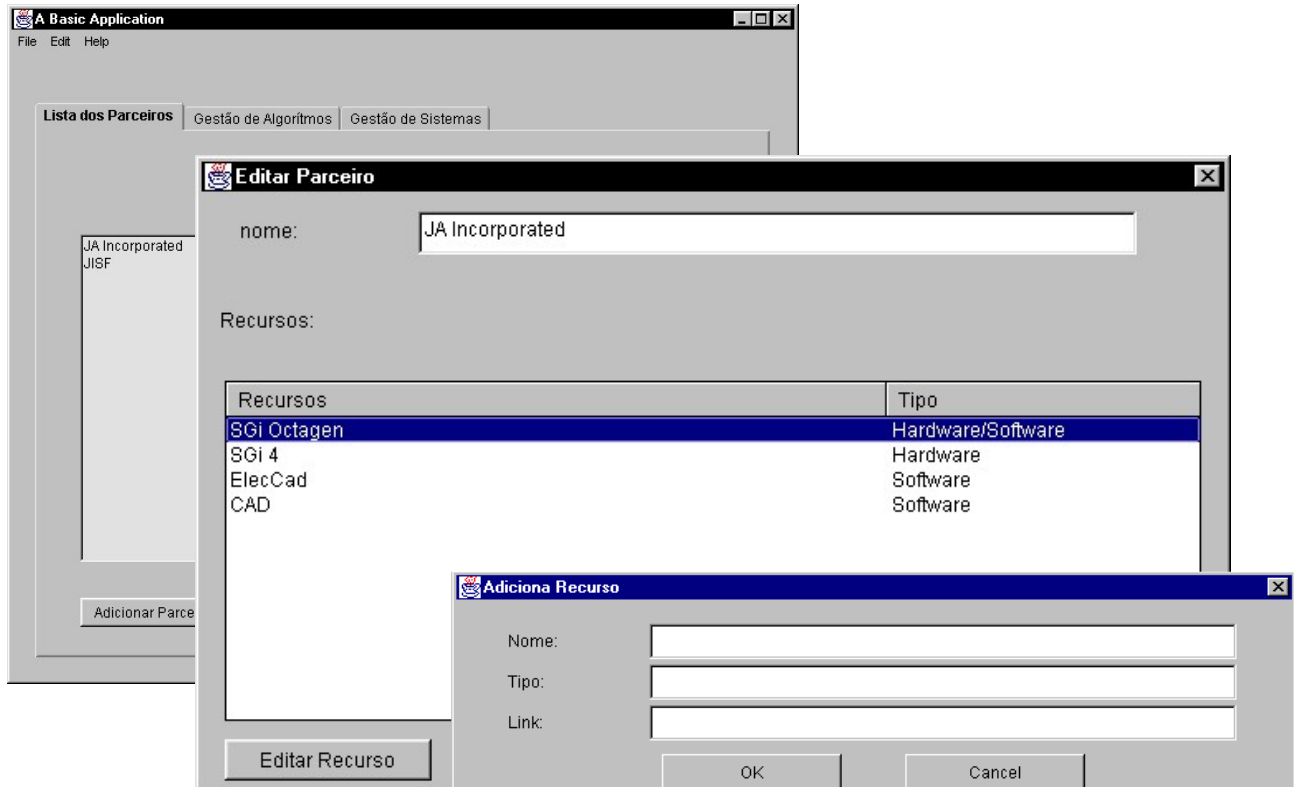
ANEXO 2

SOFTWARE PILOTO PARA A GESTÃO DE RECURSOS EM E A/Vs

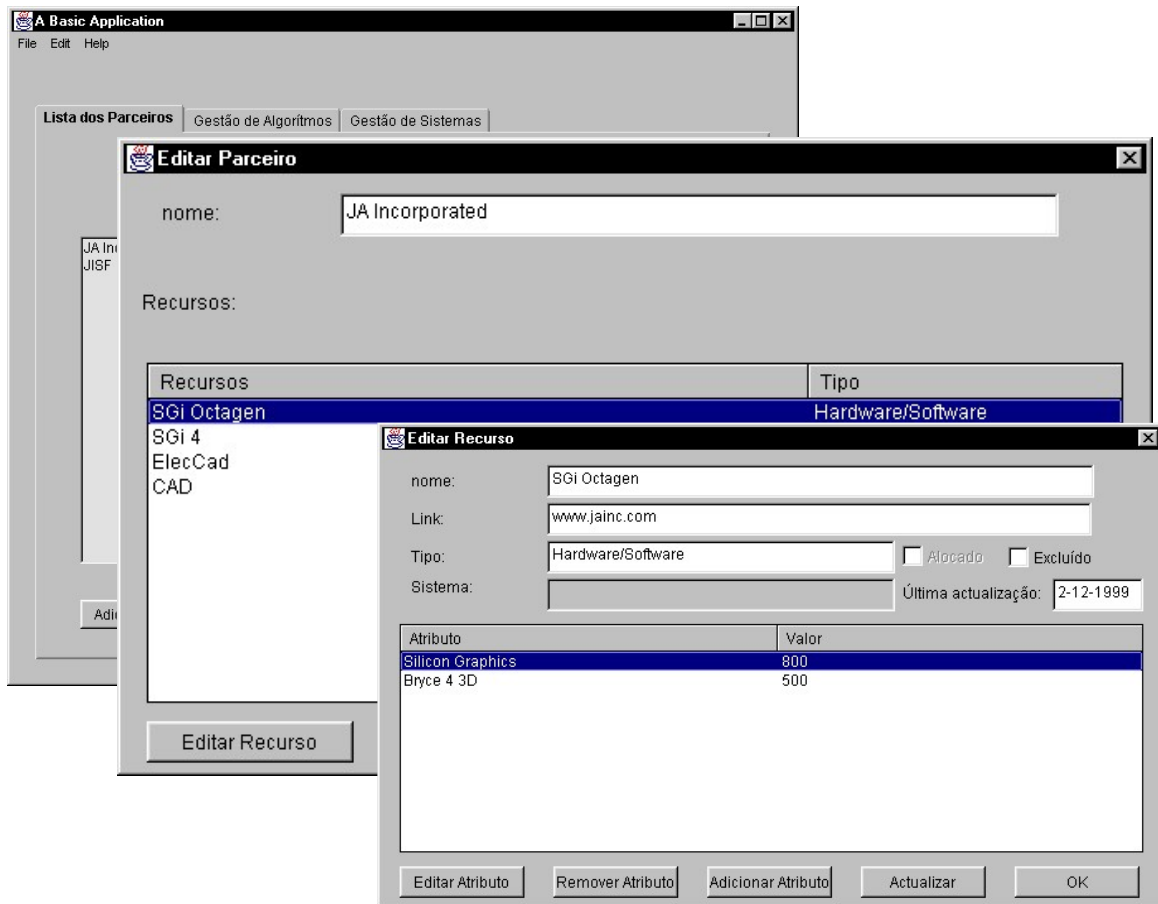
GESTÃO DE PARCEIROS



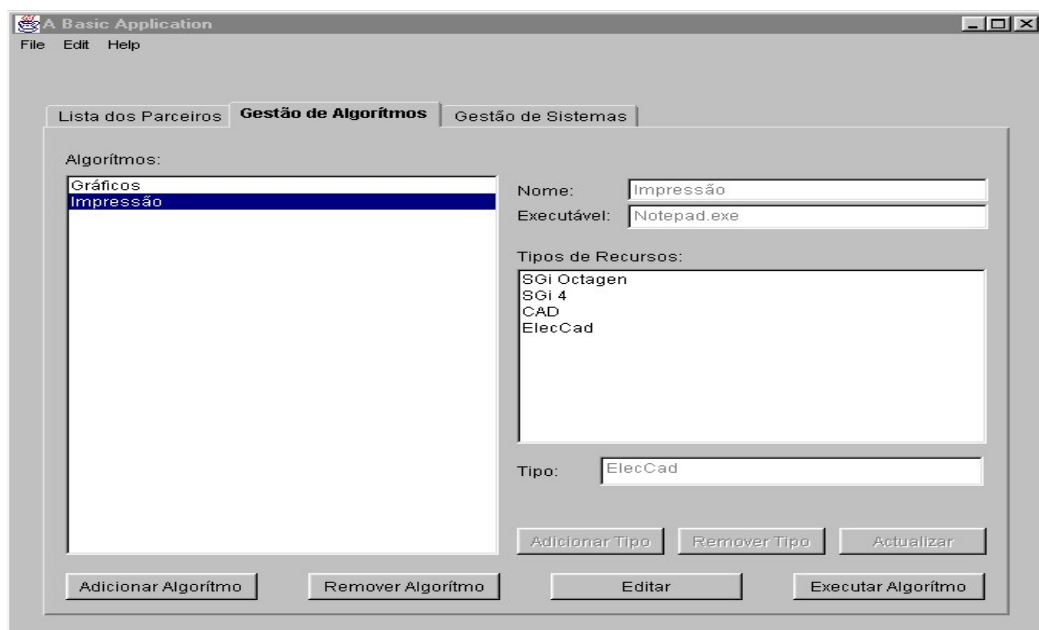
GESTÃO DE PARCEIROS / ADICIONAR RECURSOS



GESTÃO DE PARCEIROS / EDITAR RECURSOS



GESTÃO DOS ALGORITMOS



GESTÃO DAS E A/VS

Lista dos Parceiros | Gestão de Algoritmos | **Gestão de Sistemas**

Sistemas:

Produção de placas PCB
Produção automatados

Nome: Produção de placas PCB

Necessidade: soldadora

Necessidades	Recursos Alocados
soldadora	Solda1000
furadora	furaXtudo
colocadora de componentes	colocaX21

Adicionar necessidade
Remover necessidade
Alocação Manual
Alocação Automática
Ver Recurso

Novo Sistema | Remover | Editar | OK | Cancelar

EXECUTÁVEL DA SELECÇÃO / ALOCAÇÃO MANUAL

Alocação Manual

Nome do Sistema: Produção de placas PCB

Recursos do tipo soldadora disponíveis:

solda300TD

Nome: solda300TD

Parceiro: J & J

Atributo	Valor
preço/hora	20
modelo	Siemens TD5
localização	Porto

OK | Cancel

EXECUTÁVEL DA SELECÇÃO / ALOCAÇÃO AUTOMÁTICA

Alocação Automática

Nome do Sistema:

Necessidade	Recurso
soldadora	Solda1000
furadora	furaXtudo
colocadora de componentes	colocaX21

Algoritmos:
Winselect
selectSS

Actualizar Recursos

APPLET PARA ACESSO REMOTO

Sistemas:

Produção de placas PCB
Produção de automatós

Nome:

Necessidade:

Recurso:

Parceiro:

link:

Necessidades	Recursos Alocados
preço/hora	20
modelo	SiemensTD5
localização	Porto