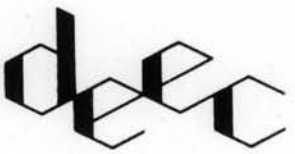
32



DEPARTAMENTO DE

ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

FACULDADE DE ENGENHARIA

UNIVERSIDADE DO PORTO

Rua dos Bragas, 4099 Porto Codex – PORTUGAL

Metodologias de Integração da Empresa

Contribuição da Meta-Modelização

FACULDADE DE ENGENHARIA DA UNIVERSIDADE DO PORTO

Metodologias de Integração da Empresa

Contribuição da Meta-Modelização

Alexandre Manuel Nunes da Silva Dias

Licenciado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores
pela
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Dissertação submetida para satisfação parcial dos
requisitos do grau de mestre
em
Engenharia Electrotécnica e de Computadores
(Área de especialização de Automação Industrial)

0437
681.5 | DIAa | 1ET
UNIVERSIDADE DO PORTO
Faculdade de Engenharia
BIBLIOTECA
N.º 7686
CDU
Data 19

Dissertação realizada sob a supervisão do
Prof. Dr. Adriano da Silva Carvalho
do Departamento de Engenharia Electrotécnica e de Computadores
da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Porto, Setembro de 1995

Alexandre Manuel Nunes da Silva Dias

(amd@cabral.fe.up.pt)

Metodologias de Integração da Empresa

Contribuição da Meta-Modelização

Aos Meus Pais

Resumo

Em face à crescente competitividade que se verifica nos mercados e à constante evolução da tecnologia a empresa deve ter uma capacidade de resposta adequada, de modo a aumentar a sua eficiência. Tem-se assistido também a um deslocamento de uma organização centralizada para uma organização distribuída sendo dada cada vez menor importância ao processamento centralizado em pró do processamento distribuído.

A estruturação e controlo da empresa só é possível se todos os elementos que contribuem para a sua actividade tiverem uma base de entendimento comum entre os subsistemas, o que tem por objectivo a comunicação de informação e a coordenação e optimização de todas as actividades que ocorrem na empresa, contribuindo para optimizar os seus objectivos. Assim, consegue atingir-se a integração da empresa que requer o desenvolvimento de ferramentas que permitam à empresa incorporar na sua actividade os aspectos ligados ao mercado, á evolução da tecnologia e ao seu carácter distribuído em termos de controlo e estrutura.

Nesta dissertação é apresentado um meta-modelo que requer um mecanismo de abstracção e modelização para ser implementado, baseado no conceito de meta-dados (que incorporam numa mesma entidade dados e conhecimento sobre estes), com o objectivo de contribuir para o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas que permitam obter a integração da empresa. São identificados e analisados um conjunto de conceitos que vêm responder às necessidades da integração: integração de uma empresa, modelização de uma empresa, integração da informação e ontologia. O modelo apresentado constitui o ponto central de todo o processo para se atingir a integração, pois todos os conceitos interagem com o modelo.

As metodologias orientadas para objectos constituem a melhor opção para o suporte do modelo. Pela sua inerente definição são adequadas para serem aplicadas em sistemas distribuídos de informação e computação como é o caso cada vez mais usual da empresa. A metodologia adoptada é a OMT (*Object Modelling Technique*).

Palavras chave: Sistemas Distribuídos, Modelização, Modelo, Meta-Modelo, Ontologia, Metodologias Orientadas para Objectos, Integração, Empresa.

Agradecimentos

Muitas pessoas contribuíram de uma forma ou doutra, com amizade, com apoio, com solidariedade, com incentivo, com amor, para enriquecer e valorizar este trabalho em todos os aspectos. É para todas elas que são dedicadas estas linhas, onde expresso os meus sinceros agradecimentos:

- Ao Prof. Adriano Carvalho, na qualidade de orientador desta tese, pelo apoio e constante disponibilidade que sempre demonstrou no desenvolvimento daquela. Além de excelente Professor é um amigo sempre pronto a ouvir-nos e a ajudar-nos. Mesmo que a "derivada" do "sistema" seja grande, consegue sempre exercer uma acção "integrativa" para reduzir a "entropia".
- Aos meus amigos e colegas de mestrado, e de outras actividades, o José Augusto, o Mário Sousa e o Paulo Portugal que contribuíram com a discussão de ideias e com o apoio para este trabalho.
- Ao Engº. Raúl Oliveira, que apesar de estar ausente do país, ainda contribuiu com a discussão de ideias para este trabalho.
- A todos os meus companheiros de trabalho no projecto CCE-CNMA, em especial à Isabel Praça, carinhosamente baptizada de minha "subordinada", e ao Filipe Pacheco, pelo esforço realizado e que permitiu levar o barco a bom porto (à INDIA com a ajuda do GAMA), pelas sessões tardias "pela noite dentro" que passamos e os "deliciosos" jantares com hamburguers, e não esquecendo as lições de dança do Filipe, que punham os "sockets" a bailar.
- A todos os "jovens" que trabalham na Secção de Automação e Controlo da FEUP, especialmente no Instituto de Sistemas e Robótica - Grupo de Automação Industrial (ISR - GAI), do qual eu sou investigador, pelo bom ambiente que proporcionam e que cá existe, a todos os níveis mais elevados de "abstracção".
- Às pessoas do grupo de email "ma_lingua" pela sempre boa disposição e momentos de humor (a frase da ma_lingua) que me proporcionaram no decorrer deste trabalho. Os meninos: o Sérgio Loureiro, o Miguel, o Armando Sousa, o Luís Ferreira, o Rui

Augusto (que já "imigrou"), o Filipe Pacheco (obrigado pelas "dicas" no OMTool). As meninas: a Cristina Russo ("Cris") e a Isabel Praça.

- A todos os elementos (permanentes e virtuais) da equipa não oficial de futebol do ISR-GAI, da qual faço parte, pelas boa disposição e forma física que sempre me proporcionaram e pelas "grandes" vitórias.
- À Faculdade de Engenharia e ao ISR-GAI, pela cedência de equipamentos e instalações imprescindíveis à realização deste trabalho.
- À Universidade do Porto, pelos conhecimentos adquiridos em áreas relacionadas com o tema desta dissertação através da participação em diferentes projectos;

  - Colaboração no projecto de um Sistema Flexível de Fabrico no CCP (Centro de CIM do Porto);

  - Participação no CCE-CNMA (pela Faculdade de Engenharia/ISR), no desenvolvimento de aplicações a nível industrial, com vista à integração de equipamentos na fábrica de transformadores da EFACEC.

- Ao Programa PRAXIS XXI, no âmbito do qual este trabalho foi realizado.
- A todos os meus amigos e amigas pelo apoio e amizade sempre demonstrados.
- À Cristina Viegas, que no momento de escrita desta linhas já "deu o nó", pela sua compreensão em eu não ter ido ao seu casamento, e pela grande amiga que é.
- Mais do que todos à minha família, por me ter apoiado em todos os momentos e em especial aos meus Pais.
- E por último, e porque os últimos são sem dúvida os primeiros, à Sónia Figueiredo, a minha namorada que tanta força me deu para eu finalizar este trabalho, pela sua ajuda, pela sua compreensão, pelo seu amor, por tudo o que representa para mim.

Índice

Lista de Figuras ..... **xxi**

Lista de Acrónimos ..... **xxv**

Glossário ..... **xxix**

Capítulo 1 - Introdução **33**

1.1 - Contexto Actual e Motivação para a Dissertação **33**

Empresa e Integração 33

Modelo da Empresa e Integração 34

Informação e Integração 35

Meta-modelo e Integração 35

Ontologias e Integração 36

Metodologias e Integração 37

1.2 - Objectivos **38**

1.3 - Estrutura **43**

Capítulo 2 - Sistemas de Fabrico: Introdução **47**

2.1 - Evolução dos Sistemas de Fabrico **48**

2.1.1 - As Três Últimas Décadas 48

2.1.2 - Evolução do Conceito CIM nos Sistemas de Fabrico 53

2.2 - Caracterização 57

2.2.1 - Definição e Classificação de Sistemas de Fabrico 57

2.2.2 - Tipos de Produção em Sistemas de Fabrico 60

2.2.2.1 - Produção Tipo "job-shop" 61

2.2.2.2 - Produção por Lotes ("batch") 62

2.2.2.3 - Produção em Massa 62

2.2.3 - Estrutura de um Sistema de Fabrico 63

2.4 - A Necessidade da Integração 67

2.4.1 - Produção Integrada e Partilha de Informação 68

2.4.2 - A Tendência para a Integração 71

2.3.3 - Flexibilidade - um obstáculo ? 72

2.4 - Modelos da Empresa 73

2.4.1 - O modelo Siemens 74

2.4.2 - O modelo DEC (Digital Equipment Corporation) 75

2.4.3 - O modelo PERA 77

2.4.4 - O modelo ESPRIT CIM-OSA 79

2.4.4.1 - Introdução 79

2.4.4.2 - Conceitos Básicos 80

2.4.4.3 - A Abordagem de Modelização do CIM-OSA 81

2.4.4.4 - Conclusão 82

2.4.5 - Outros Modelos 83

2.5 - Conclusão 83

Capítulo 3 - Requisitos para a Integração 85

3.1 - Integração da Empresa 87

3.1.1 - O Conceito de Integração da Empresa 87

3.1.2 - Dificuldades Associadas à Integração 90
3.1.3 - Soluções para o Controlo da Evolução 91
3.1.4 - A Necessidade do Modelo da Empresa 95
3.2 - Modelização da Empresa 96
3.2.1 - Introdução 96
3.2.1.1 - Perspectivas de Análise 96
3.2.2 - Definição 97
3.2.2.1 - Terminologia 98
3.2.3 - Justificação para o Uso da Modelização da Empresa 99
3.2.4 - Características do Processo de Modelização da Empresa 101
3.2.4.1 - Objectivo principal 101
3.2.4.2 - Área de Cobertura 102
3.2.4.3 - Organização do Modelo 102
3.2.4.4 - Utilizadores e Modo de Utilização 103
3.2.4.5 - Conteúdo 104
3.2.4.6 - Elementos do Modelo 105
3.2.4.7 - Gestão 106
3.2.4.8 - Funções 107
3.2.4.9 - Aplicação em Sistemas de Informação Distribuída e Cooperantes 107
3.2.5 - Dificuldades de Implementação 108
3.2.5.1 - Processo de Modelização 108
3.2.5.2 - Evolução 109
3.2.5.3 - Actualização 110
3.2.5.4 - Compreensão 110
3.2.5.5 - Reutilização e Partilha 111
3.2.5.6 - Consistência e Completação 113
3.2.6 - Requisitos para a Concepção do Modelo 114

3.2.7 - Critérios para a Concepção do Modelo 115
3.2.7.1 - Critérios gerais 116
3.2.7.2 - Critérios de Concepção 116
3.2.7.3 - Estruturação do Modelo 118
3.2.7.4 - Consistência do Modelo 118
3.2.7.5 - Forma de Apresentação 120
3.2.7.6 - Medida de Qualidade do Modelo 120
3.2.8 - Medidas para Melhorar o Modelo 120
3.2.9 - Tecnologias Necessárias 122
3.2.10 - Meta-Modelos 124
3.2.11 - Comentário 125

3.3 - O factor-chave: Integração da Informação 125
3.3.1 - Necessidade da Integração da Informação 125
3.3.2 - A Função dos Meta-Dados 129
3.3.3 - Noção do Conceito MBD 130
3.3.4 - O Sistema da MBD 131
3.3.4.1 - Arquitectura 132
MBD 132
SGMBD 132
SMI 132
SIC 132
A Arquitectura Concorrente 134
3.3.4.2 - MBD Distribuída 135
3.3.4.3 - Funcionalidades 135
Modo Passivo 135
Modo Semi-Activo 136
Modo Activo 137

3.3.5 - Comentário 137

3.4 - Utilização de Ontologias numa Empresa 138

3.4.1 - O Conceito de Ontologia - Definição 139

3.4.2 - Função da Ontologia 141

3.4.3 - Vantagens 141

3.4.4 - Construção de Ontologias 143

3.4.4.1 - Identificação do Objectivo 144

3.4.4.2 - Construção 145

Aquisição 145

Codificação 146

Integração de Ontologias Existentes 147

3.4.4.3 -Avaliação 147

3.4.4.4 - Documentação 147

3.4.5 - Ontologias e Modelização de uma Empresa 148

3.4.6 - Comentário 150

3.5 - Conclusão 151

Capítulo 4 - Metodologia para o Modelo 155

4.1 - Metodologias Existentes 156

4.1.1 - Evolução das Metodologias 156

4.1.2 - O Estado Actual 158

4.2 - Conceitos Principais 160

4.2.1 - Objecto, Classe, Operação, Meta-Classe, Polimorfismo e Hereditariedade 161

4.2.1.1 - Objecto 161

4.2.1.2 - Classe 161

4.2.1.3 - Operação 162

4.2.1.4 - Meta-Classe 162
4.2.1.5 - Polimorfismo 162
4.2.1.6 - Hereditariedade 162
4.2.2 - Abstracção 162
4.2.2.1 - Identificação 163
4.2.2.2 - Classificação 164
4.2.2.3 - Generalização 164
4.2.2.4 - Associação 164
4.2.2.5 - Agregação 164
4.2.3 - Encapsulamento e Ocultação de Informação 165
4.2.4 - Combinação de Dados e Comportamento 166
4.2.5 - Partilha 166
4.2.6 - Importância do Objecto 167
4.2.7 - Sinergia 167

4.3 - Motivação para a sua Utilização e Vantagens 168

4.3.1 - Motivação 168
4.3.1.1 - Utilização de Conceitos da Engenharia de Software 169
4.3.1.2 - Reutilização do Software 170
4.3.1.3 - Interoperabilidade 170
4.3.1.4 - Software 171
4.3.1.5 - Semelhança da Solução com o Problema Original 171
4.3.1.6 - Resolução 172
4.3.1.7 - Redução das Dificuldades de Integração 172
4.3.1.8 - Melhoria da Integridade Conceptual 173
4.3.1.9 - Necessidade de Conversão de um Objecto 173
4.3.2 - Vantagens 174
4.3.2.1 - Maior Aproximação do Domínio do Problema 174

4.3.2.2 - Maior Correlação entre Modelos 175
4.3.2.3 - Ocultação da Informação e Encapsulamento 175
4.3.2.4 - Hereditariedade 175
4.3.2.5 - Reutilização 176
4.3.2.6 - Implementação de simulações discretas e distribuídas 176

4.4 - Escolha da Metodologia Orientada para Objectos 176

4.4.1 - Análise de Metodologias Existentes 178
4.4.1.1 - OODA, Booch 180
4.4.1.2 - OOA/OOD, Coad & Yourdon 180
4.4.1.3 - OOAD, Martin & Odell 181
4.4.1.4 - OMT, Rumbaugh 181
4.4.1.5 - OOSA, Shlaer & Mellor 181
4.4.1.6 - DOOS, Wirfs-Brock 181
4.4.2 - Justificação para a MOO escolhida 182
4.4.3 - Descrição da MOO 187
4.4.3.1 - Metodologia 187
Análise 187
Concepção do Sistema 187
Concepção de Objectos 188
Implementação 188
4.4.3.2 - A Técnica de Modelização por Objectos - OMT 189
Modelo de Objectos 189
Modelo Dinâmico 190
Modelo Funcional 190
Relações entre os Modelos 191
4.4.3.3 - Notação 191
Modelo de Objectos - Notação 191

Modelo Dinâmico - Notação 203

Modelo Funcional - Notação 209

4.5 - Metodologias Orientadas para Objectos

e Sistemas de Computação Distribuídos 215

4.5.1 - A Empresa como um Sistema Distribuído 215

4.5.2 - Aplicação de MOO a um Ambiente de Computação Distribuída 217

4.5.3 - O Potencial de um ACDOO numa Empresa 219

4.6 - Conclusão 219

Capítulo 5 - O Modelo da Empresa 221

5.1 - Introdução 221

5.2 - Identificação do Objectivo, dos Conceitos e Relações 222

5.2.1 - Conceitos e Relações 222

5.2.1.1 - Objectivos 224

5.2.1.2 - Agentes e Funções 225

5.2.1.3 - Processos e Recursos 226

5.2.1.4 - Conceitos e Relações adicionais. 227

Da Área das Actividades e Processos 227

Da Área da Organização 228

Da Área da Estratégia 228

Da Área dos Aspectos Temporais 229

5.2.1.5 - A Meta-ontologia 229

5.3 - Definição dos Termos 230

5.3.1 - Meta-ontologia 230

5.3.2.1 - Entidades, Relações e Estados 230

5.3.2.2 - Agentes 232

5.3.2 - Actividades 233

5.3.2.1- Actividades 234
5.3.2.2 - Planos 236
5.3.2.3 - Capacidades 237
5.3.2.4 - Recursos 237
5.3.3 - Organização 238
5.3.4 - Estratégia 241
5.3.4.1 - Propósito 241
5.3.4.2 - Decisões, Factores, Suposições 244
5.3.5 - Aspectos Temporais 245
5.3.5.1 - Conceitos Básicos 246
5.3.5.2 - Durações e Intervalos 246
5.3.5.3 - Relações temporais 247

5.4 - Apresentação do Modelo 250

5.4.1 - Modelo de Objectos 250
5.4.4.1 - Meta-Ontologia 250
5.4.1.2 - Actividades, Planos e Recursos 253
5.4.1.3 - Organização 262
5.4.1.4 - Estratégia 266
5.4.1.5 - Aspectos Temporais 271
5.4.2 - Modelo Dinâmico 274
5.4.3 - Modelo Funcional 277

5.5 - Contributo do Meta-Modelo para a Integração 280

5.6 - Exemplo Prático 281

5.5.1 - Descrição do Problema 281
5.5.2 - Construção do Modelo 283

5.7 - Conclusão 283

Capítulo 6 - Conclusões e Perspectivas de Desenvolvimento **285**

Referências **295**

Lista de Figuras

fig. 1.1 - Fluxo de desenvolvimento do meta-modelo para a integração da empresa. 41

fig. 2.1 - Tendências do mercado nas últimas três décadas para a quantidade
e variedade dos produtos. 49

fig. 2.2 - Tendências do mercado segundo vários aspectos. 51

fig. 2.3 - Evolução das tecnologias da produção. 52

fig. 2.4 - Evolução da produção integrada nos sistemas de fabrico. 56

fig. 2.5 - Tipos de Sistemas de Fabrico 58

fig. 2.6 - Quantidades produzidas em função do tipo de produção e dimensões do produto61

fig. 2.7 - Estrutura de um sistema de fabrico e respectivo fluxo de informação. 63

fig. 2.7 - Estrutura do CIM-OSA 81

fig. 3.1 - Fluxo de informação e interligação entre empresas. 88

fig. 3.2 - Criação de empresas virtuais. 89

fig. 3.3 - Quando se verifica a alteração em t1 ocorre uma junção dos dois processos 92

fig. 3.4 - Quando se realiza a alteração em t1, identificam-se
os componentes "a" e "b" para serem partilhados entre os dois processos. 92

fig. 3.5 - Propagação do atraso na tomada de uma decisão. 93

fig. 3.6 - Controlo da evolução na empresa. 94

fig. 3.7 - Factores que determinam a situação da engenharia da empresa. 112

fig. 3.8 - Informação disponível no sistema onde se pretende

realizar a integração da informação. 127
fig. 3.9 - Abordagens ao problema da integração da informação. 127
fig. 3.10 - Actualização da informação nas BD's locais 128
fig. 3.11 - Arquitectura do sistema da MBD 133
fig. 3.12 - Arquitectura concorrente do sistema MBD 134
fig. 3.13 - Detalhe da shell que envolve as BD's locais. 135
fig. 3.14 - MBD distribuída. 136
fig. 3.15 - Utilização das ontologias na empresa. 151
fig. 4.1 - Uma MOO tem uma única hierarquia, combinando dados e comportamento. . 166
fig. 4.2 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos básicos) 193
fig. 4.3 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos básicos) 195
fig. 4.4 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos avançados) 199
fig. 4.5 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos avançados) 201
fig. 4.6 - Notação do modelo dinâmico. 205
fig. 4.7 - Notação do modelo dinâmico. 207
fig. 4.8 - Notação do modelo funcional. 211
fig. 4.9 - Notação do modelo funcional. 213
fig. 5.1 - Modelo de objectos para a meta-ontologia 251
fig. 5.2 - Modelo de Objectos para a área de actividades. 254
fig. 5.3 - Modelo de Objectos para planos e recursos. 257
fig. 5.4 - Modelo de Objectos para a área da organização. 262
fig. 5.5 - Modelo de Objectos para a área de estratégia. 267
fig. 5.6 - Modelo de Objectos para a área dos aspectos temporais. 272
fig. 5.7 - Modelo dinâmico - diagrama 1 275
fig. 5.8 - Modelo dinâmico - diagrama 2 276
fig. 5.9 - Modelo dinâmico - pormenor do estado executa. 277
fig. 5.10 - Modelo funcional - diagrama 1 278
fig. 5.11 - Modelo funcional - diagrama 2 279

fig. 5.12 - Modelo funcional - diagrama 3 280

fig. 5.13 - Modelo de objectos do pdp 284

Lista de Acrónimos

ACDOO - Ambiente de Computação Distribuída Orientado para Objectos

AGV - Automated Guided Vehicle

ANSI - American National Standards Institute

APS - Anthropocentric Production System

BD - Base de Dados

BOM - Bill of Materials

BPR - Bussiness Process Re-engineering

CAD - Computer-Aided Design

CAE - Computer-Aided Engineering

CAM - Computer-Aided Manufacturing

CAO - Computer-Aided Organization

CAPP - Computer-Aided Process Planning

CAQ - Computer-Aided Quality

CASE - Computer-Aided Software Engineering

CCE-CNMA - CIME (Computer Integrated Manufacturing and Engineering) Computing Environment integrating a Communication Network for Manufacturing Applications

CIM - Computer Integrated Manufacturing

CIM-OSA - Computer Integrated Manufacturing Open Systems Interconnection

CNC - Computer Numerical Control

CP - Capacity Planning

CPU - Central Processing Unit

DAA - Distributed Application Architecture

DBMS - Database Management Systems

DEC - Digital Equiptment Corporation

DOOS - Designing Object Oriented Software

EE - Enterprise Engineering

EFACEC - Empresa Fabril de Máquinas Eléctricas

EI - Enterprise Integration

EM - Enterprise Modelling

ER - Entity Relationship

ESPRIT - European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology

GOOD - Graph-Oriented Object Database

HOOD - Hierarchical Object Oriented Design

ICEIMT - International Conference on Enterprise Integration Modelling Technology

IBM - International Business Machines

IDLC - Interface Description Language Compiler

IGES - Initial Graphics Exchange Specification

I/O - Input / Output

IRDS - Information Resources Dictionary System

JIT - Just-in-Time

KBS - Knowledge Based System

KSL -Knowledge Shared Language

LAN - Local Area Network

MBD - Meta-Base de Dados

MD - Modelos Distintos

MM - Modelo Mestre

MOO - Metodologias Orientadas para Objectos

MPP - Master Production Planning

MPS - Master Production Schedule

MRP - Material Requirements Planning

NC - Numerical Control

NIST - National Institute of Standards and Technology

OMT - Object Modelling Technique

OO - Orientada para Objectos

OOA - Object Oriented Analysis

OOAD - Object Oriented Analysis and Design

OOCASE - Object Oriented Computer-Aided Software Engineering

OOD - Object Oriented Design

OODA - Object Oriented Design with Applications

OODBMS - Object Oriented Database Management Systems

OODBS - Object Oriented Database Systems

OF - Ordem de Fabrico

OOP - Object Oriented Programming

OORA - Object Oriented Requirements Analysis

OSA - Open-Systems Architecture

OOSA - Object Oriented Systems Analysis

OOSD - Object Oriented Structured Design

ORB - Object Request Broker

OSI - Open Systems Interconnection

PDDI - Product Definition Data Interface

PDES - Product Data Exchange Specification

PERA - Purdue Enterprise Reference Architecture

PP - Production Planning

PP&C - Production Planning and Control

RCCP - Rough-cut Capacity Planning

RPC - Remote Procedure Call

SA/SD - Structural Analysis and Structural Design

SGMBD - Sistema de Gestão da Meta-base de Dados

SF - Sistema de Fabrico

SFC - Shop Floor Control

SI - Sistemas de Informação

SIC - Software de Interface e de Controlo

SHADE - SHAred Dependency Engineering

SMI - Software de Modelização da Informação

STEP - Standard for the Exchange of Product Model Data

TCP/IP - Transmission Control Protocol over Internet Protocol

TI - Transformador Industrial

TOVE - TOronto Virtual Enterprise

UO - Unidade Organizacional

VDM - Vienna Development Method

WAN - Wide Area Network

WIP - Work in Process

Glossário

Agente:

- No modelo cliente-servidor, consiste na parte do sistema que executa a preparação e troca da informação para o cliente ou para o servidor. Quando o termo se refere a um agente inteligente, implica a existência de um processo automático (agente) que pode comunicar com outro agente no desempenho de uma determinada tarefa comum, para uma determinada aplicação (*software*) ou para uma pessoa.

Base de Conhecimento:

- Um conjunto de conhecimentos descrito através do uso de uma linguagem formal para representação de conhecimento. Uma base de conhecimento faz parte de um KBS (*Knowledge Based System*).

Conceito:

- termo usado de um modo geral para incluir qualquer coisa, uma noção ou uma ideia; isto difere do seu uso mais restrito em linguagens descritivas [Uschold, 95b].

Conceptualização:

- Consiste no conjunto de objectos, conceitos e outras entidades que se supõem existir numa determinada área de interesse, e nas relações que existem entre eles. Uma conceptualização é uma visão abstracta e simplificada do mundo que queremos representar. Qualquer agente de uma base de conhecimento, KBS, ou nível de conhecimento, está ligado a uma conceptualização, explicitamente ou implicitamente [Dic. 1].
- Uma estrutura semântica que codifica as regras implícitas que restringem a estrutura de um item da realidade [Uschold, 93b].

Conhecimento:

- É definido pelos objectos., conceitos e relações que se pressupõem existir numa dada área de interesse. Um conjunto de conhecimentos que seja representado utilizando uma linguagem para representação de conhecimento designa-se por uma base de conhecimento e um programa para interrogar e/ou expandir uma base de conhecimento designa-se por um sistema baseado em conhecimento (KBS - *Knowledge Based System*).

  O conhecimento difere dos dados e da informação no seguinte aspecto: pode ser criado novo conhecimento a partir do existente através de inferências lógicas. Se a informação são os dados depois de estes adquirirem significado, então o conhecimento é a informação depois de esta ser processada.

DAA:

- Distributed Application Architecture - sistema em fase de concepção por parte da SUN e da Hewlet-Packard. Consiste num ambiente distribuído de gestão de objectos que permitirá que as aplicações sejam desenvolvidas independentemente dos sistemas operativos, da rede e de sistemas de janelas.

Dados:

- São constituídos (dados em bruto) por números e caracteres numa forma que pode ser introduzida, armazenada e processada num computador, ou transmitida por um canal digital de comunicação. Os dados por si só não têm um significado, somente quando são interpretados por um determinado tipo de sistema de processamento de dados é que adquirem significado e passam a ser informação. É aqui que reside a principal diferença entre dados e informação.

Empresa:

- Segundo [Eirich, 92] o termo "empresa" era referenciado no passado como sendo um "negócio" ou uma "organização". Actualmente o termo "empresa" tem um alcance mais vasto que pode ser aplicado a qualquer actividade organizada que tenha um determinado objectivo a atingir, ou mais especificamente a uma actividade organizada com fins lucrativos.
- Em [AT & T, 95] uma empresa pode significar:
  - Um consórcio
  - Uma corporação
  - Uma instituição

- Um departamento
- Um processo de fabrico
- Um produto
- Um sistema de informação
- Uma linha de um produto
- Uma base de conhecimento
- Um item de tecnologia complexa

- Considera-se nesta dissertação (se não for expressamente dito o contrário) que o termo empresa abrange todo o tipo de organizações comerciais/lucrativas, militares, educacionais ou governamentais, e mais especificamente organizações dedicadas ao fabrico de um determinado produto (indústria de manufactura). Assim o termo empresa pode ser entendido neste contexto como aplicável a um sistema de fabrico (SF), i.e., abrange este termo.

ISO:

- International Organization for Standardization - uma organização voluntária, não pactual, fundada em 1946, responsável pela criação de standards internacionais em várias áreas, incluindo computadores, comunicações, produção, etc. São membros da ISO, organizações nacionais de *standards* de 89 países, incluindo o NIST. O termo "ISO" não constitui um acrónimo, é derivado do prefixo grego "iso-" cujo significado é "semelhante".

KBS:

- Knowledge Based System: sistema baseado em conhecimento. Um programa (*software*) para expandir e/ou interrogar uma base de conhecimento.

Linguagem:

- É geralmente utilizada para se referir a meios de comunicação entre as pessoas na empresa.

Nível de conhecimento:

- Um nível de descrição do conhecimento de um agente que é independente da sua representação interna a nível simbólico. O conhecimento pode ser atribuído a um agente através da observação das suas acções. Um agente "sabe" alguma coisa, se age como se tivesse a informação e se age de um modo racional para satisfazer os seus objectivos. As acções de um agente, incluindo servidores de base de conhecimento e

KBS, podem ser "vistas" através de um interface funcional, onde um cliente interage com um agente realizando afirmações e realizando perguntas.

Ontologia:

- Num contexto de partilha de conhecimento, o termo "ontologia" significa uma especificação de uma conceptualização, i.e., uma ontologia é uma descrição dos conceitos e relações que podem existir para um agente ou um conjunto de agentes.

Representação:

- É um conjunto de convenções sintácticas que especificam a forma da notação utilizada para expressar descrições, e ainda, um conjunto de convenções semânticas que especificam o modo pelo qual as expressões na notação correspondem aos elementos descritos.
- Refere-se aos meios de armazenamento da informação num computador (base de dados).

Representação de conhecimento:

- É um subconjunto da inteligência artificial que se ocupa com a concepção e utilização de sistemas para armazenamento de conhecimento (factos e regras sobre um determinado sujeito ou objecto)

Shell:

- Qualquer programa de interface que intervém no acesso a um serviço especial ou a um servidor, por razões de eficiência, de conveniência ou de segurança. Utiliza-se a expressão "existe uma shell à volta de..."

Software / Hardware:

- O termo *software* encontra-se relacionado com os programas em contraste com os computadores nos quais aqueles são executados (*hardware*). Os programas que estão armazenados em circuitos integrados não-voláteis (ROM ou PROM) são designados por *firmware*.

  O software inclui tipicamente um sistema operativo para controlar a execução de outros programas e ainda código escrito por pessoas e código-máquina produzido por assembladores e compiladores.

Capítulo 1

Introdução

Este capítulo inicial refere quais os aspectos fundamentais da dissertação, procurando expôr de uma forma sucinta o tema que vai ser tratado, quais as motivações que levaram a esta dissertação, qual o seu objectivo e a sua estrutura.

1.1 - Contexto Actual e Motivação para a Dissertação

Empresa e Integração

Durante a última década, as empresas em geral e a indústria de manufactura em particular, sofreram um deslocamento de uma organização centralizada para uma organização distribuída. Actualmente, este processo continua a verificar-se e tem vindo a acelerar à medida que é dada cada vez menor importância ao processamento centralizado em pró do processamento distribuído. A visão que se tinha de uma empresa como tendo uma estruturação e controlo hierárquicos, evoluiu para uma visão distribuída onde as entidades organizacionais comunicam e cooperam entre si na resolução de problemas e na tomada de acções.

A empresa deve ter uma capacidade de resposta adequada à crescente competitividade que se verifica nos mercados. Para isto, tem de conseguir reflectir no seu sistema todos os aspectos que advêm do mercado e que possam contribuir para aumentar a sua eficiência. Isto passa pelo desenvolvimento de ferramentas que permitam à empresa reflectir na sua actividade as alterações verificadas no mercado, de um modo controlado e que maximize os seus objectivos.

A constante evolução da tecnologia produz um efeito desestabilizador sobre a competitividade da empresa, pois se esta não conseguir acompanhar e adaptar-se à evolução, vai

perder a sua posição competitiva no mercado. A adaptabilidade da empresa à evolução da tecnologia constitui, assim, um requisito fundamental para a sua sobrevivência. Neste contexto também são necessárias ferramentas para efectuar esta adaptação, que deve ser realizada de um modo controlado, de modo a não provocar rupturas no decorrer das suas actividades.

O desenvolvimento orientado para o controlo inteligente dos processos de fabrico e de logística e uma resposta imediata às alterações cada vez mais rápidas dos parâmetros de produção requerem a existência de sistemas inteligentes de controlo da produção de modo a se conseguirem atingir os objectivos da empresa.

A estruturação e controlo da empresa de forma distribuída só é possível se todos os elementos que contribuem para a sua actividade tiverem uma base de entendimento comum, i.e., se a comunicação for integrada. Assim, consegue atingir-se o que se designa por integração da empresa, que tem como objectivo a comunicação de informação e a coordenação e optimização de todas as actividades que ocorrem na empresa, de modo a se atingirem maiores níveis de produtividade, qualidade e de flexibilidade. A integração também passa por uma gestão eficiente da empresa no que diz respeito à organização e manuseamento da informação e à coordenação global das suas actividades.

Modelo da Empresa e Integração

A necessidade da existência de um modelo da empresa (ou dito doutro modo, da modelização da empresa) é originada por vários factores, existindo no entanto, um ponto em comum: a necessidade da integração e coordenação das actividades existentes na empresa, para permitir que as alterações a introduzir na sua operação e estrutura sejam realizadas e efectivadas o mais rapidamente possível.

A integração da empresa requer como base uma arquitectura global assente numa representação abstracta e estruturada dos elementos que a constituem e das suas interacções, ou seja num modelo da empresa. O modelo é um elemento fundamental na estruturação da informação de maior relevância para a operação da empresa e além disso, especifica o contexto organizacional no qual ocorre a integração dos dados e dos vários sistemas. Assim, o modelo é um requisito necessário para se conseguir estabelecer a integração da empresa.

Um dos principais requisitos para o modelo é (entre outros) a sua executabilidade. Este deve ser satisfeito para poder simular o comportamento da empresa e permitir assim a tomada de decisões e acções sobre esta, assim como possibilitar a sua reutilização e partilha para diminuir os custos de concepção.

Informação e Integração

A informação por si só tem vindo a desempenhar um papel cada vez mais importante na empresa, pois constitui o "cérebro" do sistema complexo que esta representa. A informação, fundamental para o sucesso da empresa, é organizada em bases de dados.

As bases de dados existentes numa empresa (comercial, produção, engenharia e concepção) de um modo geral tiveram uma evolução diferente e aderiram a diferentes concepções, embora fossem baseadas na mesma tecnologia da informação. A integração de todas as funções da empresa tem de ter em conta a dimensão global do problema da conversão de informação entre as diferentes concepções existentes nas bases de dados.

São exemplos dos problemas que se põem aos sistemas de informação actuais, a evolução e o crescimento. O desafio não passa só pela integração das ilhas de informação na empresa, mas também por sincronizar todo o processo com as necessidades de alteração e da evolução da tecnologia. Actualmente, a integração em muitos casos é realizada sem se ter em conta a evolução tecnológica, nomeadamente para ambientes, que apesar de heterogéneos, possuem capacidade de integração.

As soluções encontradas pelas empresas têm passado pela formação de alianças estratégicas com vista a diminuir o número de diferentes sistemas envolvidos e pela adopção de *standards* comuns a todos os sistemas. Ironicamente o problema da adopção de um *standard* é a carência de um *standard* que seja aceite pelas empresas, que satisfaça todos os requisitos e que seja adaptável à evolução da tecnologia.

Meta-modelo e Integração

A ausência de um modelo uniforme para os diferentes sistemas existentes na empresa tem originado trabalhos tentativos de abordar esta questão e propor soluções.

Com este objectivo foi desenvolvido o conceito de meta-modelo. A sua origem pode ser determinada pelo princípio dos trabalhos no IRDS nos Estados Unidos e no projecto CIM-OSA na Comunidade Europeia. Existem trabalhos sob a alçada da ISO que incluem o projecto PDES/STEP, para desenvolver um modelo geral de informação para a concepção do produto e para o planeamento do processo de fabrico, assim como do IRDS sob a supervisão da ANSI para formular uma estrutura global que envolva métodos comuns de representação de dados e conhecimento e ainda ontologias.

A fundamentação de um sistema baseado no conceito de meta-modelo assenta em três níveis:

- Ao nível dos meta-dados (informação e conhecimento), o meta-modelo actua como um agente neutral, como um método de representação comum para o qual são convertidas todas as diferentes concepções da informação existentes;
- Ao nível da integração do modelo (ou gestão dos meta-dados), o meta-modelo constitui um esquema genérico de meta-dados, abstraindo e estruturando todos os modelos numa meta-base de dados integrada da empresa;
- Ao nível da gestão da informação (ou instanciação dos dados), o meta-modelo constitui o modelo integrado da empresa incluído na meta-base de dados.

O carácter generalizado das abordagens referida anteriormente faz com que não seja possível efectuar uma implementação directa, com as desvantagens daí decorrentes. É preferível dispôr de uma solução que não careça de esforço de implementação, que apresente um custo razoável e que o seu desempenho seja suficiente para satisfazer as necessidades de integração.

O meta-modelo permite disponibilizar um mecanismo de apoio à gestão de ferramentas CASE pois fornece uma base comum de diálogo, e à conversão das diferentes concepções de informação, mas também utilizar as suas capacidades, inerentes à organização dos meta-dados, para facilitar a gestão distribuída dos sistemas de informação da empresa. O meta-modelo permite reduzir a complexidade do problema da conversão das diferentes concepções de informação e faz com que o impacto de uma alteração nos modelos e aplicações já existentes, ou a introdução de novos elementos no resto da empresa, venha minimizado.

Ontologias e Integração

A grande maioria dos sistemas que realizam o processamento, gestão e controlo das actividades da empresa foram concebidos sem ter existido uma realimentação entre os responsáveis pela sua concepção, o que originou as seguintes situações :

- As actividades tendo como base representações diferentes (i.e., diferentes representações do mesmo conhecimento da empresa) não podem partilhar o conhecimento;
- As representações não foram concebidas com uma adequada especificação para o significado da terminologia usada (semântica), logo as interpretações e a utilização do conhecimento são inconsistentes;

- As representações não possuem uma capacidade dedutiva, o que provoca um esforço suplementar por parte dos utilizadores que têm de implementar (programar) funções novas para as tarefas requeridas.

Para se obter a integração entre as diferentes funções da empresa, o conhecimento sobre esta deve ser expresso com o mínimo de pré-informação sobre a aplicação em causa, sob a forma de uma ontologia. Esta é definida como uma descrição formal das entidades que formam uma empresa e das suas propriedades, relações, restrições e do seu comportamento.

O principal objectivo de uma ontologia é realizar uma fusão homogénea das funções da empresa, do seu conhecimento respectivo e das ferramentas. Dito de outro modo, a ontologia comporta-se como um protocolo para gerir as entradas, saídas e a comunicação de informação, estabelecendo ao mesmo tempo um modo eficiente de coordenação e comunicação entre as diferentes unidades organizacionais que constituem a empresa. Consequentemente uma ontologia fornece uma representação de base para os agentes da empresa e uma linguagem *standard* para comunicação, permitindo a troca de informação e de conhecimento entre diferentes utilizadores, processos e sistemas.

Como já referimos atrás, a reutilização é um dos requisitos fundamentais a ter em conta aquando da concepção do modelo da empresa. O uso de uma ontologia facilita a satisfação deste requisito, pois fornece uma base semântica (contém o significado dos termos) para integrar um conjunto disperso de técnicas e ferramentas de modelização. Além disto, devido ao facto de possuir propriedades claramente especificadas facilita a concepção de novas técnicas e ferramentas de modo a integrá-las facilmente com as já existentes.

Metodologias e Integração

Para estabelecer o modelo da empresa é necessário utilizar uma metodologia que satisfaça os requisitos estabelecidos para este. Uma metodologia orientada para objectos possui características que a tornam única para ser aplicada em sistemas distribuídos de informação e de computação como é o caso de uma empresa. Assim, o facto de utilizar uma metodologia orientada para objectos na concepção do modelo da empresa, permite de certo modo reforçar os requisitos a que a este deve obedecer, pois existe uma proximidade nítida entre as vantagens que a metodologia proporciona e os requisitos estabelecidos para o modelo. Complementam-se mutuamente.

A escolha da metodologia orientada para objectos adequada para a aplicação em causa também é uma tarefa importante e não desprezável. O processo passa pela consideração de várias

perspectivas como a complexidade e dimensão da aplicação e a satisfação dos seus principais requisitos. A análise é o factor fundamental no processo de desenvolvimento de uma aplicação e a sua incorrecta realização pode levar a deficiências no produto final, assim a metodologia escolhida deve dar um grande ênfase à análise.

Este é o contributo das metodologias orientadas para objectos para a integração da empresa, pois ao serem adequadas para a elaboração do modelo, estão a dar o primeiro passo nesse sentido.

1.2 - Objectivos

O objectivo desta dissertação é estabelecer um modelo que sirva de base para o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas (*software*) que ajudem no processo de recolha de informação e permita efectuar a sua análise. Assim, será possível identificar e comparar as opções disponíveis, e tomar a decisão que vai de encontro aos objectivos da empresa. Isto constitui o primeiro passo para um objectivo mais ambicioso que é a integração da empresa.

Para se estabelecer o objectivo é necessário, em primeiro lugar, identificar e formular o problema para depois proceder à sua análise. As necessidades emergentes que se verificam ao nível da empresas (e em particular, sistemas de fabrico) levam estas a estabelecerem um conjunto de requisitos que devem ser satisfeitos para que a empresa permaneça competitiva. Estes no seu conjunto requerem um objectivo comum que é a integração da empresa.

Um conjunto de conceitos e de tecnologias que se têm vindo a desenvolver ao longo dos últimos anos vêm de certo modo responder às necessidades que se verificam nas empresas actuais. Um conceito directamente ligado ao objectivo pretendido (do qual possui o mesmo nome) é o de integração da empresa. Este tem por base uma representação abstracta da empresa (modelo), que consiste numa descrição concisa do que é e como funciona uma empresa, em termos dos seus elementos e das interacções entre estes.

Outro conceito ligado intimamente com o anterior, a modelização da empresa, tem por objectivo a implementação de um modelo da empresa que permita descrever a sua estrutura, os objectivos e o conjunto de tarefas a desempenhar, obtendo um melhor desempenho no posicionamento e alinhamento das estratégias e na gestão da evolução e das alterações ao nível dos sistemas que a compõem.

Por sua vez, a elaboração do modelo deve assentar na existência de estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os agentes funcionais da empresa. Isto vem introduzir o conceito de ontologia.

Esta pode ser vista como um canal de comunicação que oferece uma representação de base para os elementos da empresa e uma linguagem *standard* de comunicação, definindo um vocabulário para a definição precisa de termos (e o seu significado) e das relações entre eles. Resumindo, a ontologia permite realizar a união das funções da empresa, do seu conhecimento, e das ferramentas (aplicações).

As metodologias orientadas para objectos constituem por excelência o processo a utilizar para a elaboração do modelo. Pela sua inerente definição e vantagens que apresentam são adequadas para a aplicação em sistemas distribuídos de informação e de computação. Ora a empresa é inerentemente um sistema distribuído, pelo que a aplicação de uma metodologia deste tipo na construção do modelo revela-se muito vantajosa.

As necessidades de integração da informação levaram ao desenvolvimento do conceito de meta-modelo que requer um mecanismo de abstracção e modelização para a sua implementação, baseado no conceito de meta-dados que incorporam numa só entidade dados (informação da empresa) e conhecimento sobre estes (como a informação é utilizada na empresa). Este permite implementar um mecanismo de apoio à gestão das actividades da empresa e à conversão das diferentes concepções de informação. Como a informação se encontra organizada segundo meta-dados, o meta-modelo facilita a gestão distribuída dos sistemas de informação (organizados segundo meta-bases de dados).

Assim concluí-se que o modelo é o ponto central de todo o processo, pois todos os passos a seguir passam pela sua elaboração.

Na fig. 1.1 é apresentado um diagrama que mostra o fluxo de desenvolvimento do meta-modelo. As tendências actuais do mercado e a evolução tecnológica estabelecem na empresa um conjunto de requisitos cujo objectivo é a integração desta, de modo a melhorar a sua eficiência. O conceito de integração da empresa baseia-se numa representação abstracta desta, ou seja, num modelo da empresa como meio para atingir o seu objectivo, a integração.

Outro conceito que funciona como *input* para o processo de desenvolvimento do meta-modelo é a modelização da empresa que tem por objectivo a implementação de um modelo da empresa que a permita descrever em todos os seus aspectos funcionais e estruturais. Temos assim que o modelo é um elemento comum para estes conceitos.

O modelo deve ter por base uma ontologia, mais concretamente uma ontologia da empresa. A necessidade da sua utilização provém da não existência de uma unificação sintáctica e semântica nas várias actividades que ocorrem na empresa, o que origina interpretações diferentes e ambíguas para os mesmos termos e conceitos. É necessário o estabelecimento de um universo de discurso comum para todos os elementos que constituem a empresa.

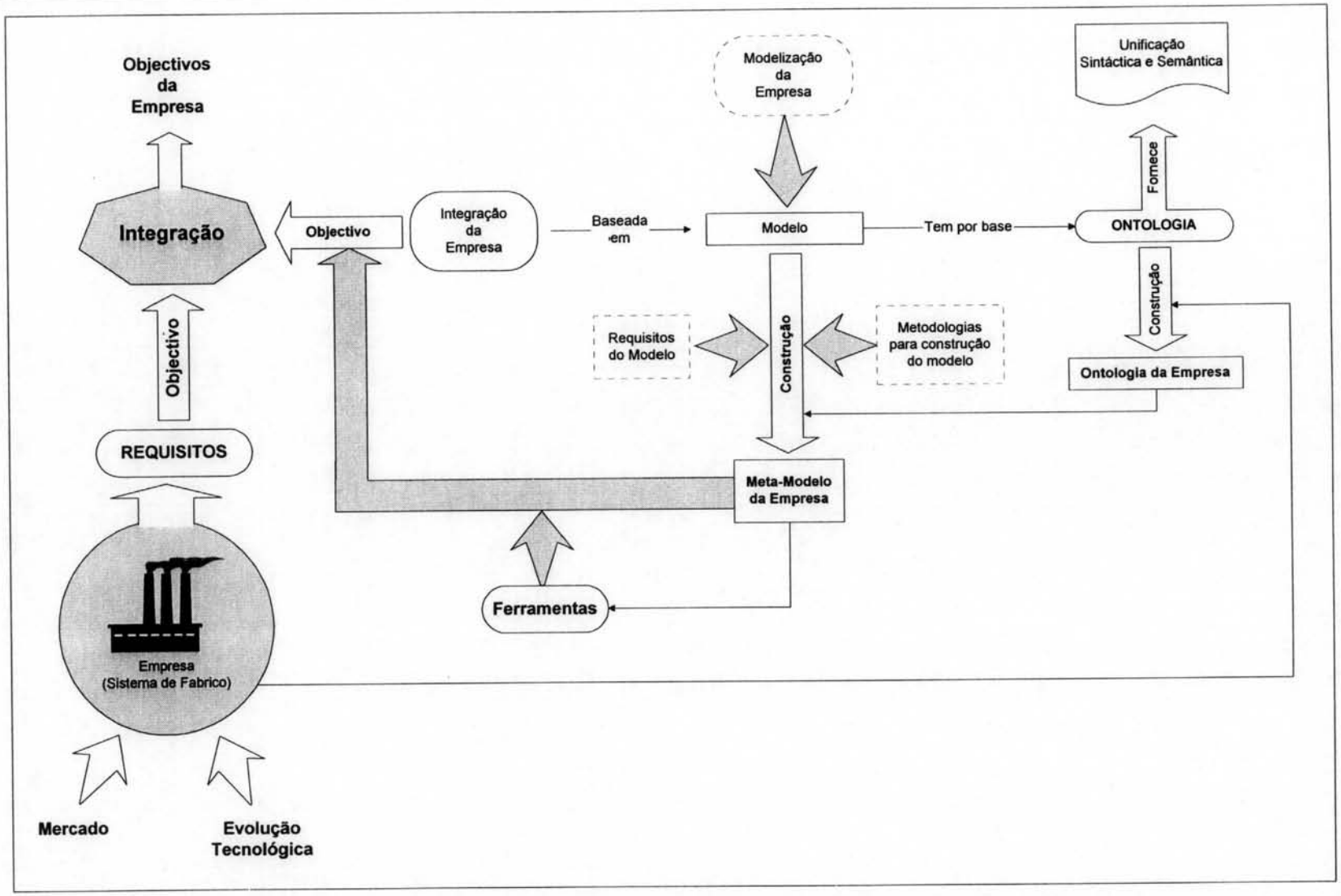


fig. 1.1 - Fluxo de desenvolvimento do meta-modelo para a integração da empresa.

A construção do meta-modelo deve ter por base uma ontologia da empresa, que, aliada à metodologia orientada para objectos e tendo em conta os requisitos estabelecidos para o modelo, permite conceber um meta-modelo da empresa com uma consistência elevada a nível sintáctico e semântico.

Com base no meta-modelo serão desenvolvidas ferramentas que irão ajudar, conjuntamente com aquele, no processo de integração da empresa.

Esta dissertação cuja estrutura é apresentada a seguir, dedica-se ao estudo e formulação de um meta-modelo da empresa compatível com uma abordagem orientada a objectos, tendo em vista estabelecer ferramentas que permitam a integração de todas as suas actividades.

1.3 - Estrutura

Esta dissertação encontra-se estruturada em seis capítulos, o primeiro dos quais é esta introdução. Neste capítulo, referem-se quais os aspectos fundamentais da dissertação, procurando expor de uma forma sucinta o tema que vai ser abordado e analisado, qual o contexto actual e as motivações que levaram à sua escrita, qual o seu objectivo e a sua estrutura.

No capítulo 2, "Sistemas de Fabrico: Introdução" procura dar-se uma perspectiva geral sobre o estado da arte dos sistemas de fabrico no contexto actual, com o objectivo de os modelizar, efectuando a sua caracterização e identificando os principais problemas existentes e quais os requisitos que se impõem actualmente. Descreve-se nomeadamente:

- A evolução dos sistemas de fabrico, referindo os aspectos quer tecnológicos quer sócio-económicos que motivaram e apareceram com essa evolução;
- O conceito de produção integrada, a sua evolução e como influenciou os sistemas de fabrico;
- A necessidade da integração e da definição de standards para a produção;
- Os modelos de sistema de fabrico existentes;

A definição e caracterização do problema que motivou a escrita desta dissertação é feita no capítulo 3, "Requisitos para a Integração". Aborda-se um conjunto de temas que vão definir em maior pormenor o contexto no qual ocorre o problema da integração da empresa. Assim, começa-se por definir o conceito de integração da empresa, referindo nomeadamente as principais dificuldades associadas, soluções para controlar a evolução da tecnologia e a sua relação íntima com o conceito de modelização de uma empresa, i.e., com o modelo da empresa. É introduzido o conceito de meta-modelo.

Seguidamente, fala-se do conceito de modelização da empresa. É realizada uma caracterização completa em que se aborda a sua definição, os motivos para a sua utilização, as suas características, problemas e requisitos. Ainda são referidos os critérios para a concepção de um modelo e medidas para o melhorar, assim como as características de ferramentas que possibilitem a sua utilização.

Outro assunto não menos importante consiste na integração da informação na empresa. São referidos os principais problemas que motivam a sua efectivação. É apresentada uma solução baseada numa arquitectura concorrente que inclui um sistema de informação baseado numa meta-base de dados. Definem-se ainda os conceitos de meta-dados e de meta-base de dados.

Por fim, é referido um conceito fundamental para se assegurar a integração da empresa: ontologia. É descrita a sua utilização numa empresa como ferramenta de apoio à integração, sendo apresentada a sua definição, principais funções e vantagens. Os aspectos mais relevantes quanto à sua construção são descritos e por fim é referida a sua relação com a modelização da empresa.

Para a concretização do objectivo proposto nesta introdução é necessário utilizar uma metodologia que satisfaça os requisitos propostos e que melhor se adapte à aplicação em causa. No capitulo 4 , "Metodologia para o Modelo" pretende-se determinar qual a metodologia a adoptar para a elaboração do modelo da empresa. Assim, em primeiro lugar é dada uma perspectiva geral sobre os principais tipos de metodologias existentes e qual a mais apropriada para este caso, apontando para cada uma as vantagens e desvantagens decorrentes da sua utilização.

Após se ter fundamentado a escolha, são descritas os principais conceitos inerentes ao tipo de metodologia, apresentando-se ainda as principais motivações para a sua utilização e as vantagens daí decorrentes.

Seguidamente, em relação às várias metodologias que correspondem ao tipo que foi escolhido, vai adoptar-se aquela que melhor se adapta ao problema. São descritas quais as principais metodologias existentes e quais as mais utilizadas. É referida uma comparação entre as principais metodologias, após a qual se faz a escolha da metodologia a utilizar e se apresenta uma justificação para tal. De seguida apresenta-se uma breve descrição da metodologia escolhida.

Por fim são referidas as vantagens da aplicabilidade das metodologias orientadas a objectos em sistema distribuídos, como é o caso de uma empresa, em particular de um sistema de fabrico.

No capítulo 5 são apresentadas as diversas etapas que conduzem ao estabelecimento do modelo. Em primeiro lugar define-se a base, a ontologia. É estabelecido qual o objectivo da

ontologia e identificados quais os conceitos e relações que são de maior relevância para a empresa (especificação do problema). Estes por sua vez devem ser agrupados em função das várias áreas de actividade da empresa. Para todos os conceitos e relações devem ser escolhidos os termos apropriados, e para estes devem ser dadas definições. Ainda são definidos um conjunto de termos que definem os próprios termos da ontologia - meta-ontologia.

O conjunto de termos a definir terá um carácter de abstracção elevado de modo a poder abranger a generalidade dos casos, procurando, se possível, não particularizar nenhuma situação.

Seguidamente passa-se à fase propriamente dita da construção do modelo, seguindo muito de perto a metodologia. Assim serão determinados o modelo de objectos, o modelo dinâmico e o modelo funcional.

No fim do capítulo é apresentado um exemplo prático, para uma aplicação de planeamento da produção num ambiente industrial.

Por fim, no capítulo 6, "Conclusões e Perspectivas de Desenvolvimento", são apresentadas as principais conclusões sobre o trabalho realizado e referidas as perspectivas de desenvolvimento futuro do mesmo.

Capítulo 2

Sistemas de Fabrico: Introdução

Para se abordarem convenientemente os aspectos referidos §1.1 e §1.2, torna-se necessário estabelecer qual o presente estado da arte no que se refere ás empresas, em particular aos sistemas de fabrico.

Neste capítulo procurar-se-á dar uma perspectiva geral sobre o estado da arte dos sistemas de fabrico no contexto actual. Falar-se-á da evolução dos sistemas de fabrico, referindo os aspectos quer tecnológicos quer sócio-económicos que motivaram e apareceram com essa evolução. Far-se-á uma breve referência ao conceito de produção integrada, à sua evolução e como influenciou os sistemas de fabrico. Seguidamente ir-se-á proceder à caracterização do que é um sistema de fabrico, referindo nomeadamente:

- tipos de sistemas de fabrico;
- tipos de produção e processos de fabrico associados;
- níveis funcionais em que se divide uma empresa e a sua estrutura;
- fluxos de informação e estruturas de controlo associadas a cada nível.

No seguimento da discussão são identificadas as principais necessidades a nível de integração para um sistema de fabrico no contexto actual, focando os seguintes pontos:

- dificuldades existentes;
- quais as necessidades emergentes a nível de tecnologias e técnicas de produção;

- necessidade da definição e estabilização de standards.

Por fim referem-se as principais concepções de modelos de empresas que são considerados actualmente.

2.1 - Evolução dos Sistemas de Fabrico

2.1.1 - As Três Últimas Décadas

No passado todo o processo de produção na indústria de manufactura era essencialmente manual sendo o grau de automatização praticamente nulo. Devido às decorrentes necessidades em termos de eficiência e de qualidade no fabrico, que emergiram ao longo do tempo, os sistemas de fabrico passaram de uma fase em que o fabrico era baseado em ferramentas manuais, para outra em que se utilizavam máquinas. As tendências sociais e económicas que se verificaram ao longo das três últimas décadas (1960 a 1980) tiveram como consequência um aumento da introdução das tecnologias ligadas à automação e aos computadores no processo de fabrico.

Ao longo da última década (1980) existiu um deslocamento do mercado de produtos *standard* que eram produzidos em massa, para um conjunto de produtos especializados, de elevada qualidade e fabricados segundo as tendências do mercado. Actualmente existe um paradigma no que diz respeito ao uso da tecnologia e da organização dos sistemas de fabrico em geral, que dá mais importância aos aspectos ligados à organização do sistema do que à tecnologia em si, com o objectivo de aumentar a produtividade. As exigências que se colocam hoje ao nível da flexibilidade já não conseguem ser alcançadas pelo uso das novas tecnologias *de per si*, e passam por se encontrar uma combinação eficiente de pessoas especializadas e qualificadas, de organizações e tecnologias flexíveis que sejam adaptáveis aos requisitos exigidos.

Existem vários métodos de fabrico que são utilizados na maior parte dos países industrializados, e que conheceram um maior desenvolvimento desde a década de 50, nomeadamente:

- Os postos de trabalho baseados em máquinas directamente manipuladas por um operador passaram a ser automatizados;

- Inicialmente a mecanização, a automação e o uso de sistemas informáticos eram vistos separadamente quanto à sua introdução no sistema de fabrico. A tendência actual é a da integração com vista a aumentar a eficiência global do sistema;
- A introdução dos computadores, que para além de outros aspectos, possibilitou o uso de sistemas de informação inteligentes nos sistemas de fabrico.

No início da década de 50 e até ao início dos anos 70 as leis do mercado eram ditadas por uma elevada procura, e assistia-se a um rápido crescimento da economia em que cada país produzia uma grande variedade de produtos. Isto era conseguido através de uma gama estreita de produtos resultantes da produção em massa, que eram rapidamente absorvidos pelo mercado. A crise do petróleo que se verificou no início dos anos 70 fez com que a economia mundial diminuisse e conhecesse um período de baixo crescimento o que levou a uma excessiva competitividade entre os fabricantes. Estes foram forçados a produzir em função do que o mercado necessitava (sendo assim a sua produção conduzida pelo mercado), a terem um tempo de resposta curto em relação ao mercado e à pratica de preços competitivos em relação aos concorrentes.

Isto levou a uma diminuição das quantidades produzidas e inversamente a um aumento da variedade da gama de produtos, como se pode ver na fig. 2.1.

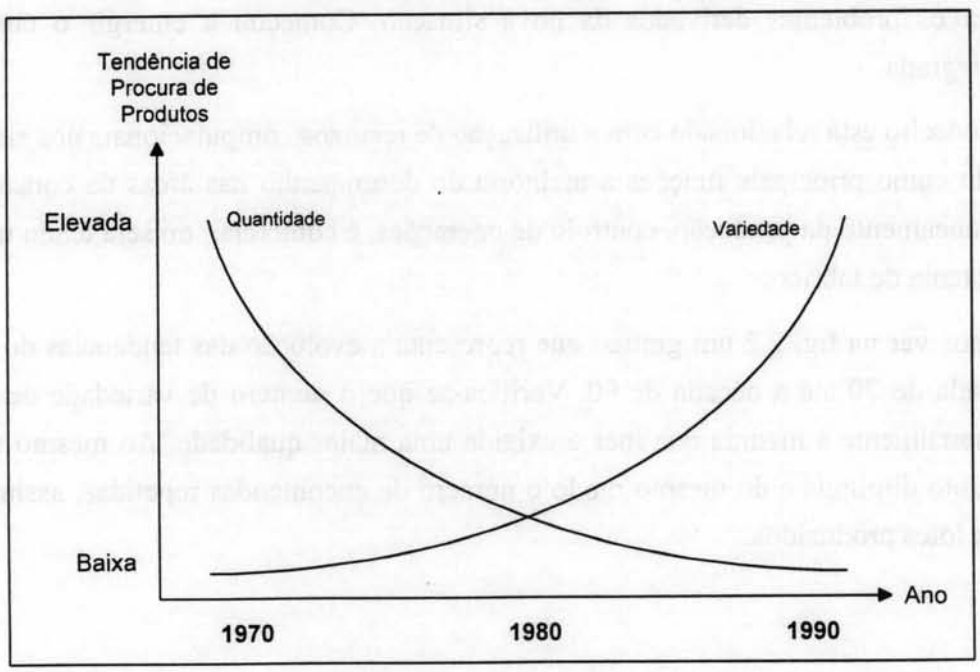


fig. 2.1 - Tendências do mercado nas últimas três décadas para a quantidade e variedade dos produtos.

Tornou-se necessário estabelecer um equilíbrio perfeito entre a quantidade e a variedade de produtos que eram fabricados, o que levou a que os métodos de produção em massa de uma gama reduzida de produtos fossem progressivamente substituídos por métodos que eram caracterizados por uma produção flexível, de grande variedade e em pequenas quantidades. Surgiram aqui os primeiros sistemas flexíveis de fabrico (FMS - *Flexible Manufacturing Systems*).

Durante as décadas de 70 e de 80 as linhas de acção da maioria das indústrias baseavam-se em conseguir a máxima produção possível através da especialização e da automação, que eram considerados como processos complementares.

Quando a situação económica-social começou a estabilizar no início dos anos 80, a competição entre os fabricantes não diminuiu, tornando-se até maior. Neste contexto competitivo as soluções que os fabricantes encontraram para sobreviver levaram ao desenvolvimento de novos produtos e pelo aumento da eficiência das suas organizações ou empresas (que se fundamentava na redução do consumo de energia, na redução dos stocks e dos custos, na melhoria da qualidade e na entrega dos produtos dentro dos prazos) tendo como objectivo o desenvolvimento de sistemas capazes de satisfazer as exigências do mercado e de fornecer produtos de elevada qualidade, dentro do prazo e com preços reduzidos. Foi no decorrer desta época, na qual se começou a originar a fragmentação dos mercados, em que o grau de complexidade dos produtos aumentou e a falta de flexibilidade na produção se tornou uma ameaça grave, que as tecnologias emergentes no ramo dos computadores aparentavam ser uma solução para os problemas derivados da nova situação. Começou a emergir o conceito de produção integrada.

Este conceito está relacionado com a utilização de recursos computacionais nos sistemas de fabrico tendo como principais funções a melhoria do desempenho nas áreas da concepção dos produtos, planeamento da produção, controlo de operações, e comercial, ou seja tendo uma visão global do sistema de fabrico.

Podemos ver na fig. 2.2 um gráfico que representa a evolução das tendências do mercado desde a década de 70 até a década de 90. Verifica-se que o numero de variedade de produtos aumenta gradualmente à medida que lhes é exigida uma maior qualidade. Ao mesmo tempo de vida do produto diminuía e do mesmo modo o número de encomendas repetidas, assim como o tamanho dos lotes produzidos.

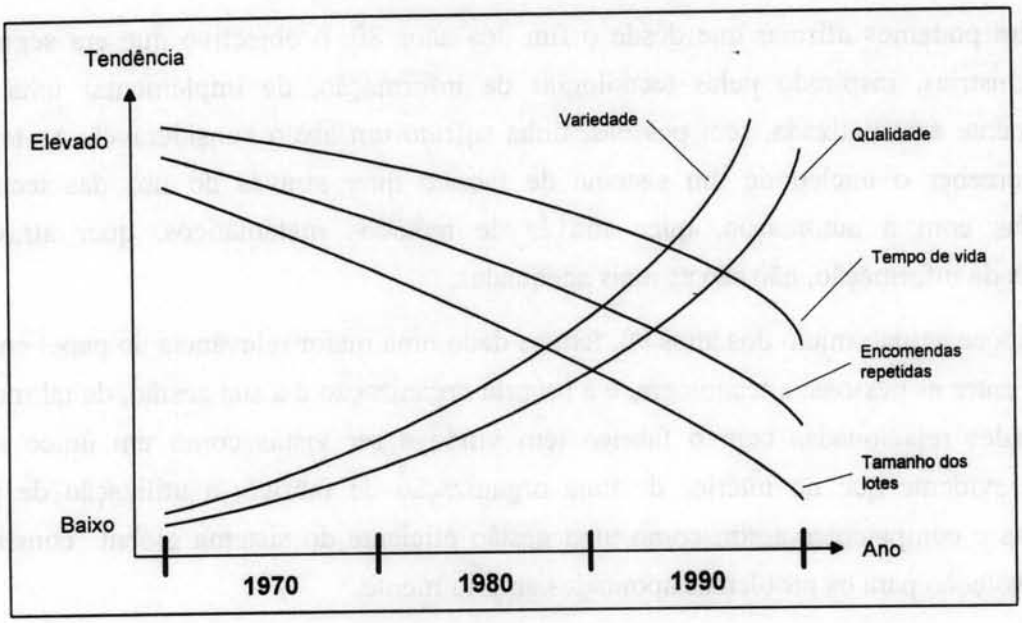


fig. 2.2 - Tendências do mercado segundo vários aspectos.

No fim dos anos 80 efectuaram-se estudos sobre a difusão das novas tecnologias ligadas ao uso da informática nos sistemas de fabrico, tendo-se chegado aos seguintes resultados [Woobe, 94]:

- os robots industriais, símbolo da automação industrial, tinham tido um desenvolvimento abaixo das expectativas;
- os FMS dificilmente constituíam uma solução viável do ponto de vista económico se aplicados conjuntamente com formas tradicionais de organização dos sistemas de fabrico;
- 30% dos sistemas CAD (*Computer-Aided Design*) tinham sido abandonados inicialmente após terem sido implementados;
- os sistemas MRP (*Material Resource Planning* e sistemas de controlo do shop-floor) causaram alguns maus investimentos;
- a automatização nas indústrias de montagem na Europa foi abandonada, e em alguns casos houve instalações que foram desmanteladas;
- muitas indústrias não conseguiam cumprir com os tempos de entrega dos produtos, tinham níveis de inventários elevados assim como os tempos de produção (*lead time*);
- as tecnologias de informação não foram aplicadas de um modo consistente.

Assim podemos afirmar que desde o fim dos anos 80, o objectivo que era seguido por muitas indústrias, inspirado pelas tecnologias da informação, de implementar uma fábrica completamente automatizada, sem pessoas, tinha sofrido um abalo considerável. As tentativas para se perceber o núcleo de um sistema de fabrico quer através do uso das tecnologias relacionadas com a automação, quer através de métodos matemáticos, quer através das tecnologias da informação, não são as mais adequadas.

Na época actual, início dos anos 90, tem-se dado uma maior relevância ao papel complexo que existe entre as pessoas, a tecnologia, e a própria organização e a sua gestão, de tal modo que as actividades relacionadas com o fabrico têm vindo a ser vistas como um único sistema. Tornou-se evidente que no interior de uma organização de fabrico, a utilização de pessoas qualificadas e competentes assim como uma gestão eficiente do sistema global constituem o núcleo da solução para os problemas apontados anteriormente.

Na fig. 2.3 podemos ver a evolução das tecnologias ligadas à produção ao longo das três últimas décadas.

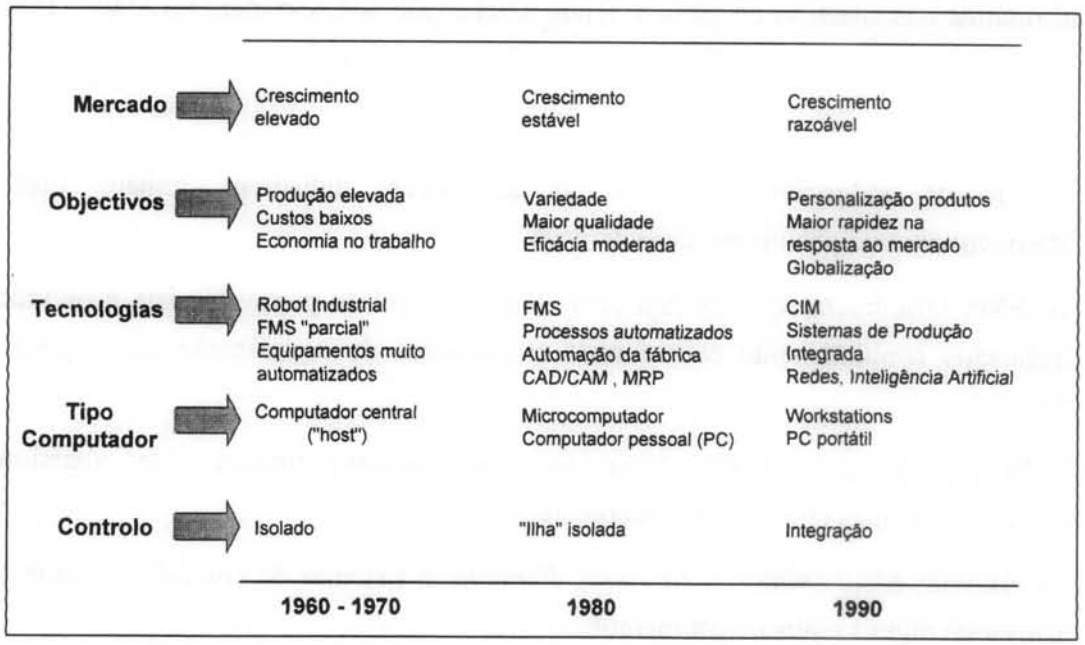


fig. 2.3 - Evolução das tecnologias da produção.

Os sistemas de fabrico actuais devem dar mais relevância aos aspectos organizacionais do que aos aspectos puramente tecnológicos, tendo uma visão antropocêntrica do sistema [Woobe, 94]. A dificuldade está em encontrar a combinação ideal de pessoas qualificadas, organizações flexíveis e tecnologias adaptáveis aos requisitos que se verificam no mercado (grande variedade de produtos, custos e tempos de produção reduzidos, maior flexibilidade, maior qualidade). Esta

combinação forma o que se designa por um Sistema de Produção Antropocêntrico (APS - *Anthropocentric Production System*). Estes requerem a satisfação dos seguintes requisitos para serem implementados com sucesso:

- Uma utilização compreensiva das qualidades e desempenho das pessoas;
- Uma permanente e contínua aprendizagem das equipas de trabalho e a existência de estruturas organizacionais que a facilitem;
- Unidades de produção descentralizadas;
- Redução da divisão do trabalho;
- Formas cooperantes de organização;
- Tecnologias adaptáveis.

2.1.2 - Evolução do Conceito CIM nos Sistemas de Fabrico

O conceito CIM (*Computer-Integrated Manufacturing*) é utilizado para descrever sistemas que englobam no seu conjunto tecnologias ligada às áreas da automação, engenharia de sistemas, ciência dos computadores, mecânica e de proliferação de *standards*, e pretende transmitir um conceito de produção integrada. Para se conseguir uma implementação completa de um sistema CIM, deve ter-se em conta a integração de várias tecnologias, nomeadamente [Rembold, 93] [Asai, 94]:

- CAD (*Computer-Aided Design*): que consiste no desenho assistido por computador e nos cálculos de engenharia que lhe estão associados. Como a actividade de engenharia também está envolvida na área do teste do produto, na geração de programas NC (*Numerical Control*) e outras funções suportadas por computadores, o conceito de CAE (ver abaixo) também é utilizado muitas vezes;
- CAM (*Computer-Aided Manufacturing*): esta actividade define as funções que controlam as actividades na oficina, incluindo o controlo directo do equipamento de produção e a gestão dos materiais, dos vários acessórios de fabrico e da manutenção dos equipamentos;
- CAE (*Computer-Aided Engineering*): consiste num suporte computacional para aplicação de técnicas de engenharia na concepção de um produto, permitindo realizar simulações, testes, variações de parâmetros de maquinação, etc.;

- Comunicações (não só a nível industrial mas incluindo também telecomunicações);
- Comunicação entre as pessoas;
- Gestão da informação, dos produtos e matérias-primas;
- Controlo da informação, dos produtos, das matérias-primas e das máquinas presentes no sistema de fabrico.

A aplicação destes conceitos na prática não se revela fácil, de tal modo que ainda hoje poucas fábricas se podem vangloriar de ter um sistema de fabrico que implemente o conceito CIM. Assim, a sua implementação nos sistemas de fabrico passou por varias fases, pois a sua introdução teve vários entraves por parte dos gestores industriais que encaravam o conceito CIM com alguma desconfiança.

Segundo vem referido em [Schmid et all, 94] umas das primeiras descrições para o conceito CIM apresentava este como "um fluxo ininterrupto de informação electrónica através da empresa".

Assim, o conceito CIM não era visto como um factor potencial para a criação de uma sinergia entre as forças tradicionais das organizações de fabrico e as capacidades inerentes aos computadores de manipulação de dados e de informação, mas antes como um factor adicional às estruturas já existentes da empresa.

Enquanto era esperado que os computadores tivessem um grande impacto na fabrico como um todo, até aos princípios dos anos 80, a maioria das organizações foram tornando-se cada vez mais estruturadas de um modo vertical e horizontal para se adaptarem aos ambientes complexos de fabrico existentes na altura. Foram feitas tentativas de adaptação dos sistemas de computadores a estas situações, em vez de proceder à simplificação da estrutura das organizações para facilitar a introdução de abordagens orientadas aos computadores. O deslocamento de "computadores no fabrico" para o conceito CIM, progrediu em várias etapas, que se irão descrever a seguir.

Depois de um prévio trabalho experimental, desde os meados dos anos 60 e nos anos seguintes, os computadores desempenhavam um papel cada vez mais importante na indústria de fabrico, embora, numa primeira fase (de 1960 a meados de 1970) só fossem empregados em áreas como a gestão da contabilidade, produção de listas de materiais (BOM - *Bill of Materials*) e modelização matemática. Estas actividades eram idealmente adaptadas aos computadores do tipo *mainframes*, funcionando em modo de processamento *batch* com um suporte significativo dos departamentos de processamento de dados. De facto, isto contribuiu para a invenção do conceito

das "ilhas" de automação, que veio trazer melhorias significativas nas áreas onde os sistemas eram instalados, mas que tinham um impacto reduzido ou nenhum na empresa.

À medida que as capacidades dos sistemas de computadores foram aumentando, a sua área de aplicação também aumentou, tendo como exemplo a inclusão do desenho e concepção de produtos e o controlo de máquinas-ferramenta. Também se verificou que o desempenho de um sistema de computadores numa área funcional duma fábrica poderia ser aumentada utilizando dados de outro sistema de um modo directo e não através de sistemas baseados em papel ou pessoas.

Começou a surgir o mito da dicotomia entre "computadores fiáveis" e "pessoas não fiáveis". Qualquer informação que pudesse ser transferida através de um teclado ou ainda melhor, de uma forma automática, era vista como "boa informação", enquanto que qualquer processo que envolvesse pessoas era esperado que resultasse em "dados incorrectos". Como o limite de concentração de uma pessoa é limitado, é inevitável que cometam erros mais cedo ou mais tarde. Os computadores relativamente básicos que existiam na época, eram no entanto perfeitamente adequados para tarefas simples, como é o caso do envio de informação. Nesta segunda fase (de princípios de 1975 a 1985) da aplicação dos computadores no fabrico, o ênfase estava na comunicação entre os vários subsistemas da empresa.

Durante a terceira fase (que começou por volta de 1985) da integração dos computadores no fabrico, a maioria dos esforços eram concentrados em utilizar os computadores como dispositivos de controlo e de tomada de decisões para toda a fábrica ou para subsistemas desta. Os computadores, por um lado, eram vistos como sendo objectivos e precisos, sendo capazes de tomar decisões "imparciais". As pessoas, pelo outro lado, sendo gestores ou operários eram vistas como sendo "subjectivas e facilmente influenciáveis".

Devido às operações de fabrico requererem um constante fluxo de decisões, a maioria das quais eram críticas no tempo, pois envolviam a carga/descarga de equipamento de fabrico, os computadores foram adoptados como as ferramentas "ideais". Mas tornou-se evidente muito rapidamente que a quantidade de informação requerida e a necessidade de uma precisão absoluta durante a fase inicial da aquisição dos dados, tornaram o deslocamento para os sistemas de computadores "inteligentes" inviável em termos de custo.

A complexidade dos primeiros sistemas integrados de gestão do fabrico era tal que o seu desempenho só conseguia ser calculado quando os produtos acabados começavam a sair do sistema. O funcionamento dos sistemas não era intuitivo e só podia ser descrito em termos matemáticos. Qualquer interferência com o funcionamento automático do sistema, sendo necessária pela alteração dos requisitos de um cliente ou pela avaria de um equipamento, iria provocar uma disrupção e uma inoperância em cumprir as entregas que estavam escalonadas.

Outra perspectiva de evolução do conceito CIM nos sistemas de fabrico é dada por [Asai, 94] em que são identificadas seis fases, como se pode ver na fig. 2.4.

Fase	Tecnologia Existente	Período
1	Linhas de transferência para produção em massa	Fim 1960
2	Máquinas NC incluídas numa linha de transferência flexível	Meados 1970
3	Mecatrónica aplicada em sistemas de multi-produção	Fim 1970
4	Computadores para sistemas de controlo adaptativo	Meados 1980
5	Redes de sistemas integrados de gestão	Meados 1990
6	Redes de sistemas de inteligência artificial	Inicio 2000

fig. 2.4 - Evolução da produção integrada nos sistemas de fabrico.

Temos que observar a relação que existe entre o conceito de automação ou automatização industrial e o conceito CIM.

Num sistema de fabrico as actividades físicas relacionadas com o fabrico concentram-se principalmente na área que é designada como oficina ou *shop-floor*. Por outro lado, as actividades relacionadas com o processamento da informação (concepção do produto e planeamento da produção) localizam-se numa área totalmente diferente, normalmente na área administrativa.

As primeiras incluem todo o tipo de processamentos, montagens, manuseamento, e inspecções, que são realizadas directamente no produto, formando um conjunto de operações que se realizam interiormente à fábrica (no *shop-floor*). As últimas formam um conjunto de funções que envolvem de certo modo todo o *shop-floor*, fornecendo todo o tipo de informação necessária para o fabrico do produto. Estas acompanham todas as actividades físicas ligadas à produção, mas não entram em contacto directo com o produto.

Podemos concluir que a automação está relacionada com as actividades físicas no fabrico, e que os sistemas de fabrico automatizados são concebidos para realizarem tais actividades com o mínimo de intervenção humana. O conceito CIM preocupa-se mais com as funções ligadas ao

processamento de informação que são necessárias para as operações de fabrico, automatizando-as e integrando-as.

2.2 - Caracterização

2.2.1 - Definição e Classificação de Sistemas de Fabrico

O termo "sistemas de fabrico" crê-se que foi introduzido pela primeira vez pelo Dr. Eugene Merchant nos anos 60 [Zhang, 94]. Desde essa altura tem conhecido uma definição mais profunda e muitos conceitos conheceram uma evolução significativa.

Um sistema de fabrico pode ser definido como um sistema que executa uma sequência de processos e associadas transformações, de modo a converter a concepção das ideias originais sobre um determinado produto na sua fase inicial, num produto acabado que tenha um valor e uma utilização prática no mercado.

Os processos que realizam as transformações são constituídos por uma combinação de trabalho manual, máquinas-ferramenta, e de energia, podendo ser controlados manual ou automaticamente.

Dependendo do tipo de controlo que é usado num sistema de fabrico (manual ou automático), podemos classificá-los em sistemas de fabrico tradicionais (TMS - *Traditional Manufacturing Systems*) ou em sistemas de fabrico automáticos (AMS - *Automated Manufacturing Systems*).

A principal característica de um TMS é a utilização fundamentalmente de equipamento de controlo manual. Para se justificar o arranque do processo de fabrico é necessário existirem encomendas de grandes lotes de produtos, isto porque, os tempos de set-up das máquinas são muito superiores ao tempo que demora a ser produzido uma unidade do produto.

Os AMS são constituídos por um conjunto integrado de máquinas e equipamento associado, de modo a efectuarem a produção com o mínimo de intervenção humana, e ainda para transferir automaticamente componentes através do sistema, sendo o controlo do sistema totalmente programável. Normalmente, incluem-se nestes sistemas máquinas-ferramenta para trabalhar materiais, mas também outro tipo de máquinas, tais como de limpeza, montagem e de pintura. Para a operação do sistema existem várias ferramentas informáticas, nomeadamente para

ajuda na realização de escalonamentos (CAS - *Computer-Aided Scheduling*), elaboração do planeamento (CAP - *Computer-Aided Planning*), além de outras.

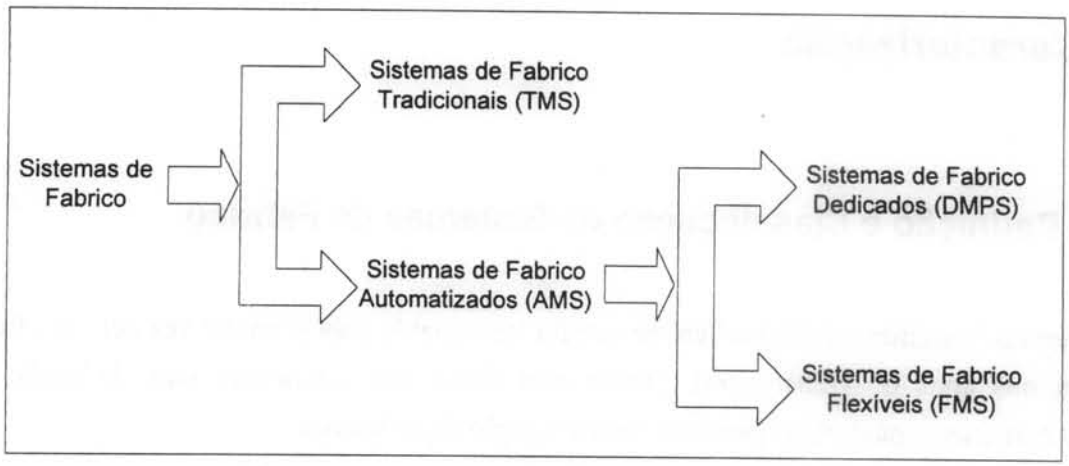


fig. 2.5 - Tipos de Sistemas de Fabrico

Podemos classificar os AMS em dois tipos principais (fig. 2.5):

- Sistemas de fabrico dedicados (DMPS - *Dedicated Manufacturing Production Systems*) - consiste num sistema automatizado concebido para a produção de um único tipo de produto, e que não é facilmente configurável para a produção de outro tipo de produtos.
- Sistemas flexíveis de fabrico (FMS - *Flexible Manufacturing Systems*) - consiste num sistema automatizado que é capaz de produzir um determinado produto de uma gama variada de produtos, com o mínimo de intervenção humana. A flexibilidade é geralmente restringida pela família de produtos para a qual o FMS foi concebido. Voltaremos a abordar os FMS mais tarde com mais detalhe.

O sistema de fabrico como já referimos consiste numa série de processos que vão provocar uma série de transformações no produto original até este se tornar no produto acabado. Estas transformações podem operar-se tanto ao nível físico como a um nível meramente conceptual ou informativo. Assim para um processo conseguir modificar qualquer característica de um produto é necessário a existência de três elementos fundamentais:

- matéria-prima;
- equipamento (máquinas-ferramenta);

- ferramentas e fixações;
- energia;
- informação;
- mão-de-obra.

Ao se proceder à execução de um processo, estamos a adicionar valor às matérias-primas, pois estas vão sofrer uma alteração do seu estado. O processo é geralmente executado no equipamento que faz parte da produção e que é configurável para determinados itens em particular através do uso de fixação, ferramentas, moldes etc. Por vezes todo este conjunto de acessórios tem de ser concebido rapidamente para um dado produto. O equipamento necessita de energia para poder funcionar. A informação é necessária para poder assegurar o controlo de todo o processo. O equipamento deve saber que item é que vai ser produzido, assim como e quando vai ser produzido. O decorrer de toda a operação também deve ser conhecido para efeitos de controlo de qualidade, de estado de conclusão do produto, comunicação de eventuais avarias ou alarmes, etc. Finalmente é ainda necessário a mão-de-obra por parte das pessoas que operam directa ou indirectamente o equipamento, i.e., carregar e descarregar o item a produzir/concluido, colocação de fixações e ferramentas, operação do equipamento, vigilância visual do processo.

O processo pode ser de natureza puramente material, energética, ou informativo. Os primeiros podem ser divididos em:

- Processos conservadores - correspondem a um fluxo continuo do produto.
- Processos redutores - correspondem a um fluxo divergente do produto.
- Processos de montagem ou junção - correspondem a um fluxo convergente do produto.

Ainda de acordo com as sequências do fluxo da produção, os processos podem ser classificados em:

- Processos de criação inicial de formas - estes processos criam as formas originais do material que vai ser trabalhado, como sejam o fabrico de moldes de plástico. Assim as matérias-primas são convertidas directamente na geometria do produto desejado.

- Processos consecutivos - estes processos seguem a sequência anterior e depois originam a geometria final do produto. Temos como exemplos a maquinação de peças (tornear, fresar, furar, etc.) e a utilização de prensas.
- Processos de enriquecimento - estes processos não alteram significativamente a forma geométrica do produto. Em vez disso as suas propriedades físicas são enriquecidas. Temos como exemplos o tratamento por calor, e o endurecimento por arrefecimento.
- Processos de acabamentos - são os processos finais, necessários para finalizar o produto acabado. O objectivo é o de melhorar a aparência final do produto ou de lhe fornecer uma camada protectora (polimento, pintura, cromagem).

2.2.2 - Tipos de Produção em Sistemas de Fabrico

Os sistemas de fabrico podem ser classificados dum modo genérico quanto à natureza da sua produção, em duas categorias:

- Sistemas de fabrico ligados à industria de manufactura;
- Sistemas de fabrico ligados à industria de processo.

Os primeiros encontram-se intimamente associados à produção de itens discretos, enquanto que os segundos à estão ligados à produção continua de um determinado produto, tais como: químicos, derivados de petróleo, produtos alimentares.

Ainda podemos dividir os sistemas de fabrico em três grandes grupos segundo as quantidades que são produzidas, ou seja o tipo de produção. Assim temos:

- Produção tipo "*job-shop*";
- Produção tipo "*batch*" ou em lotes;
- Produção em massa.

Esta ultima classificação é mais associada à produção de itens discretos, mas também pode ser aplicada para sistemas ligados à industria de processo pois alguns produtos químicos são produzidos em lotes enquanto outros são produzidos de um modo continuo (produção em

massa). Na fig. 2.6 podemos observar quais as quantidades aproximadas que são produzidas para cada tipo de produção.

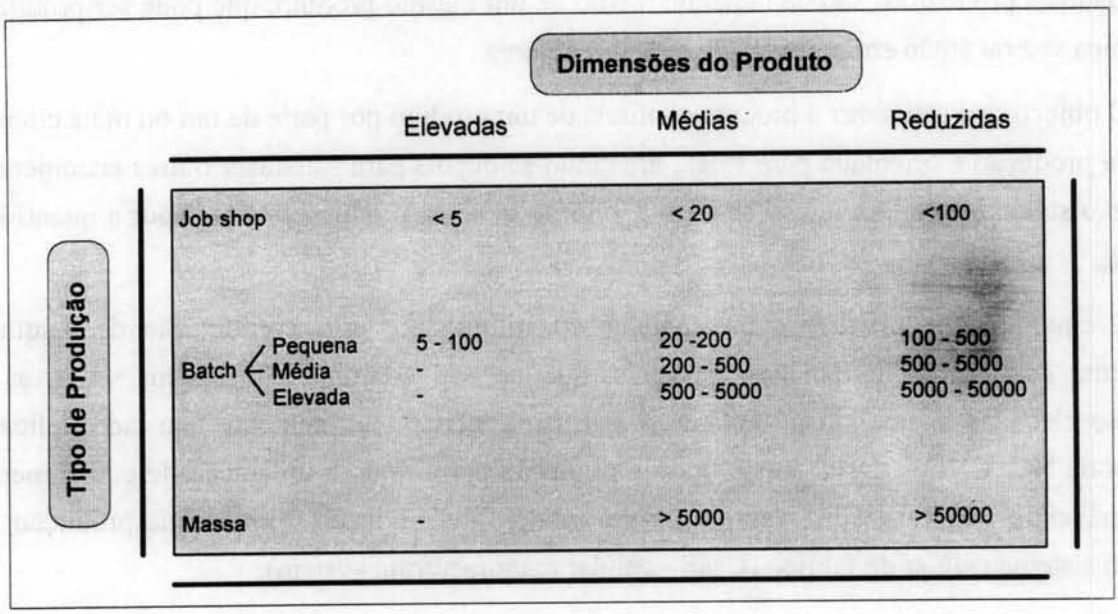


fig. 2.6 - Quantidades produzidas em função do tipo de produção e dimensões do produto

Note-se que algumas das gamas de produção se sobrepõem, isto porque é difícil estabelecer um limite bem definido entre elas. Vamos agora descrever as principais características associadas a cada tipo de produção.

2.2.2.1 - Produção Tipo "*job-shop*"

Este tipo de produção é caracterizado primeiramente por um reduzido volume de produção, e o tamanho dos lotes é geralmente menor que dez unidades. A produção tem como principal objectivo a satisfação dos requisitos impostos pelo cliente, i.e., a produção é guiada pelo o que o cliente quer. Assim o sistema de fabrico deve ter capacidade para realizar uma grande variedade de tipos de trabalho, o que implica uma elevada flexibilidade e generalidade de uso do equipamento que se encontra instalado.

As pessoas que operam este equipamento também devem ter uma qualificação adequada para conseguirem terem um desempenho eficiente nas diversas tarefas que lhe são atribuídas. Actualmente o equipamento associado a este tipo de produção já é programável.

2.2.2.2 - Produção por Lotes ("*batch*")

Os lotes produzidos são de tamanho médio de um mesmo produto, que pode ser produzido uma única vez ou então em períodos de tempo regulares.

O objectivo é satisfazer a procura continua de um produto por parte de um ou mais clientes. Assim a produção é orientada para stock, alterando-se depois para satisfazer outras encomendas. Quando o stock do produto inicial se esgota, retoma-se a sua produção até se repor a quantidade desejada.

O equipamento utilizado é basicamente constituído por uma combinação de máquinas ferramenta com garras e fixações especiais, que no seu conjunto conseguem ter taxas de produção elevadas, mantendo no entanto o seu uso genérico. Actualmente tem sido aplicadas técnicas de NC, CNC, e DNC a este tipo de produção permitindo a utilização de equipamentos programáveis e flexíveis. Um exemplo de um modelo de produção utilizado na produção por lotes é o sistema celular de fabrico (CMS - celular manufacturing system).

2.2.2.3 - Produção em Massa

Este tipo de produção consiste no fabrico continuo e especializado de produtos idênticos. É caracterizado por: elevadas taxas de produção, equipamento que é completamente dedicado ao fabrico de um determinado produto, e por uma procura elevada. Muitas vezes é a própria fábrica (e não o equipamento) que é concebida em função do produto. O equipamento é assim especifico em vez de generalizado, sendo o investimento a realizar elevado.

Pode-se afirmar que a "perícia" foi transferida dos operários para as máquinas.

Existem dois tipos de produção em massa que se podem encontrar:

- Produção em quantidade - é caracterizada por uma produção em massa de uma única espécie de produtos, em máquinas ferramenta standard. O equipamento encontra-se dedicado a tempo inteiro à produção para satisfazer a elevada procura para o produto.
- Produção em fluxo - este termo sugere o fluxo continuo de um produto ao longo de todo o processo produtivo. É o caso das refinarias de petróleo, dos processo químicos, e do processamento de alimentos. Esta definição também se aplica quer à produção de itens complexos quer à produção de produtos montados.

2.2.3 - Estrutura de um Sistema de Fabrico

Poder-se-á efectuar numa empresa (em particular num sistema de fabrico) uma divisão organizacional em vários níveis, correspondendo a cada nível um conjunto de actividades ou funções, que vão desde o próprio processo de fabrico até aos níveis de gestão administrativa. Estas funções encontram-se relacionadas entre si, apresentando também dependências para com os restantes níveis. Assim pode-se visualizar esta divisão como uma pirâmide, correspondendo cada nível da pirâmide [CCE-CNMA, 94a] a um conjunto de funções como referimos anteriormente, estando no topo da pirâmide a gestão global da empresa (nível estratégico), no meio as actividades relacionadas com o planeamento da produção e dos processos (nível táctico) e na sua base o nível operacional dos equipamentos ligados ao fabrico (ver fig. 2.7).

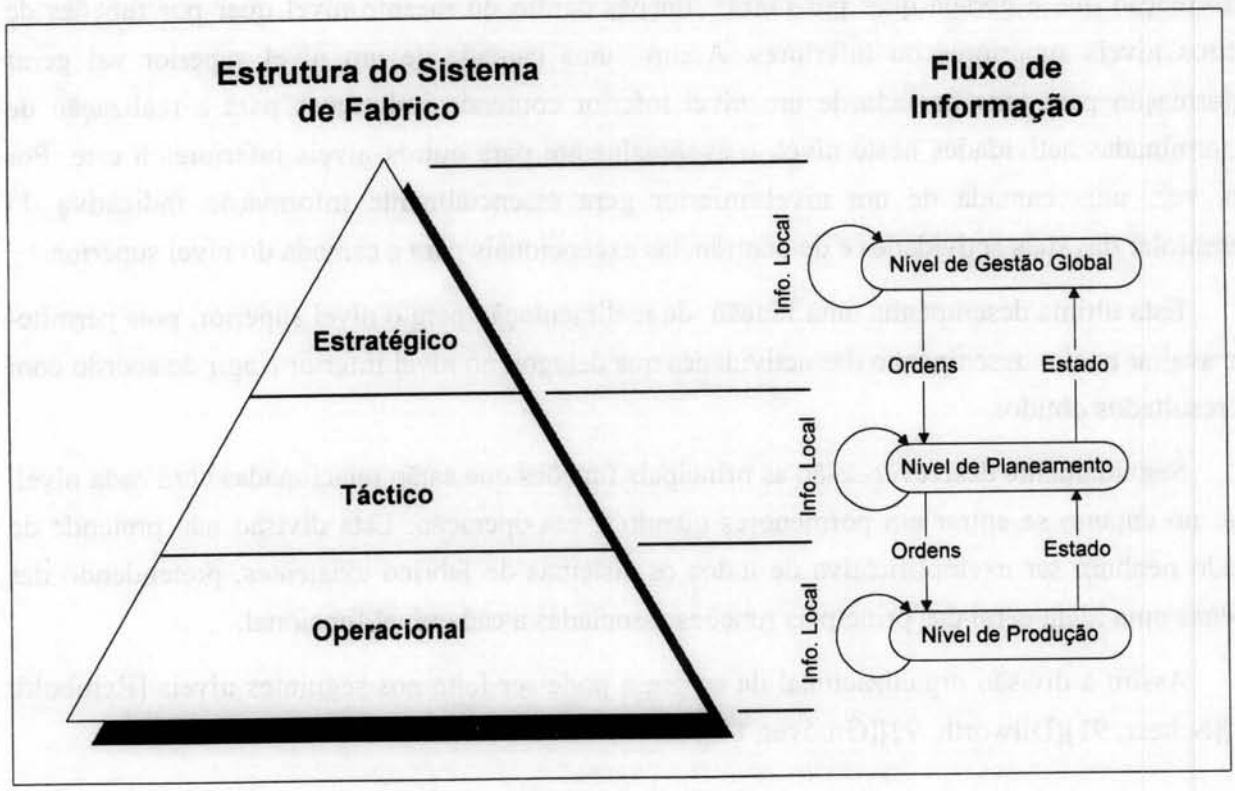


fig. 2.7 - Estrutura de um sistema de fabrico e respectivo fluxo de informação.

No nível mais alto da pirâmide encontra-se o nível administrativo ou de gestão global da empresa ou sistema de fabrico, sendo responsável pelo planeamento estratégico das decisões de alto-nível e da tomada de decisões a longo e a médio prazo no sentido da empresa atingir os objectivos a que se propõem.

O nível seguinte da hierarquia, nível táctico, que a partir do conjunto de informação que lhe é delegada pelo nível superior e ainda tendo em conta informação de estado fornecida pelo nível operacional, , é responsável pela elaboração de um plano que descreva directivas de produção e de utilização de recursos para o nível inferior (operacional).

Por fim, o nível operacional é responsável pela implementação das "ordens" que lhe foram delegadas pelo nível de planeamento. Atinge-se assim o fim da hierarquia, onde se realiza a satisfação dos objectivos da empresa, tendo estes vindo a ser propagados ao longo da estrutura, desde o nível estratégico onde se estabeleceram macro-objectivos, tendo sido depois decompostos em objectivos de menor dimensão no nível táctico, onde, por sua vez são adicionados objectivos de carácter específico, e por fim, no nível operacional estes objectivos tomam a sua forma mais básica.

Em cada nível, e para cada função específica, existem requisitos de informação que têm de ser satisfeitos. Cada função tem necessidade de aceder e processar todo um conjunto de informação que é gerada quer por outras funções dentro do mesmo nível quer por funções de outros níveis superiores ou inferiores. Assim uma camada de um nível superior vai gerar informação para uma camada de um nível inferior contendo indicações para a realização de determinadas actividades neste nível, e eventualmente para outros níveis inferiores a este. Por sua vez, uma camada de um nível inferior gera essencialmente informação indicativa do desenrolar das suas actividades e de ocorrências excepcionais para a camada do nível superior.

Esta última desempenha uma função de realimentação para o nível superior, pois permite-lhe avaliar qual o desempenho das actividades que delegou no nível inferior e agir de acordo com os resultados obtidos.

Seguidamente descrever-se-ão as principais funções que estão relacionadas com cada nível, sem no entanto se entrar em pormenores quanto à sua operação. Esta divisão não pretende de modo nenhum ser exemplificativa de todos os sistemas de fabrico existentes, pretendendo dar apenas uma ideia geral das principais funções associadas a cada nível funcional.

Assim a divisão organizacional da empresa pode ser feita nos seguintes níveis [Rembold, 93][Scheer, 91][Dilworth, 92][Groover, 87]:

- **Administrativo**: pertence ao nível estratégico;
- **Concepção**: pode apresentar algumas funções relacionadas com o nível estratégico mas encontra-se predominantemente no nível táctico;
- **Planeamento**: pertence ao nível táctico;

- **Produção**: pertence ao nível táctico, no entanto pode apresentar algumas funcionalidades de interface com o nível operacional;
- **Controlo & Monitorização**: este nível realiza uma interface entre os níveis táctico e operacional, tendo funções que se situam nos dois níveis;
- **Operacional**: pertence ao nível com o mesmo nome, nível operacional.

sendo as principais funções de cada nível as seguintes:

Nível Administrativo:

- gestão de vendas (clientes);
- gestão de aquisições (fornecedores);
- gestão de encomendas (clientes e filiais da própria empresa);
- gestão financeira global (aquisições, vendas, salários, custos, etc.);
- marketing;
- planeamento estratégico do produto e da produção a longo prazo;
- gestão de informação a nível primário;
- gestão inventário global (stocks de produtos, matérias-primas, componentes, acessórios variados, etc.);
- contabilização de custos.

Nível de Concepção:

- engenharia concorrente;
- engenharia de concepção;
- CAD/CAE/CAM;
- avaliação de custos de produção;
- elaboração de listas de materiais (BOM - *Bill of Materials*);
- avaliação de produtividade.

Nível de Planeamento:

- engenharia de fabrico (CAD/CAM);
- planeamento da produção (PP - *Production Planning*);
- planeamento mestre da produção (MPP - *Master Production Planning*);
- planeamento das capacidades (CP - *Capacity Planning*);
- planeamento grosseiro das capacidades (RCCP - *Rough-Cut Capacity Planning*);
- planeamento dos requisitos de materiais (MRP - *Materials Requirements Planning*).

Nível de Produção:

- CAM;
- planeamento do processo (CAPP - *Computer-Aided Process Planning*);
- escalonamento mestre da produção (MPS - *Master Production Schedule*);
- planeamento detalhado das capacidades.

Nível de Controlo & Monitorização:

- controlo da fábrica/oficina (SFC - *Shop Floor Control*);
- controlo do inventário de matérias-primas e componentes;
- controlo da qualidade;
- controlo do processo;
- recolha de dados do fabrico/oficina;
- controlo e gestão do manuseamento, transporte, e armazenamento de materiais e produtos.

Nível Operacional:

- operações/tarefas NC e CNC (*Computer Numerical Control*);
- escalonamento detalhado;
- sequenciamento local das operações/tarefas nos diversos equipamentos;

- controlo local de equipamentos (máquinas-ferramenta, tornos, armazéns automáticos, AGV's - *Automated Guided Vehicle*, mesas transportadoras, etc.);
- recolha de dados a nível de equipamentos locais (dados sobre o processo, operadores, produtos);
- gestão de ferramentas;
- gestão de alarmes/avarias;
- manutenção de equipamenos;
- gestão de qualidade a nível local;
- optimização de operações.

2.4 - A Necessidade da Integração

A era actual revela-se crítica para as organizações (empresas) em geral, e em particular para os sistemas de fabrico. Existe uma elevada acção derivativa que tem origem numa intensa competição em todos os níveis e em novas pressões económicas, sociais e tecnológicas, que leva uma organização a reestruturar as suas actividades sob pena de perder a sua posição competitiva.

Têm vindo a ser introduzidas novas estratégias e metodologias para possibilitarem uma capacidade de resposta aos referidos desafios, tais como [DEC, 92]: Engenharia Concorrente, Gestão de Qualidade Total, Gestão JIT (*Just -in-Time*) e Concepção para Fabrico [Jo et all, 93]. No entanto, todas estas abordagens exigem novas medidas no que diz respeito à fluidez de todas as actividades ligadas ao processo de fabrico.

Um exemplo é o conceito de Engenharia Concorrente. Este tem como requisitos que muitas das tarefas que são realizadas separadamente durante o processo de desenvolvimento de um produto, sejam executadas simultaneamente em vez de sequencialmente. A concepção do produto, o teste, o fabrico, o planeamento do processo e a logística devem ser realizadas dum modo interactivo conjuntamente umas com as outras, existindo um intercâmbio de informações entre as várias fases do ciclo de desenvolvimento do produto. Deste modo, problemas que possam surgir na produção, montagem, inspecção de qualidade e teste de um produto são identificados e resolvidos numa fase inicial do processo de concepção, com as vantagens daí inerentes.

Para se atingirem os benefícios destas metodologias sinérgicas, os responsáveis máximos pelas tecnologias de produção têm de ir para além da mera aplicação dos computadores e tecnologias de automação a tarefas discretas. Estas necessitam de estarem integradas em

ambientes distribuídos e heterogéneos que possam interagir entre si para suportar estas metodologias. Esta integração não deve acontecer somente no interior da empresa mas também entre diferentes empresas.

De modo a se maximizarem os benefícios que se podem obter através da integração devem ser seguidos um conjunto de princípios básicos. Assim, a transferência de informação entre diferentes processos e/ou actividades, equipamento, departamentos e entre empresas deve ser realizada dum modo transparente para as partes envolvidas. Torna-se assim necessário que cada elemento inserido no ambiente distribuído e heterogéneo de informação que é a empresa, tenha um mesmo universo de discurso que todos os outros, ou então que possua meios (de interface) que lhe permitam aceder a esse universo e interpretá-lo convenientemente. Isto é equivalente a dizer que é necessário que todos os elementos que formam parte da empresa tenham uma "linguagem" comum ou meios para tal ("tradutores").

Esta "linguagem" permite um fluxo de informação consistente (a nível semântico e sintáctico) entre os diferentes agentes envolvidos nas actividades da empresa, o que vai contribuir para a redução de erros, a disponibilidade da informação em tempo útil e para o desaparecimento de ambiguidades que originam uma má qualidade e atrasos na produção.

Existem vários esforços a nível internacional para o estabelecimento de uma "linguagem" que permita fornecer esta base de entendimento comum para a empresa. Nas próximas secções apresenta-se como surgiu o contexto actual sobre este assunto.

2.4.1 - Produção Integrada e Partilha de Informação

As empresas realizaram elevados investimentos em recursos automatizados tais como: sistemas CAD, sistema analíticos, sistemas de planeamento, sistemas flexíveis de fabrico e sistemas de controlo da oficina (*shop floor control systems*).

Num contexto funcional reduzido, estes sistemas trouxeram inúmeros benefícios para o ambiente de fabrico. Permitiram atingir maiores níveis de produção, com maior qualidade e com menores custos em relação a sistemas anteriores. No entanto, uma abordagem pragmática levou a que houvesse uma tendência para se centralizar a atenção em actividades particulares. Assim, os fabricantes deslocaram a sua visão para as "ilhas" de actividades que são mais facilmente automatizadas e que resultam numa recuperação rápida do investimento inicial. Observando o processo de fabrico globalmente tinha-se uma visão de um nível de automação desequilibrado, o caso clássico das "ilhas" de automação.

As tecnologias e metodologias actuais tem uma visão do fabrico (empresa) como um processo contínuo, desde a especificação, através da concepção e fabrico até á entrega do produto final. Para que um recurso computacional forneça um suporte que englobe esta ideia de continuidade, é essencial existir um deslocamento dos ambientes com sistemas fechados (*standalone*) para um onde todas as funções estejam integradas. Um requisito básico para a integração é a acessibilidade de todas as operações a uma informação comum sobre o item a produzir.

Esta necessidade coloca um desafio pois, tradicionalmente a informação sobre os produtos têm sido organizada segundo as necessidades das actividades discretas e não segundo as necessidades do ciclo de desenvolvimento do produto.

Quando os processos manuais eram dominantes, os meios para troca de dados consistiam em papel, resultados de testes, modelos matemáticos, etc. A introdução dos computadores trouxe várias vantagens ao representar os dados numa forma digital, facilitando assim a sua manipulação. No entanto, a natureza fechada de cada aplicação resultou na utilização de diferentes formatos para armazenamento da informação que eram optimizadas e proprietários da aplicação e não eram acessíveis a outras aplicações.

Assim do ponto de vista da gestão de dados, um sistema CAD pode armazenar a definição geométrica de um produto numa base de dados relacional, utilizando vários nomes e definições de atributos para as diferentes formas geométricas. Estes dados não estariam disponíveis para um sistema CIM que teria de controlar o fabrico do produto a não ser que este utilizasse as mesmas definições normalizadas para o produto e técnicas de gestão das bases de dados.

Uma solução aparente para este problema consistiria na utilização de tradutores que recolheriam os dados de um sistema e os converteriam num formato compatível com o outro sistema. Em alguns casos esta abordagem é utilizada, no entanto, não constitui uma solução completa.

Em alguns casos os dados não são convertíveis directamente, o que implica que o sistema de tradução tenha de elaborar raciocínios para realizar a conversão. Noutros, os dados originais podem estar a sofrer um actualização, enquanto que outro sistema desempenha uma função com a versão "traduzida" dos dados antes destes terem sido actualizados. E ainda pode surgir o caso de dados que tenham sofrido um processo de conversão e que tenham sido modificados necessitarem de voltar ao formato original.

Todas estas possibilidades aumentam a probabilidade da ocorrência de erros e reduzem a disponibilidade e a consistência temporal dos dados.

Os tradutores também podem, ao filtrar a informação, perder informação que seja necessária por um processo situado numa camada mais baixa, e tendem a impor a sua própria sequencialidade do processo de fabrico. Isto é devido a que alguns tradutores necessitam que uma tarefa discreta esteja concluída antes de procederem à conversão da informação, o que impede que sejam atingidos benefícios provenientes de metodologias tais como a engenharia concorrente.

Quaisquer dificuldades que existam na comunicação e na partilha de informação vão dificultar o deslocamento que existe actualmente para estratégias orientadas a equipas tais como a gestão de qualidade total. Estas têm um alcance que vai além da empresa, e muitos fabricantes desejam incluir os fornecedores e as empresas subcontratadas na sua rede de informação com vista a reduzir o custo e o tempo do produto para o mercado.

São necessárias dois elementos básicos para se conseguir esta integração de actividades e operações discretas:

- Um meio físico de comunicação comum:
- Uma linguagem partilhada, de modo que os mesmos dados possam ser utilizados e compreendidos pelas diferentes actividades.

Pesquisas efectuadas [DEC, 92], concluíram que os tipos de dados que eram partilhados mais intensivamente eram aqueles relacionados com o produto e com o processo de fabrico. Se estes forem manipulados num formato normalizado, então os dados podem ser "desligados" das aplicações, que por sua vez podem ser concebidas independentemente de considerações sobre a gestão dos dados.

Para o utilizador de uma aplicação, a funcionalidade desta representa o seu valor intrínseco, assim com a independência dos dados aumenta o potencial para o desenvolvimento de novas aplicações. Do mesmo modo é possível alterar a ordem dos processos sem que isso afecte a integridade fundamental dos dados. Ao se estabelecer uma normalização é mais fácil implementar na empresa estratégias tais como a engenharia concorrente, e vai simplificar a cooperação e integração no interior e exterior da empresa, incluindo as actividades interiores a esta e exteriores (por fornecedores) e até nos locais dos clientes.

O desenvolvimento de normalizações (*standards*) como um passo para a integração é abordado a seguir.

2.4.2 - A Tendência para a Integração

Ao longo da evolução dos processos de fabrico tem-se verificado uma tendência estável para a integração, facilitada através do estabelecimento de normas para a partilha da informação.

Um primeiro começo foi a invenção dos desenhos mecânicos, que substituíram o modelo básico a partir do qual eram produzidos todos as partes. Estes permitiam comunicar de uma forma clara e sem ambiguidades os requisitos para a produção do item. Um outro exemplo foi o aparecimento das tolerâncias dimensionais.

A evolução da automação dos sistemas de fabrico também é marcada por uma rápida e formalizada tendência para uma maior normalização com o objectivo da integração. No começo dos anos 70 os projectistas de sistemas CAD/CAM reconheceram as necessidades de poderem transferir os modelos geométricos entre sistemas diferentes. A ANSI (*American National Standards Institute*)desenvolveu uma norma com este objectivo designada por IGES (*Initial Graphics Exchange Specification*)[DEC, 92].

No entanto esta norma tinha alguns problemas, relacionados nomeadamente com a dimensão dos ficheiros, eficiência, e a sua aplicabilidade aos sistemas computacionais actuais. No entanto, o seu objectivo era funcionar como um ponto de partida e foi de encontro às necessidades dos utilizadores para uma normalização geométrica, enquanto que se continuaram a desenvolver esforços numa norma orientada à informação do produto em vez de informação gráfica. Este nova normalização veio a dar origem ao PDES/STEP.

Uma das desvantagens do IGES é realçada pela alteração que se tem vindo a verificar na percepção dos sistemas computacionais desde os anos 70. O IGES está orientado para a transferência de desenhos e gráficos que devem ser visualizados e interpretados por pessoas. Assim o conjunto de entidades definida na especificação é orientado para imagens. Por outro lado o PDES/STEP é concebido para ser interpretado por sistemas computacionais. ISto quer dizer que a função desempenhada pela pessoa sofre uma deslocação de um participante essencial para um controlador e observador.

Em 1982, foi iniciado outro esforço de normalização designado por PDDI (*Product Definition Data Interface*). O objectivo era analisar as necessidades de informação da interface entre a concepção e o fabrico e desenvolver um mecanismo de comunicação que as satisfizesse. Neste contexto foi desenvolvida uma nova abordagem que resolvia alguns problemas do IGES. Esta normalização também funcionou como base para o PDES. Ocorreram outras actividades relacionadas com a elaboração de normas que, embora não contribuindo directamente para o

PDES, influenciaram muitos dos conceitos tais como a utilização de modelização de dados e de outras tecnologias relacionadas com bases de dados.

Nos meados dos anos 80 a comunidade internacional estava envolvida no desenvolvimento do IGES. Pressões por parte da ISO e do PDDI levaram a uma conjugação de recursos para a criação de uma norma para uma especificação de conversão de dados do produto (PDES - *Product Data Exchange Specification*) utilizando uma norma para a conversão de modelos de dados do produto (STEP - *Standard for the Exchange of Product Model Data*).

Actualmente existe um esforço conjunto para o desenvolvimento de uma linguagem comum que definirá de um modo compreensível os dados do produto. Ao nível internacional esta iniciativa é representada pelo STEP sob a jurisdição da ISO. A norma STEP que vai substituir a IGES, vai permitir que os dados do produto sejam descritos de uma forma universal que está acima do ciclo de desenvolvimento do produto e de qualquer indústria específica.

A norma STEP, ao contrario do IGES que só tem uma "vista" dos dados do produto (geométrica), tem uma visão mais ampla, pois permite um maior nível de integração entre as várias aplicações da empresa ao descrever uma tecnologia de partilha de dados. Normaliza várias áreas da informação de um produto além da geométrica e o seu alcance vai desde a concepção até ao fabrico, prevendo-se que futuramente venha a abranger todo o ciclo de desenvolvimento do produto.

A área onde a norma STEP vai ter o seu maior impacto é obviamente na integração da empresa. Ao definir os dados do produto que devem ser trocados entre operações de fabrico, fornece uma compreensão partilhada da informação que é utilizada pelas diferentes actividades da empresa.

2.3.3 - Flexibilidade - um obstáculo ?

A crescente pressão dos clientes no actual mercado competitivo levam a que muitas empresas, em particular sistemas de fabrico, produzam uma grande variedade de produtos para satisfazer as condições que se verificam num mercado em constante e rápida mutação. Uma abordagem baseada em software permitiu a muitas empresas conseguir uma produção flexível até certo ponto. Este tipo de sistemas flexíveis de fabrico só apresentam um certo grau de flexibilidade para aquelas tarefas de fabrico que têm semelhanças restritas nos seus requisitos operacionais. Se as tarefas são alteradas ligeiramente, este tipo de equipamentos não conseguem ter um desempenho eficiente em face de novas situações [Yan, 95]. Isto leva muitas vezes a um

custo elevado, a um baixo nível de eficiência e a um elevado tempo de produção de cada vez que se introduzam produtos novos.

Os responsáveis pelas empresas identificaram esta inflexibilidade e propõem uma nova abordagem baseada em sistemas de fabrico modulares e reconfiguráveis através de ferramentas de software, permitindo a um sistema de fabrico ter uma flexibilidade em software e hardware através da reconfiguração.

Os elementos chave que servem de base para suportar este sistema são um ambiente de modelização e simulação para a concepção, avaliação e programação *off-line* de qualquer sistema de fabrico antes de este ser efectivamente construído ou utilizado numa linha de produção.

Assim é necessário a existência de procedimentos e conceitos que permitam a concepção de tais sistemas de fabrico modulares e reconfiguráveis, com base num ambiente de modelização e simulação. A resposta para este problema pode ser encontrada nas concepções dos modelos de empresa que foram desenvolvidas por várias instituições.

2.4 - Modelos da Empresa

Um factor chave para o sucesso da empresa parte de um eficiente processamento e acessibilidade da informação presente num ambiente distribuído e heterogéneo como é o caso da empresa, o que passa também pela sua integração (da empresa e da informação). Um objectivo a atingir é ter um sistema que se adapte a várias configurações de produtos, i.e., um sistema programável. Um dos maiores obstáculos para se atingir este objectivo passa pelo desenvolvimento de um modelo genérico da empresa e pelo fornecimento de um conjunto de ferramentas normalizadas de *hardware* e *software* que possam actuar na configuração da empresa. Um aspecto importante a ter em conta é a configuração das actividades de processamento e distribuição dos dados e a sua integração em todos os níveis.

O enquadramento do computador nas várias actividades relacionadas com a empresa e as relações existentes entre estas, levam a que se tenha uma visão global de todo o processo como se de uma única entidade funcional (modelo) se tratasse, ou então como um subconjunto de entidades relacionadas entre si. Isto corresponde de certo modo ao conceito de integração da empresa.

Os conceitos subjacentes a modelos genéricos conheceram uma evolução a partir de trabalhos realizados por várias companhias industriais e grupos de investigação [Rembold, 93] ao construírem modelos para as suas próprias aplicações. Como muitos componentes destes modelos tinham funções semelhantes, isto levou a pensar que a existência de um modelo

genérico seria vantajoso. No entanto, a construção de modelos genéricos que possam ser aplicados numa vasta gama de empresas é muito difícil e leva a um elevado nível de abstracção. Por esta razão é muito importante que o modelo genérico seja estruturado de uma forma eficiente e que seja de fácil compreensão de modo a fornecer ao utilizador uma ferramenta que o ajude a seguir as suas próprias estratégias de integração.

Vamos referir as características principais de alguns desses modelos que foram fruto do trabalho das várias instituições.

2.4.1 - O modelo Siemens

A Siemens apresenta uma concepção do modelo da empresa baseado numa filosofia CIM bem estruturada e poderosa, sendo visto na globalidade como uma estratégia e um conceito para se atingirem os objectivos da empresa.

Este modelo é constituído por blocos que representam as principais funções associadas ao CIM, tais como: planeamento, vendas, aquisições, PP&C (*Production Planning & Control*), CAD, CAPP (*Computer-Aided Process Planning*), CAQ (*Computer-Aided Quality*) e CAM. Estes blocos ou funções encontram-se interligados por um fluxo de informação, cuja principal tarefa consiste em assegurar o processamento e distribuição da informação de um modo eficiente, o que pressupõe a existência de interfaces e protocolos de comunicação adequados.

Este modelo ainda incorpora uma função de CAO (*Computer-Aided Organization*) que inclui as tarefas de contabilidade, gestão de pessoal e finanças e que realiza uma interface com os blocos funcionais do CIM. A seguir descrevem-se as principais tarefas associadas a cada bloco funcional:

- **Vendas e Aquisições**: responsável pelo processamento das encomendas dos clientes e do estabelecimento de uma interface com estes, pelo planeamento das vendas e aquisições, pela inspecção dos materiais adquiridos, pela elaboração de ordens de aquisição;
- **Planeamento**: neste bloco são desempenhadas as tarefas a nível do planeamento estratégico, abrangendo as áreas das finanças, comercial, de pessoal, e ainda nas áreas ligadas à produção e ao próprio produto;
- **PP&C**: este bloco desempenha a função organizacional da actividade no contexto CIM. É da sua responsabilidade o planeamento dos recursos de fabrico, o planeamento dos requisitos de materiais, a definição do tamanho dos lotes a produzir, o lançamento das encomendas ou ordens de fabrico e pelo controlo da produção;

- **CAD**: responsável pelos cálculos de engenharia que estão associados à concepção dos desenhos dum produto. Como a actividade de engenharia também está envolvida na área do teste do produto, na geração de programas NC, e na simulação, o conceito de CAE também é incorporado neste bloco;
- **CAPP**: este bloco é responsável pela geração de um plano tecnológico para especificar o conjunto de processo que definem a produção do produto. O plano do processo descreve os processos de fabrico e a sequência respectiva que são necessários para fabricar um produto.
- **CAQ**: esta actividade compreende as tarefas de controlo da qualidade, tais como o planeamento de testes, o teste de procedimentos de fabrico e a elaboração de documentos e relatórios;
- **CAM**: esta bloco abrange as áreas ligadas directamente ao fabrico. É responsável pelo controlo do fluxo de materiais, pelo controlo da oficina (*shop floor control*) e pela manutenção dos equipamentos. Define as funções que controlam as actividades na oficina, incluindo o controlo directo do equipamento de produção e a gestão dos materiais, dos vários acessórios de fabrico, da aquisição e avaliação dos dados da oficina, o planeamento detalhado do fabrico, o manuseamento dos materiais (transporte e armazenamento), controlo do processamento das ordens de fabrico na oficina e a manutenção preventiva.

Este modelo é adequado para servir de introdução aos conceitos gerais da filosofia CIM assim como a uma análise mais profunda se tal for requerida.

2.4.2 - O modelo DEC (*Digital Equipment Corporation*)

A Digital apresenta um modelo cuja base assenta numa concepção do CIM com vista à melhoria do processo de fabrico através da utilização de computadores e da integração da totalidade das actividades de processamento de informação. Este modelo é semelhante ao estabelecido pela Siemens e tem algumas características comuns.

Assim, apresenta uma estruturação em blocos funcionais que estão incluídos nos diferentes níveis estruturais da empresa abordados em §2.2.3. Assim o nível estratégico é abordado pelo bloco de planeamento da estratégia e objectivos globais que por sua vez actua directamente nos blocos funcionais correspondentes ao marketing, às vendas, à estimação de custos e à concepção do produto. O nível táctico abrange os blocos que realizam o escalonamento das actividades e a

gestão dos materiais e da capacidade disponível. Por fim o nível operacional é abordado pelo bloco que realiza o controlo e gestão da produção e montagem, e ainda por um bloco responsável pelo controlo do fluxo de materiais, desde o seu transporte, armazenamento até à entrega. Existe um bloco que interage em todos os níveis da estrutura e nos respectivos blocos funcionais, sendo responsável pela função do controlo da qualidade.

As actividades (blocos) individuais do modelo têm como suporte um modelo de informação estruturado que é uma extensão do modelo OSI (*Open Systems Interconnection*).

Os aspectos principais a referir deste modelo prendem-se com as tecnologias de suporte de informação que são fornecidas e com a integração dos sistemas da empresa. Assim dos primeiros destacam-se:

- **A interface do utilizador com os dados**: o interface do utilizador estabelece a ligação entre este e o módulo que realiza o processamento. Isto é conseguido através de estruturas de dados que são independentes em relação aos dispositivos em que operam, das operações de entrada/recolha de dados e das funções associadas à comunicação dos dados, estabelecendo assim uma transferência de dados eficiente;
- **Serviço de processamento dos dados**: fornece as ferramentas para facilitar a execução dos processos de gestão e das aplicações de modo a estes poderem comunicar entre si, independentemente da sua heterogeneidade e concorrência.
- **Serviço de armazenamento/recolha de dados**: além de ser independente em relação aos dispositivos, fornece todos as funções associadas com um sistema aberto, distribuído e heterogéneo, tais como gestão de dados e ficheiros e garantia de consistência, segurança e precisão dos dados.
- **Serviço das comunicações**: estabelece a conexão lógica e física para o sistema de comunicações, através da definição de protocolos que estabelecem as convenções de comunicação entre os componentes do sistema.

No que diz respeito à integração dos sistemas da empresa tem-se o seguinte:

- **Integração da função comercial**: para esta actividade, são definidas todas as funções comercias e todos os programas (*software*) são preparados para suportarem estas funções. A integração é conseguida através da combinação das funções interiores aos processos e da definição das trocas de dados;

- **Integração das estruturas de dados**: a integração é conseguida através da organização dos dados em bases de dados, em que as associações lógicas estejam estruturadas convenientemente. Não se encontra ainda definida uma forma de estabelecer diferentes estruturas de dados para as várias aplicações e para definir algoritmos que estabeleçam as ligações entre as diferentes estruturas de dados, mas existem trabalhos nesse sentido;
- **Integração da infraestrutura**: a arquitectura do sistema tem em conta o ambiente distribuído onde se encontram componentes heterogéneos de *hardware* e de *software*. Para se realizar a integração a este nível são fornecidos pacotes de software portáveis, armazenamento/recolha de dados independentes do dispositivo físico, comunicação de dados transparente, sistemas operativos unificados, elevada modularidade e adaptação a inovações tecnológicas;
- **Integração do sistema de informação**: este processo é incremental, adaptando-se às alterações que se realizem nas funções comerciais, nas estruturas de dados e na infraestrutura.

Os pontos fortes deste modelo residem no seu suporte para todas as funções da empresa, na visão global que estabelece do sistema, na modelarização das funções em blocos reutilizáveis e define de um modo claro, interfaces que facilitam a configuração do sistema. No entanto os aspectos do fluxo dos materiais e do produto são abordados em pouco pormenor.

2.4.3 - O modelo PERA

O modelo da empresa denominada PERA (*Purdue Enterprise Reference Architecture*) foi desenvolvido no âmbito da modelização da empresa para um ambiente CIM [Tham, 92a]. A sua origem teve por base a necessidade de estabelecer uma plataforma para o tratamento de funções implementadas por pessoas num ambiente CIM.

Não existindo métodos para a concepção de algoritmos que definam a inovação gerada por pessoas envolvidas em funções implementadas por pessoas num ambiente CIM, optou-se por se considerarem estas funções como externas ou como entidades separadas, fora da esfera do modelo geral de CIM que era tipicamente orientado às tarefas da empresa sob uma perspectiva de fabrico e informação tal como era vista no CIM-OSA (ver próxima secção).

Isto levou a que na PERA se definisse uma representação geral de tarefas que abrangia as Tarefas dos Sistemas de Informação (as tarefas de controlo baseadas em algoritmos do Modelo de Referência CIM) e as Tarefas de Fabrico assim como as Tarefas de Pessoas. Também foi

desenvolvido um modelo estrutural que representava a relação da totalidade do sistema CIM quando os três tipos de tarefas eram implementados.

A modelização da empresa CIM em termos das Tarefas dos Sistemas de Informação, Tarefas de Fabrico e das Tarefas de Pessoas em conjunto com as suas relações, implementadas num sistema CIM, permanece como uma característica que distingue a PERA relativamente a outros projectos de modelização da empresa. De referir que a conjugação de todos os aspectos de modelização estabelecidos na PERA teve como resultado um modelo estrutural cuja aplicabilidade se estende a qualquer empresa independentemente da indústria respectiva e vai além do que era descrito originalmente para o sistema CIM.

Este modelo tem as seguintes características:

- A descrição funcional das tarefas e funções da empresa é dividida em dois blocos principais:
    1) Um Bloco de Informação;
    2) Um Bloco de Fabrico;
- Neste modelo, as classes de funções que dizem respeito à Decisão, Controlo e Informação (manuseamento de dados), estão todas agrupadas no Bloco de Informação funcional;
- Depois de implementados os dois blocos funcionais são reestruturados em três conjuntos de implementação de tarefas e funções:
    1) Actividades de pessoas que são relacionadas com:
        - Controlo ou Informação;
        - Fabrico;
    2) Actividades de blocos de informação que não são desempenhadas por pessoas;
    3) Actividades de fabrico que não são desempenhadas por pessoas.

Resumindo a metodologia da PERA para a modelização da empresa tem a sua base na representação de três tarefas ou processos principais:

- As Tarefas ou Processos de Informação;

- As Tarefas ou Processos de Fabrico;
- As Tarefas ou Processos Organizacionais e de Pessoas.

Através da representação e classificação explicitas das Tarefas ou Processos Organizacionais e de Pessoas, a PERA estabelece as bases para o tratamento de funções por pessoas numa empresa CIM.

2.4.4 - O modelo ESPRIT CIM-OSA

2.4.4.1 - Introdução

CIM-OSA consiste num acrónimo para *Computer-Integrated Manufacturing - Open-Systems Architecture*. O objectivo do CIM (*Computer-Integrated Manufacturing*) é a integração adequada das actividades da empresa através de um eficiente processamento da informação obtido com o suporte das tecnologias da informação. A OSA (*Open-Systems Architecture*) define uma metodologia integrada para servir de suporte para todas as fases de desenvolvimento de um sistema CIM, desde a especificação dos requisitos através da concepção do sistema, implementação, operação e manutenção.

O CIM-OSA é o resultado de um projecto do programa ESPRIT (*European Strategic Programme for Research and Development in Information Technology*) da Comunidade Europeia, que visa aumentar a competitividade a nível industrial da Comunidade Europeia.

O CIM-OSA apresenta uma arquitectura para descrever a empresa através do fornecimento de um conjunto de procedimentos para modelizar a funcionalidade e comportamento de sistemas CIM em três níveis distintos: definição de requisitos, especificação da concepção e descrição da implementação. Esta descrição é utilizada para controlar o funcionamento da empresa e para planear, conceber e optimizar actualizações no ambiente funcional da empresa.

Utilizando um conjunto finito, mas compreensivo de conceitos de modelização, uma empresa pode criar um modelo preciso dos seus requisitos a nível do CIM. Primeiro, utilizando um conjunto normalizado de construções básicas e modelos parciais. Seguidamente, transformando este modelo, através de uma série de etapas bem definidas num modelo físico do sistema CIM que vá de encontro aos requisitos iniciais. Assegurando que o modelo físico implementado é directamente processável pelos componentes da tecnologia de informação do

sistema, o controlo da operação do sistema CIM em funcionamento pode ser conseguido em congruência com o comportamento especificado para a empresa.

A aplicação do CIM-OSA resulta numa descrição completa da empresa que depois é armazenada e manipulada pelas tecnologias de informação aí presentes.

2.4.4.2 - Conceitos Básicos

A metodologia de modelização do CIM-OSA é mais descritiva do que prescritiva [Tham, 92b]. De modo a satisfazer as necessidades de empresas específicas, o CIM-OSA não fornece uma arquitectura normalizada para ser usada por toda a indústria ligada ao fabrico, mas sim um arquitectura de referência a partir da qual podem ser derivadas arquitecturas específicas para cada caso. Para facilitar este processo, o CIM-OSA apresenta um conjunto de princípios de arquitecturas e emprega vários conceitos estruturais, que contribuem para os seguintes objectivos:

- Criar uma estrutura de modelização de uma empresa CIM no seu todo ou parcialmente, que permita distinguir isoladamente o modelo das funcionalidades e comportamento requeridos para a empresa do modelo da implementação do sistema actual da empresa, através do modelo da concepção optimizada do sistema da empresa;
- Derivar um determinado modelo de implementação da empresa que é activo durante o funcionamento do sistema, e serve de base para o controlo por computador dos processos comerciais e das actividades da empresa que foram modelizadas, fornecendo assim uma produção integrada.

De modo a modelizar os aspectos específicos da empresa, o CIM-OSA define quatro perspectivas diferentes com respeito à empresa: às suas funções, à sua informação, aos seus recursos e à sua organização. Cada perspectiva contém um a estrutura genérica compreendendo três níveis verticais de geração e três níveis horizontais de modelização. Assim têm-se as seguintes perspectivas:

- Funcional: descreve a estrutura funcional requerida para satisfazer os objectivos da empresa e as estruturas de controlo relacionadas, i.e., as regras que definem as sequências de controlo ou o fluxo das acções no interior da empresa e os princípios dos processos comerciais subjacentes;

- Informação: descreve a informação que é requerida por cada função. No entanto no nível de modelização correspondente à definição dos requisitos, esta é a perspectiva comercial do utilizador da informação e não a perspectiva do processamento dos dados;
- Recursos: descreve os recursos e as suas relações com as estruturas funcionais e de controlo e organizacionais;
- Organização: descreve as estruturas organizacionais da empresa, i.e., as responsabilidades atribuídas a indivíduos para as estruturas funcionais e de controlo e para a informação e recursos.

2.4.4.3 - A Abordagem de Modelização do CIM-OSA

A estrutura da arquitectura do CIM-OSA é representada através de um conjunto de cubos que formam uma estrutura completa (fig. 2.7), de modo a que cada bloco da estrutura corresponda a uma função básica de modelização a partir da qual se possam descrever os requisito e implementações da empresa.

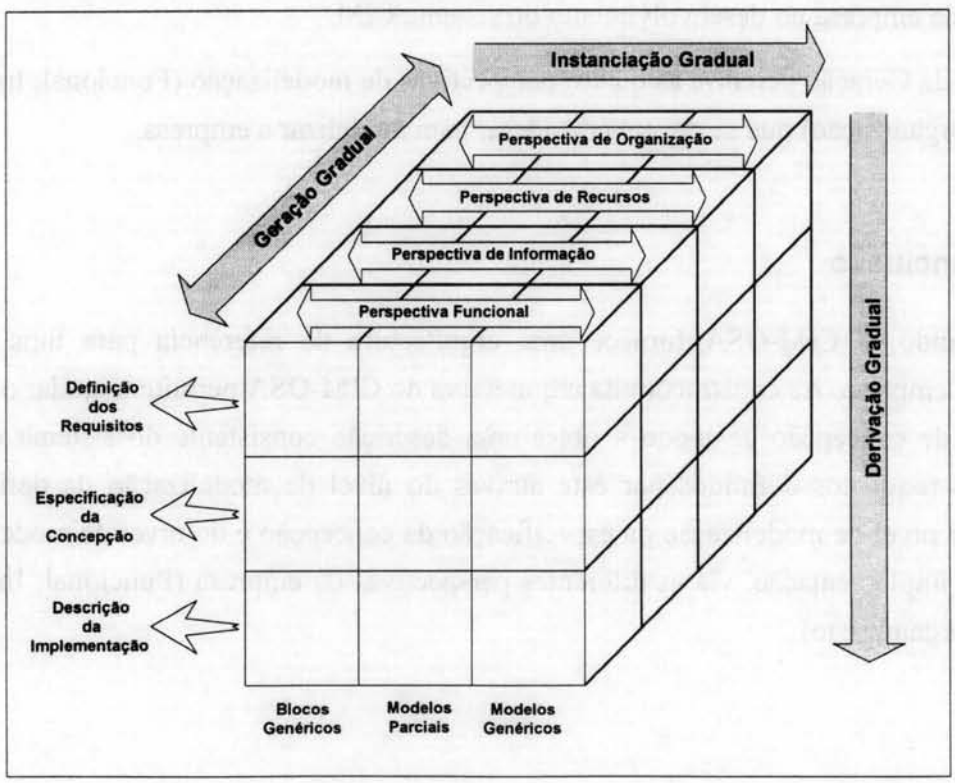


fig. 2.7 - Estrutura do CIM-OSA

Os três eixos direccionais fornecem as direcções para a Instanciação, Derivação e Geração graduais, sendo estas definidas como:

- A Instanciação consiste no processo para ajudar na definição dos requisitos da empresa utilizando uma comparação com uma estrutura de referência comum e neutral, para se obter um conjunto de requisitos consistente;
- A Derivação consiste no processo de organizar os requisitos já definidos, no qual estes possam ser acedidos por um conjunto de aplicações das tecnologias da informação;
- A Geração consiste no processo de ajudar na análise e síntese dos aspectos específicos (ou perspectivas, ver secção anterior) da empresa.

No eixo da Instanciação são definidos diferentes níveis de geração que permitem a um utilizador escolher os blocos que vão ao encontro das instâncias necessárias à concepção estabelecida.

O eixo da Derivação identifica as diferentes áreas de modelização da definição de requisitos, da especificação da concepção e da descrição da implementação que devem ser abordadas pela empresa no desenvolvimento do sistema CIM.

O eixo da Geração percorre as quatro perspectivas de modelização (Funcional, Informação, Recursos e Organização) que se devem considerar para modelizar a empresa.

2.4.4.4 - Conclusão

Resumindo, o CIM-OSA fornece uma arquitectura de referência para uma descrição específica da empresa. As construções da arquitectura do CIM-OSA permitem ajudar o utilizador no processo de concepção de modo a obter uma descrição consistente do sistema que vá de encontro aos requisitos definidos por este através do nível de modelização da definição dos requisitos, do nível de modelização da especificação da concepção e do nível de modelização da descrição da implementação, via as diferentes perspectivas da empresa (Funcional, Informação, Recursos e Organização)

2.4.5 - Outros Modelos

Existem ainda outras concepções de modelos de empresa tais como a definida pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) [Bauer et all, 91][Senehi 91] [Senehi 92] e outra definida pelo ISO (*International Standards Organization*) [Bauer et all, 91] mas que não implementam os conceitos necessários para se obter uma integração das actividades da empresa, pois esta não é considerada na sua totalidade, sendo apenas focados os aspectos relacionados mais directamente com a oficina.

Outro modelo que também é importante mas que não foi aqui descrito, pois não se pretendia cobrir todos os modelos existentes, é o modelo de Amherst-Karlsruhe [Rembold, 93]. Este aborda a empresa segundo várias perspectivas: interligação das actividades de processamento de dados, modelo do sistema de fabrico, modelo do produto, modelo do planeamento do processo, escalonamento do fabrico, monitorização e controlo da fabrico, comunicações na oficina e por último as bases de dados do fabrico.

2.5 - Conclusão

Foram abordados neste capítulo vários aspectos respeitantes aos sistemas de fabrico em particular, e também às empresas, na generalidade.

Assim descreveu-se a evolução dos sistemas de fabrico ao longo da três últimas décadas tendo em conta os factores sócio-económicos e tecnológicos que ditaram essa evolução. Também foi apresentado o conceito de produção integrada (o conceito de CIM) e descrita a sua evolução e o impacto que daí resultou para os sistemas de fabrico.

Realizou-se uma caracterização não exaustiva do que é um sistemas de fabrico referindo os seguintes aspectos: a sua definição e classificação em tipos, os tipos de produção existentes, a sua estrutura em termos organizacionais e os fluxos de informação existentes entre cada nível da organização.

Seguidamente são descritas as necessidades de integração inerentes ao sistemas de fabrico actuais em vista das condições que se verificam no mercado e à constante e rápida evolução da tecnologia. É dada uma perspectiva da evolução e da tendência progressiva para a integração, referindo os conceitos da produção integrada e da partilha de informação, e ainda dando um destaque à necessidade de estabelecimento de normas para os sistemas de fabrico. Refere-se

ainda o problema da (in)flexibilidade dos sistemas de fabrico e quais as soluções apontadas para a resolver.

Por fim são apresentadas e descritas diferentes concepções de modelos da empresa. Estes constituem um factor chave para o sucesso da empresa, pois a partir da sua utilização é possível desenvolver um conjunto de ferramentas normalizadas de *hardware* e *software* que podem actuar na configuração da empresa de modo a maximizar os objectivos desta. Um aspecto importante a ter em conta é uma eficiente coordenação das actividades de processamento e distribuição dos dados e a sua integração em todos os níveis da empresa.

Capítulo 3

Requisitos para a Integração

Segundo [Eirich, 92] o termo "empresa" era referenciado no passado como sendo um "negócio" ou uma "organização". Actualmente o termo "empresa" tem um alcance mais vasto que pode ser aplicado a qualquer actividade organizada que tenha um determinado objectivo a atingir, ou mais especificamente a uma actividade organizada com fins lucrativos.

Ainda se encontram outras definições para o conceito de empresa como em [AT & T, 95], em que uma empresa pode significar:

- Um consórcio;
- Uma corporação;
- Uma instituição;
- Um departamento;
- Um processo de fabrico;
- Um produto;
- Um sistema de informação;
- Uma linha de um produto;
- Uma base de conhecimento;
- Um item de tecnologia complexa.

Considera-se neste capítulo e nos posteriores que o termo "empresa" abrange todo o tipo de organizações comerciais/lucrativas, militares, educacionais ou governamentais, e mais especificamente organizações dedicadas ao fabrico de um determinado produto. Assim, o termo

"empresa" pode ser entendido neste contexto como aplicável a um sistema de fabrico (SF), i.e., abrange este termo.

Do presente estado da arte no que se refere aos sistemas de fabrico (capítulo anterior) verificou-se a existência de várias lacunas que urgia preencher. De facto, existiu um deslocamento de uma visão hierárquica da estruturação e controlo da empresa para uma visão distribuída, onde todas as entidades que a constituem comunicam e cooperam entre si na resolução dos problemas e na tomada de decisões. Esta estruturação e controlo da empresa de forma distribuída só se torna possível se todos os seus componentes (quer sejam humanos ou baseados em máquinas) tiverem uma base comum de comunicação, i.e., se existir uma compreensão mútua. Assim consegue-se evoluir no sentido da integração da empresa. Esta tem como objectivo a comunicação de informação e a coordenação e optimização de todos os processos e decisões que ocorrem na empresa de modo a serem alcançados maiores níveis de produtividade, flexibilidade e qualidade [Fox, 93].

A empresa para ter uma capacidade de resposta adequada à elevada competitividade que se verifica nos mercados e para conseguir acompanhar a rápida evolução da tecnologia tem de possuir os meios adequados para tal.

Relativamente à sua capacidade de resposta necessita de conseguir reflectir no seu interior os factores de maior relevância que se verificam no mercado (diminuição de custos, novos produtos, maior qualidade, satisfação dos clientes, produtos adaptáveis às necessidades dos clientes, etc.), o que passa pela existência de ferramentas que permitam à empresa a introdução de todos estes factores na execução da sua actividade ou dos seus processos, de uma forma eficiente e controlada.

A evolução da tecnologia tem um efeito de realimentação sobre a competitividade da empresa, pois se esta não acompanhar a evolução tecnológica não consegue ser competitiva no mercado. Assim, a adaptabilidade da empresa à contínua evolução da tecnologia é um requisito fundamental para o seu sucesso. É claro que a introdução de novas tecnologias (quer sejam a nível da informação, sistemas de fabrico, métodos de planeamento e gestão, etc.) tem de ser realizada de um modo controlado para que não ocorra uma disrupção no funcionamento da empresa. Também nesta situação são necessários meios adequados não só para realizar a introdução das alterações de um modo controlado e eficiente (regime transitório da empresa), como também para realizar a gestão e o controlo global da empresa depois de esta ter atingido um regime permanente.

O objectivo, como já referimos é a integração, mas como consegui-la ? Através de ferramentas e métodos que possam ser aplicados na empresa. O desenvolvimento de tais ferramentas tem de ser baseado num determinado método, que permita realizar uma análise

eficiente sobre os aspectos mais importantes da empresa. Tem de poder apreender e explicitar de um modo claro o funcionamento da empresa e o conhecimento inerente a esta. Outra característica importante é a área de aplicação do método, a meta a atingir é de este ser o mais geral possível, i.e., poder ser aplicável na maior parte da situações. Claro que a generalização pode pecar por falta de eficiência em algumas situações, pelo que a solução ideal é baseada num compromisso. Por outro lado, o método também deve ser capaz de incorporar a visão distribuída que existe da empresa quanto à sua estruturação e controlo.

Só depois de realizada uma análise cuidada da situação é que se poderá passar para a sua concepção e posterior implementação. A análise torna-se, assim, a base fundamental da ferramenta, os seus alicerces, e se naquela existirem deficiências a performance desta virá prejudicada, e consequentemente o funcionamento da empresa.

Neste capítulo aborda-se um conjunto de temas que vão definir em maior pormenor o contexto em que ocorre o problema da integração de uma empresa. Assim, começa-se por definir o conceito de integração de uma empresa, referindo nomeadamente as principais dificuldades de implementação, soluções para controlar a evolução da tecnologia e a sua relação íntima com o conceito de modelização de uma empresa, i.e., com o modelo da empresa.

Seguidamente, fala-se do conceito de modelização de uma empresa. É realizada uma caracterização completa em que se aborda a sua definição, os motivos para a sua utilização, as suas características, problemas, e requisitos. Ainda são referidos os critérios para a concepção de um modelo e medidas para o melhorar, assim como as características de ferramentas que possibilitem a sua utilização. No final é introduzido o conceito de meta-modelo.

Outro assunto não menos importante consiste na integração da informação na empresa. São referidos os principais problemas que motivam a sua efectivação. É apresentada uma solução baseada numa arquitectura concorrente que inclui um sistema de informação baseado numa meta-base de dados. Definem-se ainda os conceitos de meta-dados e de meta-base de dados.

Por fim, é referido um conceito vital para se assegurar a integração da empresa: ontologia. É dada a sua definição e referidas quais as funções e principais vantagens decorrentes da sua aplicação na empresa. Apresentam-se um conjunto de etapas a seguir para a sua construção e é referida a sua aplicabilidade na modelização da empresa

3.1 - Integração da Empresa

3.1.1 - O Conceito de Integração da Empresa

O desenvolvimento que se registou nas áreas ligadas aos computadores e às comunicações durante a ultima década levou ao aparecimento de empresas de elevada dimensão e complexidade. Ora, este rápido crescimento da tecnologia não foi acompanhado de uma forma consistente por uma política de gestão eficiente das próprias empresas no que respeita basicamente à organização e manuseamento da informação nelas presente.

As empresas já se encontram ligadas entre si através de redes de comunicações (LAN's, WAN's), o que pode levar a pensar que a necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias não é tão urgente como parece. Mas, é o próprio facto de estes sistemas se encontrarem interligados que faz despontar algumas questões a resolver. Para gerir um projecto de elevadas dimensões é necessário uma perfeita coordenação e entendimento entre todas as partes envolvidas ao nível das acções e decisões a tomar, por exemplo, por fornecedores e empresas subcontratadas pela empresa responsável pelo projecto (fig. 3.1).

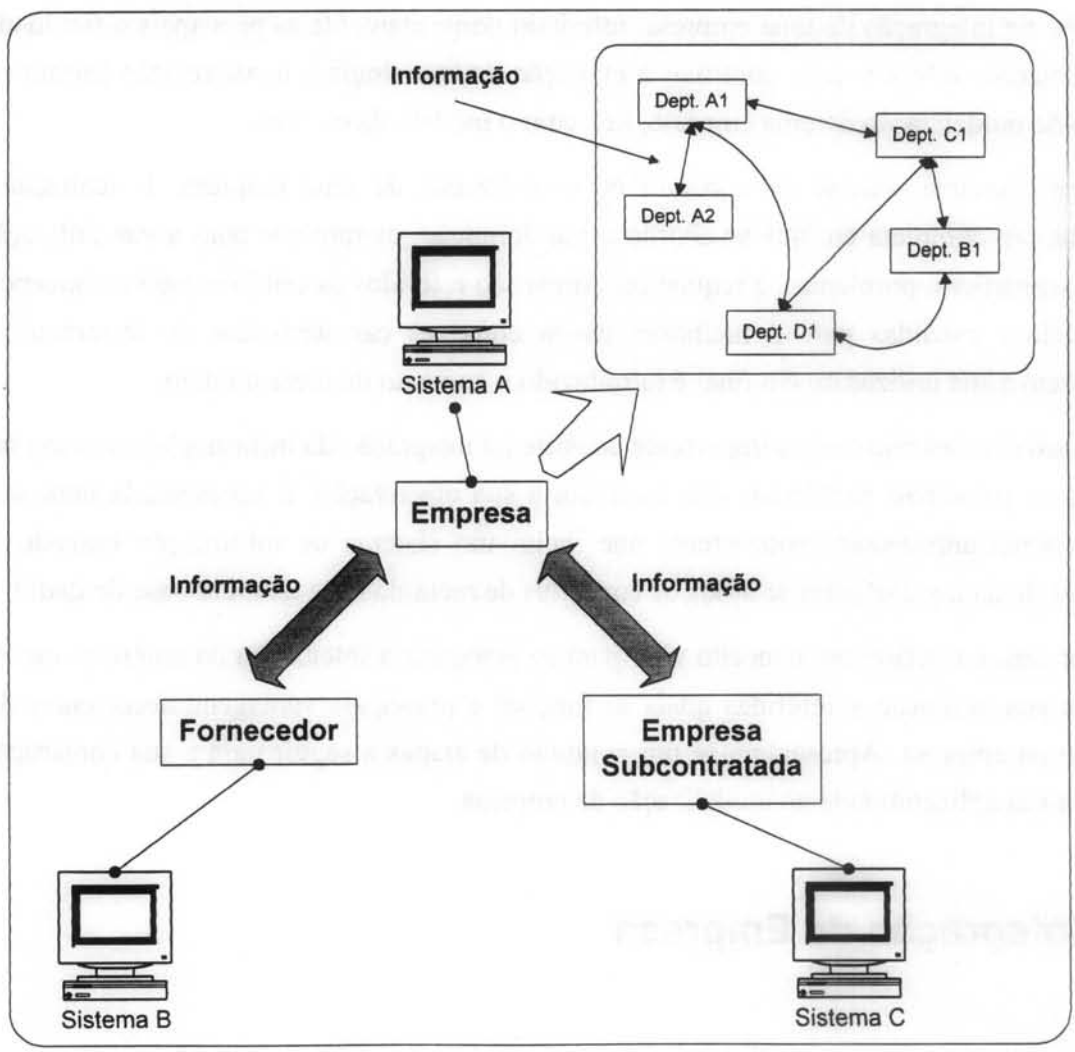


fig. 3.1 - Fluxo de informação e interligação entre empresas.

É ainda necessário o mesmo requisito no interior da própria empresa entre os seus vários departamentos e subdepartamentos. Se tal não acontecer, podem ocorrer erros durante o decorrer do projecto que se traduzirão mais tarde no seu insucesso. Os diferentes agentes (fornecedores, empresas subcontratadas, departamentos da própria empresa) envolvidos no projecto possuem sistemas informáticos que apesar de se encontrarem ligados entre si não contribuem para diminuir a entropia do processo, pois não possuem uma linguagem comum de entendimento, ou dito de outro modo, não possuem um universo de discurso comum a nível da informação. Só com uma integração da informação a todos os níveis (interior e exterior) se conseguirá atingir uma coordenação global da empresa para atingir os seus objectivos.

No contexto actual, as pequenas e médias empresas estão em desvantagem para com as empresas de dimensões elevadas que apresentam uma maior integração a nível dos recursos informáticos disponíveis. Existe ainda um potencial no futuro para a criação de empresas "virtuais" (fig. 3.2), formadas por um conjunto de empresas que se uniriam para a realização de um projecto comum [Petrie, 92], sendo geridas por uma direcção composta por um pequeno numero de pessoas ou nenhuma. Aparece assim, uma necessidade de desenvolvimento de novas tecnologias e filosofias para integração da informação dos SF.

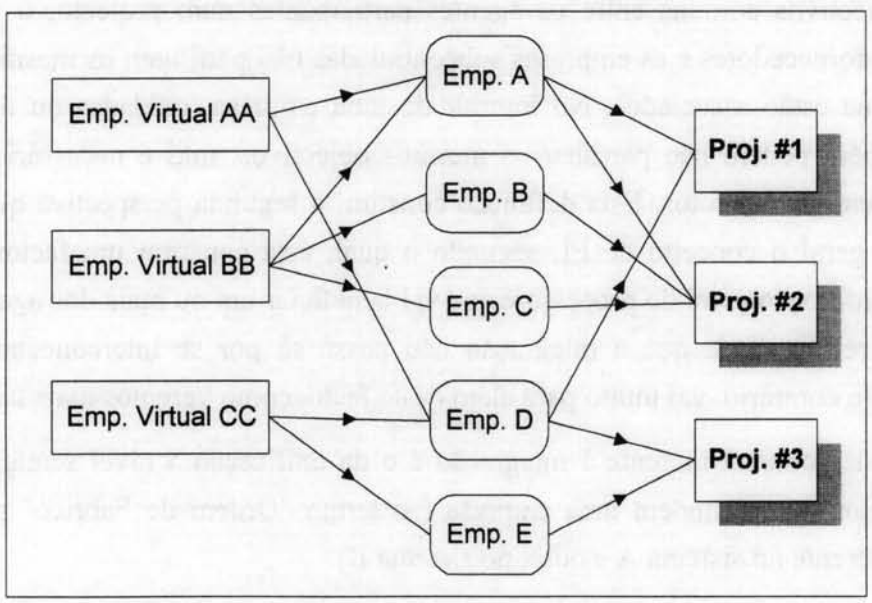


fig. 3.2 - Criação de empresas virtuais.

Em [Petrie, 92] é referida uma definição para o conceito de integração de uma empresa (EI - *Enterprise Integration*) que foi apresentada na ICEIMT (*International Conference on Enterprise Integration Modelling Technology*), segundo a qual, a EI consiste na tarefa de

melhorar o desempenho de processos de elevada complexidade através de uma gestão eficiente de todas os agentes envolvidos nesses processos. Esta melhoria é conseguida quando se observa o seguinte:

- uma maior eficiência do processo (redução dos tempos de execução, dos custos e de outros recursos, graças a uma melhor utilização destes, e dos erros);
- uma maior resposta ás alterações na procura;
- produção de produtos com uma maior qualidade;
- adaptação do produto em função da necessidade de clientes individuais.

O objectivo da EI é assim melhorar a coordenação dos meios informáticos entre todas as organizações, indivíduos e sistemas que interagem entre si, através de representações abstractas (i.e., modelos) desses elementos e suas interacções. Esta representação abstracta deve ter consequências práticas, ou seja, deve ser possível desenvolver *software* a partir dos modelos que vá actuar directamente no funcionamento do SF.

Existem duas perspectivas no que respeita à integração. Uma delas, defende que existe um conjunto de objectivos comuns entre os agentes participantes num projecto, o que não está correcto pois os fornecedores e as empresas subcontratadas não partilham os mesmos objectivos da empresa a que estão associados. No interior de uma empresa, unidades ou departamentos autónomos também podem não partilhar os mesmos objectivos, mas é necessário existir uma coordenação interdepartamentos. Esta definição constitui a segunda perspectiva que reflecte de um modo mais geral o conceito de EI, segundo o qual, esta constitui um factor decisivo na melhoria da coordenação geral do processo e que vai beneficiar um ou mais dos agentes que nele participam. De referir ainda que a integração não passa só por se interconectarem sistemas informáticos, pelo contrário, vai muito para além deste facto, como veremos mais tarde.

O principal problema inerente à integração é o da unificação a nível semântico entre os diferentes modelos que compõem uma empresa (o termo "Ordem de Fabrico" pode ter uma interpretação diferente no sistema A e outra no sistema B).

3.1.2 - Dificuldades Associadas à Integração

Existe um conjunto variado de factores, tais como o aumento da eficiência dos processos produtivos, a competitividade no mercado, a redução de custos, etc., que tornam evidente a

necessidade de integração da empresa. Estes factores têm todos uma característica comum que se traduz pelo conceito de que a tarefa de integração de uma empresa ser um processo contínuo, i.e., nunca se atinge um estado final no que respeita à integração [ICEIMT, 92].

A necessidade de se aumentar a eficiência e manter uma atitude competitiva leva a que se realizem alterações contínuas ao funcionamento global da empresa. Torna-se imperativo acomodar a empresa às alterações que resultam da adaptação à procura, dos avanços da tecnologia, da optimização de processos internos, etc. Assim, existe uma evolução contínua de todo o sistema responsável pela operação da empresa, de tal modo, que um sistema completamente integrado hoje vai evoluir para um sistema parcialmente integrado no dia seguinte. Devem ser tomadas precauções para que se consiga controlar e gerir esta evolução contínua, de outro modo a empresa pode tornar-se num caos a todos os níveis.

A evolução é ditada fundamentalmente por três factores:

- mercado;
- tecnologia;
- alterações sócio-políticas.

As consequências da evolução reflectem-se num aumento da complexidade do sistema que é a empresa com a consequente diminuição da sua eficiência no desempenho das tarefas ou processos. Como a evolução é inevitável, a única solução para se conseguir manter um nível razoável de integração na empresa, passa por gerir o processo evolutivo através da imposição de restrições que "escondam" e "reduzam" a complexidade do sistema e pelo controlo da introdução das alterações no sistema.

3.1.3 - Soluções para o Controlo da Evolução

O aumento da complexidade de um sistema é caracterizado fundamentalmente pela maior quantidade de informação necessária para o descrever (complexidade estática) e pela maior quantidade de informação sobre o estado do sistema necessária ao seu controlo (complexidade dinâmica).

Para se conseguir diminuir esta complexidade é necessário que haja uma compreensão global do que é o sistema através de representações estruturadas e abstractas do sistema (modelos). Existem vários métodos para se construírem modelos de um sistema complexo, como

é o caso de uma empresa, métodos esses que serão referidos mais tarde. Outro requisito fundamental é a partilha e a reutilização da informação existente.

As alterações a realizar na empresa tendo em conta o factor evolução não devem ser feitas de qualquer modo. Quando se quer substituir, modificar ou fazer a junção de um ou mais processos, quer se tratem de processos internos à empresa, quer se trate de processos entre empresas associadas ou externas, deve-se ter em conta o seguinte:

- a alteração não deve ser feita de um modo puramente aritmético como se mostra na fig. 3.3, pois assim iria ocorrer uma perda de informação de tal modo que o novo estado não teria ligações aos dois estados anteriores;
- deve realizar-se uma análise cuidadosa da informação e dos componentes que poderão ser reutilizáveis e/ou partilhados no novo estado do sistema (fig. 3.4), assim toda a informação dos estados anteriores contínua disponível depois de realizada a alteração.

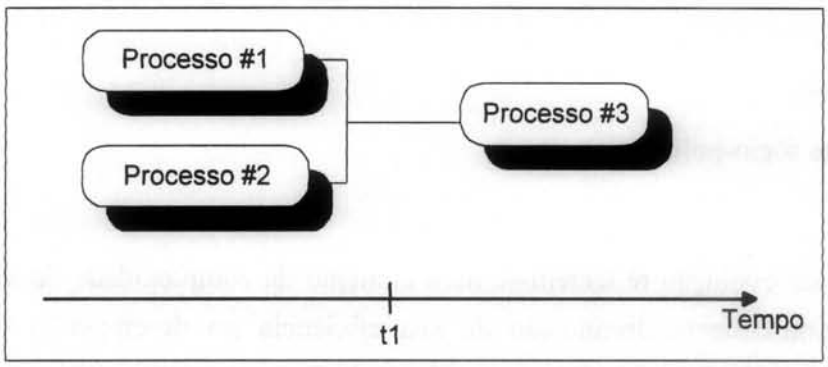


fig. 3.3 - Quando se verifica a alteração em t1 ocorre uma junção dos dois processos

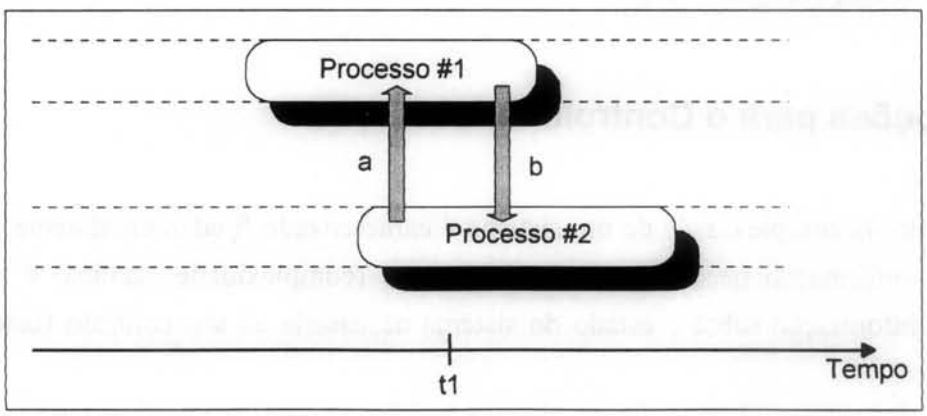


fig. 3.4 - Quando se realiza a alteração em t1, identificam-se os componentes "a" e "b" para serem partilhados entre os dois processos.

Todo o conjunto de alterações a serem efectuadas necessitam de ser confrontadas com os seguintes aspectos relativos à informação e à funcionalidade das operações existentes no sistema:

- consistência da informação;
- integridade;
- partilha da informação;
- ocultação da informação;
- permissões;
- nível de partilha da informação.

A estrutura organizacional da empresa e o próprio processo de tomada de decisões a nível das alterações a efectuar, constituem dois obstáculos proeminentes para se realizarem modificações no empresa de um modo controlado. O primeiro oculta factos relevantes devido aos mecanismos de abstracção de informação existentes em organizações hierárquicas, e o segundo vai introduzir atrasos elevados na implementação das decisões a tomar. Assim, é necessário existirem mecanismos que melhorem o processo de tomada de decisão, tanto ao nível da própria ajuda à decisão como à sua implementação.

Na fig. 3.5 podemos observar as consequências que a propagação do atraso na tomada de uma decisão tem nos três níveis de gestão da empresa: estratégico, táctico e operacional.

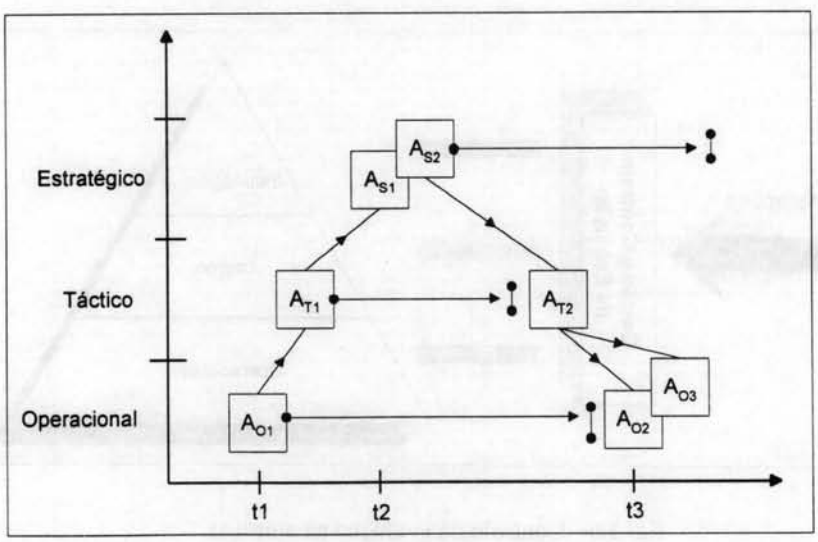


fig. 3.5 - Propagação do atraso na tomada de uma decisão.

Assim, só em t2 será identificada no nível estratégico a necessidade de uma alteração ao nível operacional (A_O1 para A_O2) que foi reconhecida em t1, e posteriormente implementada (A_S1 para A_S2). Mas a alteração ao nível operacional só se completa em t2 (passagem de A_O1 para A_O2), com o risco de vir a ser implementado A_O3 devido a problemas de interpretação da propagação da informação ao longo dos níveis. Durante este intervalo, os níveis estratégico e táctico operam segundo A_S2 e M_t2 respectivamente.

Para além do problema referido anteriormente, acresce notar que existe outro resultante da "filtragem" da informação ao longo dos níveis de gestão, que pode resultar na sua distorção ou perda parcial. A fim de evitar consequências na tomada das decisões com base em informações erradas ou incompletas deve ter-se em atenção no que diz respeito à informação:

- importância;
- consistência;
- integridade;
- latência temporal;
- atraso de propagação (para tomada duma decisão).

Para resolver o problema da introdução de alterações no sistema, deve ser implementada uma abordagem descentralizada no que respeita à tomada de decisões para se poder melhorar o processo de gestão das alterações e para se controlar a evolução da empresa duma forma mais integrada (fig. 3.6).

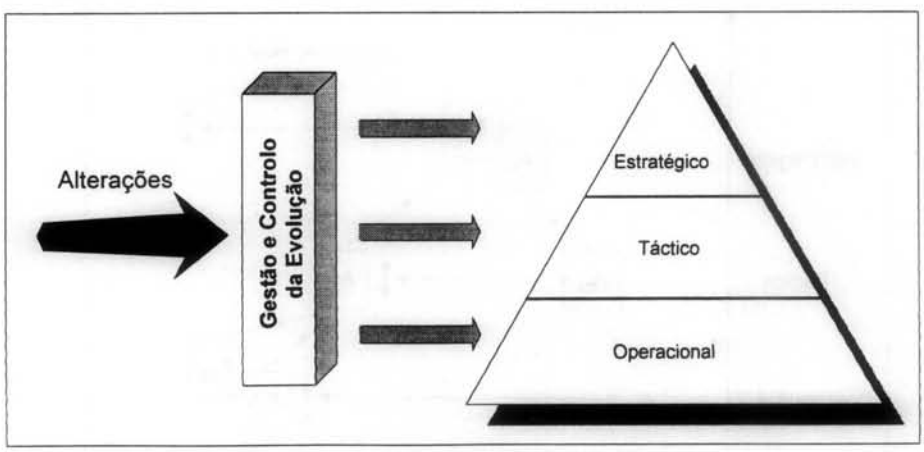


fig. 3.6 - Controlo da evolução na empresa.

As alterações que são impostas ao sistema devem primeiro ser avaliadas e depois devem ser propagadas de forma paralela nos diferentes níveis envolvidos.

Com a ajuda de um modelo bem estruturado que reflicta dum modo claro a própria empresa, o seu funcionamento e interacções, é possível visualizar quais as implicações que as alterações vão provocar através da simulação de situações alternativas em cada nível de decisão. Após se terem identificado os níveis afectados, podem transmitir-se de um modo mais fácil as decisões através do sistema e com uma perda de informação muito reduzida.

3.1.4 - A Necessidade do Modelo da Empresa

Já se referiu anteriormente (§3.1.1 e &3.1.3) que para se realizar a integração da empresa é necessário a existência de uma representação abstracta e estruturada dos elementos que constituem o sistema e das suas interacções, representação esta que se designa como um modelo da empresa.

O conceito de modelo da empresa, ou modelização da empresa (EM - *Enterprise Modelling*) encontra-se intimamente ligado ao conceito de EI. Este baseia-se numa arquitectura global para implementar a integração. Um componente desta arquitectura (caracterização da empresa) tem como função recolher qual a informação mais relevante para o funcionamento da empresa, e além disso especifica o contexto organizacional no qual ocorre a integração dos dados e dos vários sistemas. Pela sua definição o modelo da empresa é o meio mais eficiente para recolher duma forma concisa toda a informação acerca do funcionamento da empresa [Eirich, 92]. Assim, a componente da integração que é a caracterização da empresa é realizada pela modelização da empresa.

Não se deve esquecer que o conceito de EI tem um maior alcance que o de EM [Fraser 94]. Este foca a sua análise na partilha consistente da informação enquanto que aquele além desta função ainda realiza um escalonamento coerente das tarefas sobre o conjunto de todos os agentes distribuídos que desempenham tarefas num conjunto interelacionado de problemas no interior da empresa. A partilha consistente de informação tem como requisitos principais a existência de estruturas sintácticas e semânticas de informação comuns a todos os agentes que fazem uso dessa informação.

Assim, a integração utiliza os modelos para conseguir atingir os seus objectivos. Seguidamente falar-se-á do conceito de modelização de uma empresa (EM).

3.2 - Modelização da Empresa

3.2.1 - Introdução

A necessidade da modelização de uma empresa provém de vários factores mas existe uma tendência comum a todos eles que se refere à necessidade da integração e coordenação das actividades existentes numa empresa de modo a permitir que as alterações a introduzir no seu funcionamento e estrutura sejam realizadas num espaço de tempo o mais curto possível [Loucopoulos, 94].

A abordagem tradicional dos sistemas de informação revelou-se inadequada para lidar com a evolução que os sistemas actuais sofreram nos últimos anos. Nesta abordagem era dada pouca importância para se tentar compreender o modo como o sistema se relacionava e interactuava com outros sistemas ou com componentes do mesmo sistema. Assim, tornou-se indispensável o desenvolvimento de uma nova abordagem baseada na modelização explícita dos conceitos relacionados com a empresa, em que se realize uma análise de todos os componentes desta antes de se passar à análise do sistema de informação e à especificação de actividades. Esta abordagem deve analisar a empresa sob várias perspectivas, descrevendo dum modo formal todo o sistema e seus componentes (agentes, funções, objectivos, responsabilidades, processos, recursos, etc.).

O conceito de EM permite descrever a estrutura actual da empresa, os objectivos, as tarefas a desempenhar e obter um melhor desempenho no posicionamento e alinhamento das tarefas estratégicas e na gestão da evolução e das alterações ao nível dos sistemas que compõem a empresa.

3.2.1.1 - Perspectivas de Análise

A modelização da empresa já foi analisada segundo várias perspectivas diferentes, nomeadamente pelas áreas ligadas ao CIM, EI (com a qual se encontra relacionada), BPR (*Business Process Re-engineering*), e à Engenharia aplicada aos Sistemas de Informação (SI) [Loucopoulos, 94]:

- CIM : o modelo da empresa pode ser usado para especificar as características do sistema CIM, no que respeita aos requisitos a observar para a empresa em análise; para

analisar o estado actual do sistema de fabrico e identificar possíveis problemas; para realizar diagnósticos da actividade de cada sistema e avaliar o decorrer das operações e ainda para elaborar novas especificações de actividades que tenham sido modificadas em virtude da introdução do CIM.

- EI : aqui a modelização é considerada como a actividade colectiva que implementa modelos dos recursos informativos, dos fluxos de informação, e das operações que ocorrem na empresa. Estes modelos resultam numa descrição da empresa que fornece uma linguagem comum para descrever todos os componentes heterogéneos que a constituem e as suas funções, e que permite prever os efeitos provocados por alterações no sistema de modo a ajudar na tomada de decisões a nível estratégico.

- BPR : é definido como uma revisão da concepção dos processos organizacionais da empresa para os tornar mais eficientes. Os modelos que descrevem a estrutura organizacional e o comportamento da empresa são utilizados no BPR, fornecendo um formato comum para se ter uma melhor compreensão do funcionamento dos processos, e como estes podem ser alterados.

- SI : durante o desenvolvimento de um sistema de informação são considerados quatro níveis: planeamento, análise, concepção e implementação. Os dois primeiros dão relevância a aspectos como planeamento estratégico, modelização da empresa, e análise de sectores da empresa. Durante o planeamento, vários sectores são identificados e posteriormente processados durante a análise. São utilizados modelos de entidades, diagramas hierárquicos funcionais e diagramas de processos para representar tipos de entidades e relações existentes, assim como funções da empresa e interacções entre as funções e os dados. A utilização da EM permite que os vários submodelos existentes forneçam uma definição de alto nível dos processos e informação da empresa, e possuam toda a informação necessária para descrever a empresa estática e dinamicamente.

3.2.2 - Definição

O termo EM é muitas vezes usado como uma referência geral para descrever o acto de modelizar aspectos relevantes do funcionamento e estrutura de uma organização de modo a melhorar a sua eficiência. Mas a sua definição mais rigorosa é motivada por dois factores:

- a gestão dos factores que motivam a introdução de alterações;
- o tempo reduzido em que se devem realizar as alterações.

Existe assim uma necessidade crescente de se visualizar a empresa como um todo, ou como um grande conjunto de componentes interactuantes dentro da organização. As pressões a nível económico, social e tecnológico fazem com que esta necessidade seja permanente e em evolução contínua. Isto reflecte-se nos três níveis que constituem a empresa:

- Estratégico : necessidade de controlar as alterações nas áreas ligadas à optimização da capacidade produtiva, aquisição de materiais, redução dos tempos de inovação, sociológica, e estimação de previsões.
- Táctico : necessidade de redefinir processos, estruturas organizacionais e assegurar a sincronização das operações a este nível com a estratégia adoptada.
- Operacional : necessidade de optimizar a capacidade, a utilização dos equipamentos, métodos de fabrico, armazenamento de materiais e reduzir o WIP (*Work in Process*).

Um elemento comum entre eles é a necessidade de gerir de um modo eficaz toda a complexidade inerente ao sistema em reduzidos intervalos de tempo e em condições de instabilidade crescente.

3.2.2.1 - Terminologia

A designação de "modelo da empresa" representa uma descrição concisa do que uma empresa é, e como opera para atingir os seus objectivos, i.e., como funciona. Um "modelo" neste contexto é entendido como uma série de representações gráficas ou uma descrição textual muito bem estruturada [Eirich, 92].

Segundo [Bernus, 93] a actividade de EM inclui todas as tarefas de modelização que surgem quando se realiza a "engenharia de uma empresa" (Enterprise Engineering - EE). Esta é baseada na crença de que uma empresa, tal como qualquer outro sistema complexo, pode ser

concebida ou melhorada dum modo estruturado e ordenado, apresentando assim melhores resultados do que se o processo fosse feito dum modo *ad-hoc*. Os modelos são uma ferramenta de ajuda no processo da engenharia de uma empresa.

Para se realizar a reestruturação de uma empresa é assim necessária a existência de um modelo.

3.2.3 - Justificação para o Uso da Modelização da Empresa

Existem três razões fundamentais para que uma organização realize a implementação de um modelo [Fraser, 94]:

1) para poder comparar quais as opções disponíveis entre o realizar alterações ou não o fazer

2) para poder transmitir informação sobre a situação actual e as novas opções dum modo compreensivo às partes interessadas

3) para poder gerir os processos existentes e algumas alterações pontuais

Passa-se agora a enumerar os pormenores relativos a cada uma das razões referidas anteriormente:

1) Comparação de opções

Dois conjuntos diferentes de factores contribuem para que uma organização proceda à realização de alterações na sua estrutura e no seu funcionamento.

Os primeiros são aqueles que se podem considerar internos à própria organização, e constituem os objectivos que a organização pretende atingir:

- melhorar o grau de satisfação dos clientes;
- aumentar os lucros;
- melhorar a qualidade;

- diminuir os custos;
- diminuir o tempo de produção;
- aumentar a satisfação da direcção;
- tomar melhores decisões sob condições de incerteza.

Os segundos são formados pelas influências externas que podem levar uma empresa a proceder a alterações:

- competição no mercado;
- legislação política;
- tendências económicas;
- influências sociais;
- avanços tecnológicos;
- mudanças estruturais na industria.

Logo que uma empresa tome a decisão de melhorar o seu desempenho, tem de ter em conta quais são as áreas que estão sob o seu controlo que podem ser alteradas para atingir o objectivo inicial:

- processos;
- estrutura organizacional e factores humanos;
- fluxo de informação e acesso à informação;
- recursos.

Para se poderem realizar alterações nestas áreas a empresa tem de possuir conhecimento sobre o seu modo de operação actual e compreender como devem ser implementadas as alterações nas áreas de modo a ir de encontro ao objectivo proposto. Os modelos podem fornecer uma ajuda fundamental neste processo, contribuindo para uma melhor compreensão e para uma escolha inteligente das estratégias alternativas para se realizar a alteração.

2) Transmissão de informação

Na empresa muitas pessoas têm necessidade de tomar contacto com o conteúdo do modelo, nomeadamente: responsáveis pela tomada de decisões, analistas, programadores, gestores da oficina (shop-floor), operários, direcção comercial, etc. O acesso a um modelo comum contribui para que todo o tipo de informação seja efectivamente comunicado àquelas pessoas que dela necessitam.

Muitas vezes é dada pouca relevância à transmissão de informação por parte das pessoas que realizam uma determinada tarefa. Isto pode ser estimulado fornecendo-lhes uma visão sobre as restrições e suposições que estão por detrás de decisões estratégicas.

3) Gestão de modelos existentes

A utilização de um modelo para proceder à gestão dos diferentes processos de uma organização pode ter benefícios tanto ao nível de melhorar processos já existentes como ao nível de realizar alterações sobre esses processos. Após se ter criado um modelo pelas razões apontadas em 1) ou 2), não é benéfico para a empresa implementar novos modelos para a gestão dos processo. É de fundamental importância utilizar o mesmo modelo.

A reutilização assegura a consistência no modelo, entre o que é suposto acontecer e o que realmente acontece no sistema. Assim, graças à consistência, ao realizar-se uma alteração no modelo, está-se a alterar o que o modelo efectivamente representa.

3.2.4 - Características do Processo de Modelização da Empresa

Seguidamente irá descrever-se quais as principais características do processo de modelização de uma empresa [Fraser, 94; Eirich, 92; Bernus 93] nomeadamente a sua área de cobertura, a sua organização , os seus utilizadores e como o utilizam, o seu objectivo, o seu conteúdo, os seus elementos, funções, e como se realiza a sua gestão.

3.2.4.1 - Objectivo principal

Dum modo geral, os modelos de empresas são classificados na categoria conhecida como modelos descritivos. Os modelos existentes actualmente têm como objectivo descrever como se realizam as actividades de uma empresa. Esta descrição pode ter um nível de detalhe desde uma vista global da empresa até uma vista mais pormenorizada do funcionamento de áreas específicas. Como se irá referir mais tarde um dos principais requisitos para os modelos actuais é a sua executabilidade para poderem simular o comportamento da empresa e permitir assim a tomada de decisões dum modo mais eficiente.

3.2.4.2 - Área de Cobertura

Um modelo de uma empresa constitui uma representação de como esta é constituída e como processa a sua actividade. Se o modelo for bem concebido fornece uma visão global sobre a empresa e meios para focar essa visão em determinadas áreas de interesse específico. O modelo de uma empresa não pode ser confundido com outros modelos existentes tais como modelos de descrição de produtos, modelos para previsões económicas, modelos de concepção de produtos, ou modelos de processos de fabrico. No entanto, o conteúdo de alguns destes modelos pode vir a sobrepor-se ao conteúdo do modelo da empresa.

3.2.4.3 - Organização do Modelo

Um modelo pode ter o formato de um conjunto de diagramas, de tabelas, uma sequência de declarações numa linguagem estruturada, ou uma combinação destas ou doutras formas descritivas.

Um relatório que descreva o modo de operação de uma organização não pode ser considerado um modelo, pois carece de uma linguagem ou diagramas estruturados que possam distinguir duma forma precisa cada elemento no modelo, mas pode servir como base de apoio para o seu futuro desenvolvimento.

Toda a informação da empresa encontra-se armazenada seja em bases de dados, folhas de cálculo, programas de modelização matemáticos, gráficos, ou bases de conhecimento. Um factor chave para a modelização de uma empresa é a capacidade de usar estas fontes de informação sem ter de proceder a alterações na sua concepção. Se o modelo já existir, todas as fontes de informação que sejam adicionadas à empresa serão concebidas tendo em conta todas as restrições impostas por este.

Devido à visão global que se tem da empresa é imprescindível que todas as interdependências entre os vários aspectos do modelo sejam anotadas e mantidas, i.e., o

conhecimento ou aprendizagem que está incluído no modelo. Assim, é necessário existirem representações baseadas em conhecimento adequadas para serem usadas pelo modelo.

3.2.4.4 - Utilizadores e Modo de Utilização

Qualquer pessoa numa organização tem interesse num determinado nível de detalhe que o modelo lhe possa proporcionar (isto porque o modelo abrange a actividade realizada por essa pessoa). Podem-se no entanto identificar quatro tipos de pessoas que podem usar o modelo com mais frequência: responsáveis pela modelização, analistas, gestores (responsáveis pela tomada de decisões) e operários. Refira-se que um utilizador pode pertencer a um ou mais destes tipos.

As tarefas que podem ser executadas por um utilizador de um modelo podem ser classificadas em cinco tipos: visualizar, analisar, sintetizar, apreender e estabelecer objectivos.

Descrevem-se a seguir para cada tipo de utilizador quais as suas interacções com o modelo:

- Responsáveis pela modelização : estes utilizadores são peritos em métodos que têm a sua origem na ciência, engenharia ou nas tecnologias de informação e dum modo geral não tem dificuldades em trabalhar com meios informáticos. O processo de modelização e os resultados daí decorrentes aparecem numa forma abstracta e gráfica. A maioria destes utilizadores tem alguma perícia na análise de modelos, principalmente no que diz respeito à determinação do seu grau de completação e de consistência. A sua função é apreender e actualizar os componentes do modelo da empresa e analisá-lo para verificar se está ou não correcto.

- Analistas : estes utilizam os modelos para visualizarem as possíveis soluções para um determinada situação (configurações, métodos de trabalho, opções alternativas para proceder a alterações, falhas de equipamentos, etc.), de modo a obter toda a informação relevante para a tomada de decisões. Algumas análises podem revelar informação que pode ser adicionada ao modelo ou até levar a novas instâncias do modelo.

- Gestores : estes estabelecem decisões a nível comercial com base na análise (implícita e explícita) dos modelos. Para isso, é necessário que tenham capacidade para tal (análise).

Existem dois tipos de gestores com características diferentes. Os gestores dos níveis hierárquicos superiores são responsáveis por tomar decisões de alto nível e o seu interesse concentra-se fundamentalmente na análise de situações onde o nível de detalhe seja reduzido. Ao contrário os gestores do níveis inferiores dão mais importância aos pormenores. Os primeiros obtém a informação que necessitam directamente dos nível de gestão inferior e não dos sistemas de informação existentes, pois não lhes interessa operar directamente com os sistemas, mas sim indirectamente através de outros utilizadores.

Assim, um gestor de um nível superior não vai realizar a analise detalhada do modelo, mas discute com um analista os resultados a que este chegou, tentando compreender o como e porquê da obtenção dos resultados para tirar conclusões quanto à melhor solução a adoptar.

Os gestores vão utilizar ferramentas de análise e de visualização (directa ou indirectamente através de outros utilizadores) e realizar modificações nas estratégia de nível superior, que podem ter repercussões para a empresa, de tal modo que o modelo tenha que ser alterado.

- Operários : estes levam a cabo actividades que resultam das decisões tomadas a um nível superior. Os operários podem necessitar de visualizar partes do modelo para gerar um conjunto de actividades ou para realizar as tarefas que lhes estão atribuídas.

Pode-se concluir que um factor chave num modelo de uma empresa é a sua visualização em formas que sejam adaptáveis para cada tipo diferente de utilizador. O mesmo modelo deve ser observável sob diferentes pontos de vista. Para um analista que efectue a análise de um processo, na sua vista que o modelo lhe proporciona interessa poder aceder aos métodos usados para avaliar o processo, enquanto que para um operário, o modelo deve apenas fornecer uma vista onde se incluam um conjunto de instruções em como o operário deve executar o processo.

3.2.4.5 - Conteúdo

Geralmente um modelo de uma empresa consiste numa descrição dos elementos que a organização controla (pessoas, materiais e processos) e numa descrição do que a organização pode realizar com esses elementos (tal como contratar, comprar ou analisar, respectivamente). O

modelo não necessita de abranger toda a empresa: pode ser apenas um subconjunto dos elementos de maior relevância para o controlo da organização.

Podem-se incluir elementos no modelo sobre os quais a organização não tem um controlo directo, tal como os componentes adquiridos a um fornecedor ou as interacções que existem entre a organização e o fornecedor. Existe então uma distinção entre modelização intra-empresas (dentro da mesma empresa) e modelização inter-empresas (entre empresas diferentes). Como diferentes organizações podem ter objectivos comuns, a modelização inter-empresas revela-se mais problemática, e só é aplicável quando as interacções entre as diferentes organizações se encontram bem definidas e têm um objectivo comum (um exemplo é o lançador de satélites europeu ARIANE).

Um serviço é algo que executa uma função de processamento ou de mudança de estado. O conceito de informação é definido como sendo o conjunto de todo o conhecimento que se encontra na empresa [Fraser, 94], tal como a definição de um processo de fabrico, a especificação técnica de um produto, o custo de produção de um produto, etc. Assim, a informação pode ser um modelo de um serviço, descrever o serviço, ou ser usada pelo serviço. A informação constitui uma descrição de qualquer aspecto de um serviço. O modelo de uma empresa contém de facto informação. A motivação para a modelização (ver §3.2.3) é modelizar um conjunto de serviços com o objectivo de os controlar, melhorar, modificar ou concebê-los de novo.

3.2.4.6 - Elementos do Modelo

Um modelo de uma empresa é constituído por diferentes tipos de submodelos, nomeadamente modelos de entidades ou estáticos e modelos funcionais ou dinâmicos.

Um modelo de entidades (dados ou informação) está ligado à identificação de entidades que são controladas ou geridas pela organização, ou que a constituem. O termo "entidade" pode referir-se a uma pessoa, a um ser abstracto, a um evento, a um componente da empresa, ou a uma ideia e também às relações existentes entre eles, ou ainda às relações existentes entre relações.

O modelo funcional (ou de processo) descreve os processos que vão agir sobre as entidades existentes na empresa (criar, alterar, juntar, destruir). Processos que estejam relacionados entre si são muitas vezes agrupados em grupos de maior dimensão designados por funções, e os processos individuais podem ser subdivididos até se chegar ao nível de detalhe pretendido para realizar a sua análise ou visualização. Esta terminologia depende do método de modelização que se está a utilizar.

Segundo [Eirich, 92] os modelos funcionais (dos processos existentes na empresa) são o núcleo da maioria dos modelos de empresa existentes.

O modelo de entidades (também chamado de modelo conceptual) fornece uma descrição estruturada das entidades que são criadas e utilizadas durante o processamento das actividades da empresa, e também das relações existentes entre as entidades. Podem-se incluir no conceito de entidade:

- elementos físicos : componentes mecânicos, edifícios, equipamento, materiais, operários, etc.;
- elementos de informação : relatórios, ordens de fabrico, ordens de aquisição de materiais, encomendas, etc. (a importância está no conteúdo informativo destes itens);
- elementos conceptuais : conhecimento ou aprendizagem sobre um determinado processo;
- eventos : indicam ou provocam uma alteração do estado de uma entidade;
- relações : dependências conceptuais entre entidades.

Um modelo de entidades contém não só as definições e descrições das entidades em si, mas também as suas características ou atributos. Ao se descreverem as relações existentes entre as entidades está-se a especificar as restrições que se podem aplicar quanto à existência, criação e destruição das entidades. Algumas vezes estas relações resultam de regras já definidas, mas na maioria dos casos são derivadas do modo como a organização implementou os seus processos.

Outro elemento que faz parte de um modelo de uma empresa é o conjunto de recursos necessário à execução dos processos. Estão aqui incluídas as pessoas, equipamento, bases de dados de informação e de conhecimento, etc.

Dependendo da metodologia que se está a seguir existe uma variedade de outros tipos de informação que podem ser analisados e representados por uma gama de diferentes tipos de modelos. Mas o núcleo da maioria dos modelos de empresas é constituído pelos modelos de entidades, funcional e pelos recursos, que podem nem sempre estar presentes, mas é muito raro encontrar um modelo realístico de uma empresa que não inclua pelo menos um deste modelos.

3.2.4.7 - Gestão

Como já foi referido um modelo de uma empresa é constituído por diferentes tipos de submodelos, estando estes armazenados em repositórios de informação de diferentes modos.

Sobre estes modelos é necessário efectuar uma gestão que englobe todo o seu ciclo de vida (criação, implementação, operação e manutenção).

Os modelos desempenham um papel fundamental no processo de tomada de decisões a todos os níveis de uma empresa, sendo por isso indispensáveis para a sua gestão e controlo. É de vital importância para um utilizador que o modelo lhe permita aceder à informação requerida dum modo transparente, sem que se tenha que preocupar em saber o local em que essa informação se encontra armazenada e sob que forma.

3.2.4.8 - Funções

Além de algumas funções já referidas anteriormente podemos destacar as seguintes como sendo de um modo geral, as apontadas como sendo características da maioria dos modelos:

- descrever de um modo claro, compreensível e objectivo a concepção ou reconcepção dos fluxos de informação e de materiais da empresa;
- conseguir uma compreensão comum da empresa por parte de todas as partes envolvidas na empresa (departamentos, pessoas, processos);
- Controlar e gerir a empresa com base e através do modelo.

3.2.4.9 - Aplicação em Sistemas de Informação Distribuída e Cooperantes

Nas empresas existentes actualmente torna-se indispensável que os sistemas de informação distribuída realizem a coordenação das interacções dos vários agentes que constituem a empresa. Estes sistemas podem estar distribuídos geograficamente e estão geralmente ligados em redes de comunicações e têm por isso a possibilidade de trocar informação com outros sistemas. A tecnologia para os sistemas de *hardware* e de *software* encontra-se disponível mas até agora não existe nenhum método satisfatório para o desenvolvimento de sistemas de informação distribuída [Loucopoulos, 94].

Os métodos existentes estão fundamentalmente vocacionados para a implementação de sistemas de informação centralizada, não tendo em conta factores como comunicação de dados, localização de dados ou processos, dependências causais entre os agentes que realizam as funções da empresa, negociação de parâmetros, interacção ou cooperação entre processos.

Os modelos de empresas resolvem estas lacunas, pois permitem mapear a descrição conceptual dos requisitos do sistema (serviços) para a estrutura física e organizacional da

empresa. O aspecto comum que sobressai em todos os modelos é que existe uma tentativa de incorporar os aspectos sociais da empresa (organização do trabalho, distribuição de responsabilidades, regras de cooperação entre pessoas, etc.) conjuntamente com aspectos puramente técnicos dos domínios dos objectivos, dos serviços e das operações.

3.2.5 - Dificuldades de Implementação

Existem vários factores que se opõem à implementação de um modelo de uma empresa, que não são só de ordem tecnológica em relação ao modelo em si mas também das próprias empresas no que respeita ao modo como se vê a introdução do modelo.

Seguidamente vai descrever-se cada um destes problemas em cada um dos seus aspectos, nomeadamente no que diz respeito ao próprio processo de modelização, à actualização do modelo, à evolução e compreensão [Eirich, 92], à necessidade da reutilização e partilha e à necessidade de consistência e completação do modelo [Bernus, 93].

3.2.5.1 - Processo de Modelização

Na modelização de uma empresa existe um conflito que é originado pela complexidade de vários sistemas grandemente distribuídos que englobam um número elevado de pessoas, tecnologias de informação, funções e processos, ao mesmo tempo que têm de satisfazer um número igual de objectivos e restrições. Isto pode tornar-se muito confuso e incompreensível se não for gerido eficazmente.

O conflito surge por causa do próprio processo de modelização que pode adicionar ainda mais complexidade ao sistema. De um modo geral é mais difícil para uma pessoa trabalhar com conceitos abstractos do que com as instâncias individuais desses conceitos. O processo de modelização é composto por técnicas para descrever e gerir os sistemas complexos que existem nas empresas, através da formalização de conceitos (actividades, processos, recursos, restrições, relações, vistas, agentes, etc.), e do mapeamento destes conceitos abstractos para o seu significado real (programas de *software*, pessoas, máquinas, bases de dados, etc.). É muito mais fácil não recorrer à modelização, mas isso é contrário ao objectivo pretendido da integração da empresa que é vital empreender no ambiente intensamente competitivo em que a empresa se encontra inserida nos dias de hoje, se esta pretender sobreviver.

3.2.5.2 - Evolução

Após o modelo ser implementado na empresa, muitas vezes não conhece uma evolução de acordo com as crescentes necessidades desta. Isto acontece por várias razões:

- Existe uma dificuldade em absorver os conceitos que o modelo quer transmitir e também em trabalhar com ele, quer este se apresente num suporte escrito (papel) ou informático;
- Os modelos não são actualizados em função do estado actual da empresa;
- Não foi ainda demonstrado o valor dos modelos para o planeamento e gestão de uma empresa, nem mostrado como podem ser utilizados dum modo eficaz para estas funções;
- O modelo é apresentado aos utilizadores numa linguagem em que estes se sentem pouco à vontade;
- O modelo não tem uma notação adequada para a visualização de um determinado problema a resolver;
- O nível de detalhe na apresentação, e a profundidade fornecidos pelo modelo podem ser incorrectos;
- As questões colocadas ao modelo podem muito rapidamente estar fora do alcance para o qual o modelo foi concebido, ou este pode até influenciar os resultados da questão.

Podemos chegar à conclusão que a apresentação ou visualização da informação da empresa deve estar adaptada à necessidade a ao contexto do utilizador do modelo. As razões acima indicadas quanto à forma como o modelo é apresentado, são características dos modelos tradicionais (que são formados por documentos ou diagramas de dimensões elevadas). Isto origina que o utilizador não consiga tomar decisões baseadas no modelo pois este só é compreendido pelos especialistas em modelização.

Torna-se assim necessário desenvolver modelos que sejam executáveis (num computador) de modo que se possam efectuar diferentes vistas e análise consoante o necessário. Assim o utilizador pode visualizar o modelo segundo a sua própria perspectiva ou ponto de vista.

3.2.5.3 - Actualização

As razões imputáveis aos modelos por estes não serem actualizados, estão ligadas fundamentalmente com a dificuldade e a falta de incentivo para o realizar.

A dificuldade em actualizar os modelos relaciona-se com:

- Os modelos são demasiado complexos para se realizar a sua manutenção;
- Os responsáveis pela manutenção do modelo não estão muitas vezes ao corrente das alterações que se dão em outros locais da empresa;
- Aqueles que estão ao corrente das alterações podem não dispôr de ferramentas apropriadas para corrigir ou actualizar o modelo. Se no entanto, também não utilizarem o modelo continuamente, podem nem saber o que é necessário actualizar no modelo;
- As alterações numa empresa constituem um processo continuo. Os modelos são assim apenas uma "fotografia" desactualizada da organização, mesmo no instante em que são criados;
- Existe uma grande quantidade de informação que é irrelevante nos modelos, que não necessita de ser actualizada.

A falta de incentivo tem origem no seguinte:

- Os modelos não se encontram directamente ligados às operações e/ou ao conjunto de *software* que existe na empresa;
- Os modelos têm tendência para estagnarem no tempo, não evoluindo;
- Os responsáveis pela gestão da empresa não dão a importância devida ao facto de manter o modelo actualizado.

3.2.5.4 - Compreensão

Existem factores que contribuem para que a maioria dos responsáveis pelas empresas não realizem um esforço complementar no sentido de compreenderem melhor os modelos das empresas. Assim tem-se:

- O modo de utilização dos modelos nas actividades ligadas ao planeamento e à gestão da empresa não é suficientemente clara;
- Ainda não foram demonstradas quais são as vantagens na utilização dos modelos;
- A complexidade dos modelos torna-os difíceis de compreender e de serem utilizados;
- Dum modo geral, os responsáveis pela concepção dos modelos ainda não obtiveram sucesso na adopção de inovações.

Relativamente a este último factor podem citar-se os seguintes aspectos que contribuem para que a adopção de inovações ocorra com sucesso:

1) Complexidade : a complexidade é tolerável se for compreendida e assim pode ser adicionada ao modelo gradualmente.
2) Observabilidade : prontidão de resultados que sejam observáveis ou visíveis.
3) Adaptabilidade : capacidade de adoptar partes de uma solução de um modo incremental, em vez de globalmente.

O facto mais relevante é que para a maior parte das empresas, implementar e utilizar um modelo é encarado como uma inovação significativa e deve ser tratado e gerido como tal. O que se verifica por vezes é que muitas organizações tentam criar um modelo compreensível e de grandes dimensões antes de o começarem a aplicar. Esta abordagem vai de encontro ao que é necessário seguir para uma adopção com êxito das inovações.

3.2.5.5 - Reutilização e Partilha

Embora o investimento na concepção de um modelo de elevada qualidade possa ser vantajoso, o facto de se ter que conceber o modelo a partir do início é inaceitável em termos de custos para a maior parte da indústria (pequenas e médias empresas). Existe assim uma necessidade para reutilizar e partilhar modelos que já tenham sido concebidos ou implementados.

Dada esta necessidade é importante investigar se os modelos podem ser partilhados e até que ponto. Deve garantir-se que a informação presente num modelo não é alterada no processo

de reutilização e que o modelo resultante é correctamente interpretado no novo contexto em que se encontra.

Uma das condições necessárias à reutilização do modelo é este ser completo. Para o modelo ser reutilizável é necessário especificar o que se conhece sobre a utilização do modelo em termos dos factores que determinam uma situação em que se realiza a engenharia de uma empresa (fig. 3.7). Estes factores devem ser reproduzidos no próprio processo de reutilização:

- Qualidades do modelizador;
- Indicação do tipo de situação em que o modelo vai ser utilizado (por indicação de uma arquitectura de referência de empresas);
- Capacidade de visualizar explicitamente o modelo actual do processo;
- Fácil acesso do modelizador a toda a informação que tenha sido utilizado na concepção do modelo;
- Ligações na base de dados de concepção entre os modelos parciais e particulares e o processo de engenharia da empresa;
- Registo das fases da concepção do modelo.

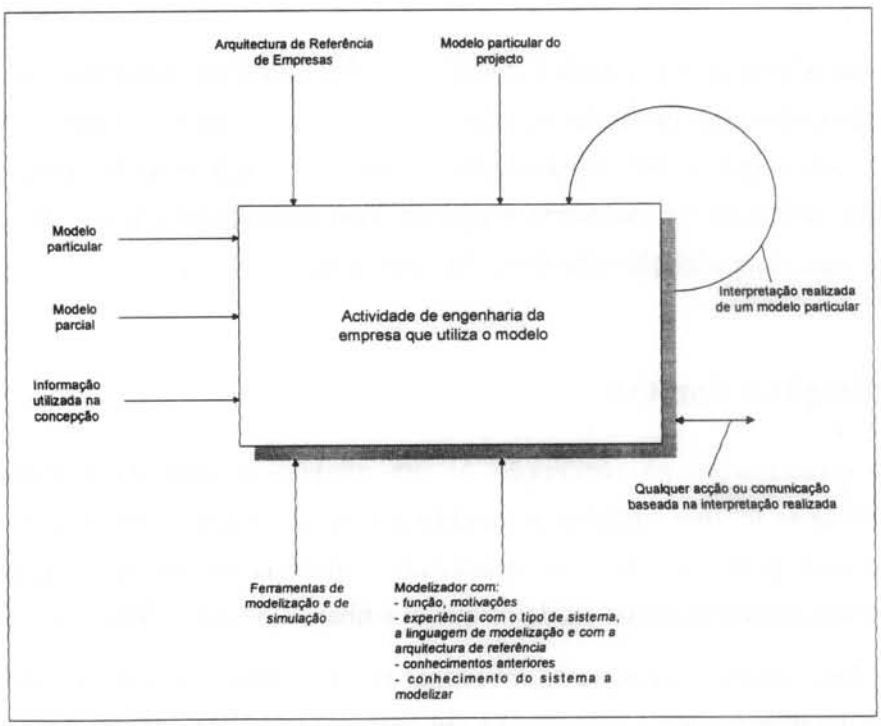


fig. 3.7 - Factores que determinam a situação da engenharia da empresa.

A complexidade do processo de engenharia da empresa (e dos modelos por ela gerados) pode ser reduzida realizando-se uma normalização dos factores acima citados como:

- Arquitecturas de Referência de Empresas;
- Ontologias / Modelos Parciais.

A possibilidade do modelo ser reutilizado é limitada pela falta dos mesmos factores que possibilitam a sua interpretação. Para se evitarem problemas, torna-se necessário estabelecer quais os pré-requisitos para uma boa interpretação, quando se está a realizar o planeamento de qualquer processo de engenharia da empresa:

- Aderência a uma arquitectura de referência de empresas;
- Acesso imediato a toda a informação sobre a concepção do modelo;
- Ferramentas CASE com características novas e ferramentas de simulação para estabelecer as especificações funcionais.

3.2.5.6 - Consistência e Completação

As empresas que adquirem modelos para depois os reutilizarem, querem ter garantias que os modelos contêm a informação necessária para tal ser possível. Infelizmente os modelos nunca se encontram completos no sentido literal de uma especificação formal.

Para se chegar a uma definição criteriosa que defina o grau de completação de um modelo deve ter-se em conta as seguintes características de um modelo de uma empresa:

- Um modelo de uma empresa abrange um conjunto de áreas muito vasto, o que implica o uso de vários métodos e linguagens de modelização, o que exige um grande esforço para se assegurar a consistência no modelo;
- Os modelos desempenham várias funções ao longo do ciclo de vida da empresa e só alguns são executáveis;
- Os modelos têm tendência a assumir dimensões elevadas, a serem difíceis de gerir, de analisar e sendo incompletos não se consegue dizer de um modo formal se o modelo é somente incompleto ou inconsistente.

Assim para garantir a consistência os utilizadores dos modelos necessitam que sejam estabelecidas medidas organizacionais (funções implementadas no processo de engenharia da empresa para assegurar a consistência) ou garantias institucionais (modelos standard).

No contexto em que é utilizado, pode dizer-se que um modelo é eficiente se consegue transmitir de um modo conciso o significado deste, entre as diferentes partes que o conceberam ou utilizam.

Conceber um modelo de uma empresa não é uma tarefa fácil, não só devido à sua inerente complexidade mas também, à natureza evolutiva do processo, tornando-se a empresa num elemento dinâmico para o modelizador. Isto requer que qualquer tarefa de modelização seja feita num período curto, o que torna imperativo realizar a análise de um modo eficiente. Mas para assegurar este nível de eficiência é necessário definir qual o grau de completação que se deve atingir, pois este critério tem um peso importante na eficiência. Assim, define-se que um modelo é completo relativamente ao processo que o utiliza, se este pode criar (e comportar-se de acordo com) uma interpretação objectiva do modelo.

3.2.6 - Requisitos para a Concepção do Modelo

O modelo da empresa deve observar um conjunto de requisitos, sem os quais a sua funcionalidade e objectivos seriam comprometidos. A saber:

- O modelo deve formular e responder às questões mais importantes sobre as várias operações que se encontram numa empresa, devendo ser preciso e suficientemente completo para assegurar este objectivo.

  Informação necessária para esta função:

  - acesso à fundamentação de decisões já efectuadas;
  - estado actual de toda a empresa;
  - métodos de simulação.

- O modelo deve poder ser executável ou ter um método fácil de conversão para uma forma executável, i.e., poder actuar directamente na empresa;

- Do ponto de vista da tomada de decisões o modelo deve fornecer uma visão completa da empresa. o que depende do contexto actual em que o modelo está a ser processado;
- Como a empresa está em constante evolução, só é necessário manter a consistência entre um pequeno número de elementos da empresa e os seus modelos durante períodos de tempo reduzido;
- O modelo deve conter e descrever todos os aspectos mais relevantes da empresa (processos, estratégia, estrutura organizacional, recursos, objectivos, restrições e o meio que a envolve);
- Identificação e avaliação de opções e de percursos alternativos para a concepção e implementação de soluções nos níveis estratégico, táctico e operacional;
- Possibilidade de reutilização dos modelos;
- O modelo deve ser capaz de gerir de um modo eficaz toda a complexidade inerente ao sistema em reduzidos intervalos de tempo e em condições de instabilidade crescente;
- Todos os utilizadores devem ter acesso a um modelo comum de informação;
- O modelo deve ter capacidade de utilizar fontes de informação previamente existentes sem as ter de alterar;
- Deve ser permitida a visualização do modelo em formas que sejam adaptáveis para cada tipo diferente de utilizador;
- O acesso à informação deve ser efectuado de um modo transparente quanto à sua localização e à forma como esta se encontra armazenada;
- O modelo deve assegurar ou fornecer elementos que garantam a consistência e a integridade da informação. Deve ainda promover a integração da informação como um apoio ao conceito de EI.

3.2.7 - Critérios para a Concepção do Modelo

Existem vários critérios que devem ser respeitados para se conseguir desenvolver um modelo de uma empresa que satisfaça os requisitos necessários. Estes critérios subdividem-se em duas categorias, nomeadamente, critérios de nível geral e critérios ao nível do modelo, ou de concepção.

3.2.7.1 - Critérios gerais

Nesta categoria incluem-se aspectos relativos aos utilizadores, ao modo como utilizam o modelo, e ao conteúdo geral dos modelos. Assim tem-se que:

- O modelo deve assentar a sua análise nos processos que se realizam na empresa e no modo como estes processos se relacionam com os recursos existentes. Pode assim ter-se uma compreensão global sobre a incidência que vão ter nos recursos, as alterações que se realizem nos processos;
- O nível de detalhe incorporado no modelo depende dos requisitos que são definidos para este aquando da sua concepção;
- As pessoas que são responsáveis ou que conhecem um determinado processo é que devem participar na concepção do modelo;
- Para a verificação do modelo devem ter-se em conta todas as pessoas que desempenham um papel de interface para com os processos;
- Na concepção do modelo também devem participar analistas que estejam situados fora do grupo responsável pelo modelo, em particular, especialistas em técnicas de modelização e de integração.

3.2.7.2 - Critérios de Concepção

Nesta situação, dá-se maior relevância aos aspectos ligados mais intimamente à concepção do modelo. De notar o aspecto ligado à sua estruturação que tem uma influência predominante sobre outros aspectos e que será discutido em pormenor no final deste tema. Os critérios são os seguintes:

- O modelo deve ter um grau de completação tal, que possa satisfazer os requisitos que lhe são impostos;
- O modelo deve ser estruturado e organizado como um conjunto de pequenos modelos específicos, de diferentes tipos, usando várias linguagens (tal como num sistema distribuído de informação). Existe outra opção que é de estruturar o modelo num único

modelo de dimensões elevadas (modelo-mestre) definido através de uma única linguagem consistente;

- A consistência a nível lógico do modelo pode, num caso extremo, não ser relevante no caso de ser estruturado como um conjunto de pequenos modelos. O oposto verifica-se no caso do modelo-mestre;
- A consistência pode ser assegurada no caso do modelo mestre durante o processo de integração do modelo. No caso do conjunto de pequenos modelos a consistência é estabelecida comparando o resultado de vários desses modelos de acordo com as necessidades para a realização de uma determinada tarefa;
- Pode avaliar-se a qualidade de um determinado modelo através do estabelecimento de métricas;
- O modelo deve ser suficientemente completo para ser útil e ao mesmo tempo deve ser concebido de um modo incremental. Isto leva a um potencial conflito, pois não se deve dispender muito tempo na concepção de um modelo compreensivo, antes que este começe a fornecer valor para a empresa. Assim deve-se:

    1) Começar com um único tipo de modelo que abranja uma área estreita onde as questões mais relevantes possam ser respondidas;
    2) Adicionar um novo tipo de modelo de cada vez;
    3) Implementar o modelo a partir da junção de modelos de dimensões mais pequenas, já existentes.

- Para o caso do modelo-mestre, o modelo deve ser apresentado a um utilizador através de técnicas de apresentação semânticamente ricas, formais, e expressivas, que dêem maior relevância à precisão (apresentação científica). Para o conjunto de modelos distintos, a apresentação deve ser feita através de técnicas de modelização simples e directas que dêem maior importância à compreensão (apresentação humana).

Há que referir aqui alguns pontos mais importantes, nomeadamente, no que diz respeito à forma como o modelo é estruturado, pois este influencia directamente os aspectos ligados à sua consistência a nível lógico e à sua forma de apresentação, e ainda tecer algumas considerações quanto à avaliação da sua qualidade.

3.2.7.3 - Estruturação do Modelo

Como já foi dito, existem dois tipos de estruturação possíveis:

- o primeiro, baseado num modelo-mestre (MM)
- o segundo, baseado num conjunto de pequenos modelos distintos (MD)

O facto de se optar pelo MD facilita o processo de modelização e a veracidade dos resultados, em comparação com um unico modelo de dimensões elevadas. Assim, a estruturação MD é mais adaptada às necessidades das pessoas enquanto que a estruturação MM é mais adaptada à automação na tarefa de gerir e manter o modelo.

A melhor solução a adoptar será a de uma combinação de ambos os métodos, o que implica a existência de uma estrutura semântica robusta que possa realizar uma ponte e ligar todos os elementos do modelo. O cenário é o de um modelo distribuído que pode ser implementado recorrendo às tecnologias existentes na área dos sistemas distribuídos. De acordo com [Sventek, 92], "um modelo orientado para objectos é o mais apropriado para um ambiente distribuído". Como se irá justificar num capítulo posterior, os métodos orientados a objectos são os que melhor permitem modelizar o comportamento de um sistema distribuído.

3.2.7.4 - Consistência do Modelo

Segundo o que se disse anteriormente em termos de consistência para os dois tipos de estruturação (MM e MD), existem dois extremos em que num a consistência é de suma importância (MM) e noutro é pouco importante (MD). Verifica-se que na prática os modelos se encontram entre estes dois extremos pelas seguintes razões:

- Em última análise não se quer ter nenhuma inconsistência lógica que tenha uma origem desconhecida;
- Irá ocorrer alguma inconsistência entre modelos (ou partes deles) que tenham sido implementados em momentos diferentes, o que terá de ser tolerado;
- A inconsistência no interior de um modelo é muito mais fácil de detectar, corrigir e analisar do que entre modelos.

Isto leva a que no caso de se adoptar pela estruturação MD e para que esta solução seja fiável é necessário existir uma união semântica entre os modelos. Para que se consigam criar ligações lógicas entre os diferentes modelos é necessário existir uma representação que possa abranger vários domínios.

No que respeita ao tipo de estruturação MD pode dizer-se que, a necessidade da consistência pode não ter uma relevância tão grande, isto porque:

- O modelo deve ser implementado, de tal modo a que, se possa aperceber de eventuais inconsistências que ocorram na empresa, permitindo a sua detecção imediata para uma posterior correcção;
- É mais vantajoso detectar e avaliar as inconsistências depois do modelo estar implementado, para que se tornem visíveis na empresa, do que as tentar eliminar durante o processo inicial de modelização;
- Se surgir a necessidade de junção de duas vistas (dois modelos distintos), pode-se verificar a consistência durante o processo de junção.

A questão de se assegurar a consistência do modelo depende do modo como o modelo foi concebido e como é utilizado, o que vai condicionar o custo e o esforço que se deve realizar para tal.

Na maioria das empresas de elevada dimensão encontram-se vários modelos que são utilizados em diferentes áreas da organização (tecnológica, produção, pessoal, comercial, concepção). No entanto, não existe uma ligação explícita entre estes modelos, embora haja ligações lógicas implícitas entre eles. Ao se promover a interconectividade entre os diferentes modelos está-se a assegurar que ao se realizar uma determinada acção numa área da empresa, essa acção não é inconsistente com outras acções que se realizem em outras áreas.

As tecnologias da informação existentes actualmente têm potencial para permitir implementar e controlar este tipo de modelo distribuído da empresa (conjunto de modelos distintos). O que se passa é que ainda não é economicamente viável para muitas empresas investir neste tipo de modelo, embora a curto prazo tal possa acontecer.

3.2.7.5 - Forma de Apresentação

Como já foi dito, existem duas formas de apresentação conforme se opte pela estruturação MM ou MD, a apresentação científica e a humana, respectivamente.

Mais uma vez, a forma mais correcta passa por um modelo que possua ambas as formas de representação (mas em instantes distintos) pelo seguinte:

- Os responsáveis pela análise do modelo e pela sua integração necessitam de formas de apresentação que sejam precisas e compreensivas;
- Os utilizadores finais do modelo necessitam apenas de formas simples de apresentação.

As apresentações mais simples tornam o modelo mais fácil de ser verificado e ajudam a assegurar a sua relação com o "mundo real". As mais formais ajudam a garantir a sua área de cobertura e são necessários para se conseguir que os modelos se tornem executáveis.

3.2.7.6 - Medida de Qualidade do Modelo

O uso de métricas para avaliar a qualidade é de crescente importância se o modelo da empresa for executável (requisito desejado). O nível de qualidade a atingir durante a concepção do modelo irá depender do grau de importância que a empresa atribui ao modelo, e em última análise os requisitos de qualidade irão sendo modificados à medida que surgirem situações que o justifiquem.

3.2.8 - Medidas para Melhorar o Modelo

Imagine-se o seguinte cenário futurista, onde todas as pessoas envolvidas na operação da empresa (desde os gestores de alto nível aos operários) teriam acesso a um modelo executável para as ajudar no processo de tomada de decisões para um determinado tipo de problemas. Isto contrasta com a situação actual onde a maioria dos modelos não são executáveis e estão apenas disponíveis em papel e são apenas utilizados por um conjunto restrito de especialistas.

O que se verifica é que, se actualmente os modelos são úteis nesta forma não fornecem o valor adicional que seria de esperar à organização. Os modelos podem ser de maior utilidade ainda se as organizações compreenderem como os vão aplicar.

O problema que se levanta ao cenário futurista acima descrito é que embora seja tecnicamente provável a sua realização, tal não é tecnicamente realista. Ainda não se chegou a esse ponto no uso da tecnologia associada aos computadores na indústria. Assim, o cenário futurista comporta riscos e custos elevados para a maioria das empresas actuais, o que não implica que não venha a ser implementado, muito pelo contrário, é um objectivo desejado.

Como nenhuma das soluções é satisfatória existe um conjunto de medidas que podem ser tomadas para que se evoluam os modelos actuais sem no entanto comportar situações de elevados riscos ou custos. Assim, deve-se:

1) Implementar os modelos para responder a questões, ter uma motivação, objectivo, em vista. Os modelos devem ser capazes de responder a questões-chave aquando da sua implementação e ainda ser facilmente expansíveis, caso se necessite de adicionar mais funcionalidades;

2) Ter várias formas de apresentação do modelo da empresa, de modo a satisfazer as necessidades de diferentes utilizadores, ou dito doutro modo, para irem de encontro a diferentes questões que lhe podem ser formuladas. Deve-se ter ainda meios para organizar (e reorganizar) estas diferentes formas de apresentação;

3) Desenvolver e aplicar estratégias de integração para os modelos, de modo a garantir a consistência entre os diferentes submodelos (vistas) existentes na empresa;

4) Reconhecer que a complexidade inerente a um modelo de uma empresa não constitui um motivo para que se justifique a sua não utilização. A tecnologia para lidar com os modelos está disponível, a questão-chave está em como e quando se decide aplica-la.

5) Ter modelos que sejam executáveis (ou facilmente convertíveis para esta forma), i.e., que permitam efectuar simulações de diferentes cenários, alterar condições e configurações de processos e recursos na empresa e responder a questões colocadas pelos utilizadores acerca do seu conteúdo (informação);

6) Incorporar nos métodos de modelização uma análise com base em questões-chave. Deve concentrar-se a modelização no que é necessário para responder às questões-chave, em vez de modelizar completamente uma dada função ou elemento da organização;

7) Reconhecer a crescente importância de recolher e armazenar o conhecimento inerente à organização. Dada a sua complexidade operativa é necessário manter esse conhecimento numa forma adequada, o que é fornecido pelo modelo;

8) Desenvolver tecnologia que permita a construção de um modelo integrado a partir de partes de modelos de diversas origens. Idealmente poderia criar-se uma base de conhecimento ou uma representação de um modelo para resolver uma determinada tarefa, para mais tarde desfazer-se dela;

9) Adoptar abordagens flexíveis de representação de conhecimento. Não se pode esperar que num modelo de uma empresa exista uma resposta precisa para tudo. O conhecimento deve ser representado de um modo que permita e tolere aproximações ou pequenos desvios, que devem ser reconhecidos e registados .

Algumas destas medidas requerem a disponibilidade de novas tecnologias, mas a maioria acarreta apenas alterações nos métodos e técnicas de modelização de empresas utilizadas nos dias de hoje e são tecnicamente implementáveis a curto prazo.

3.2.9 - Tecnologias Necessárias

Para se efectuar o processo de modelização de uma empresa satisfazendo todos os requisitos é necessário a existência de ferramentas automatizadas com determinadas características ou funcionalidades. Estas funcionalidades acarretariam as seguintes vantagens:

- o custo do desenvolvimento dos modelos seria menor;
- aumento da qualidade, do valor e do uso dos modelos.

Definem-se a seguir, um conjunto de características que seriam desejáveis em ferramentas de ajuda à modelização:

1) Ocultar ou expôr a informação dinamicamente e selectivamente nas formas de apresentação do modelo;

2) Organizar (e reorganizar) de um modo conveniente os modelos para a sua apresentação;

3) Construir um modelo integrado dum modo rápido, a partir de modelos provenientes de diferentes origens;

4) Construir de um modo imediato bases de conhecimento virtuais;

5) Ter flexibilidade para permitir o uso de diversas formas de visualização, de acordo com as necessidades dos utilizadores;

6) Ter capacidade de elaborar cenários de simulação (*what-if*);

7) Manter de um modo simples o registo das decisões que foram tomadas durante o desenvolvimento do modelo e permitir a sua pesquisa;

8) Interrelacionar diferentes tipos de modelos;

9) Fornecer uma semântica uniformizada que seja aplicável através de múltiplos domínios;

10) Incluir na mesma ferramenta, simultaneamente, abordagens de modelização simples e directas e abordagens precisas e formais;

11) Permitir ter uma visão do modelo como um conjunto de modelos especializados, distintos e de pequenas dimensões e simultaneamente uma visão de um único modelo-mestre de grandes dimensões, de um modo consistente;

12) Ser capaz de simular o funcionamento da empresa.

Como já se referiu anteriormente, a tecnologia para implementar estas funções está disponível, mas muitas vezes as necessidades apontadas pelos responsáveis pela modelização não são compreendidas e o desenvolvimento de *software* com estas funcionalidades passa por dificuldades. Ao mesmo tempo, ainda não se criou uma inércia ao nível da modelização da empresa para estabelecer um mercado potencial para os fornecedores de *software*, o que faz com que não se dê grande prioridade ao desenvolvimento de ferramentas, mesmo para aqueles fornecedores que compreendem as necessidades existentes ao nível da modelização.

3.2.10 - Meta-Modelos

Uma empresa é constituída por várias áreas de actividades, ou domínios com características diferentes. Na definição dos critérios para a concepção do modelo referiu-se que a sua estruturação poderia ser realizada como um conjunto de pequenos modelos específicos, de diferentes tipos, usando várias linguagens (cenário típico de um sistema distribuído de informação) ou como um único modelo de dimensões elevadas (modelo-mestre). Segundo a primeira opção, vamos ter diferentes modelos para diferentes domínios da empresa, mas a solução ideal passa pela existência de ambos os métodos de estruturação.

Surge assim, a necessidade de um mecanismo de modelização subjacente para realizar a ligação entre os diferentes modelos. Assim surge o aparecimento do conceito de meta-modelo. Através de um meta-modelo, todos os conceitos e componentes da empresa, assim como as suas ligações semânticas estarão definidos num meta-nível que vai funcionar como uma referência para todas as aplicações que poderão existir na empresa. Os modelos para cada área de actividade, ou domínio, podem ser assim definidos utilizando este conceito, sendo os componentes do modelo instâncias das abstracções definidas no meta-modelo.

O meta-modelo constitui assim, uma referência comum para a concepção do modelo da empresa ao nível mais alto de abstracção, permitindo uma visão global sobre esta. A sua construção passa pela identificação dos elementos com maior relevância para o processamento das actividades da empresa e pela definição das relações e interacções entre esses elementos. A

partir do meta-modelo podem gerar-se modelos para cada área específica da empresa, existindo uma ligação entre o meta-modelo e as suas instâncias (modelos de cada domínio).

3.2.11 - Comentário

Podemos concluir, que o modelo da empresa é algo de muito importante para a organização, mas que também encara sérios problemas no que respeita à sua utilização. Um modelo de uma empresa aparenta ser difícil de implementar para uma organização, mas simultaneamente esta não o pode dispensar se quiser sobreviver e permanecer competitiva, no momento em que existe uma intensa competitividade no mercado a todos os níveis. O rápido crescimento e alteração da tecnologia tem uma acção derivativa na empresa que deve responder com uma acção integrativa através do modelo, sem o qual poderá incorrer em decisões ineficientes e com custos elevados. O modelo é um caminho a seguir para a empresa eficiente e integrada do futuro.

3.3 - O factor-chave: Integração da Informação

Até agora, abordaram-se os conceitos da integração de uma empresa e da modelização desta, mas sem entrar em pormenores quanto à forma como a informação é processada, como se atinge a integração destas e quais os requisitos e soluções possíveis para se atingir tal objectivo. De facto, a visão que se tem da informação tem feito com que esta se tenha tornado num factor cada vez mais importante (senão o mais importante) para a produção e actua sobre esta como um gradiente positivo [Hsu, 91].

3.3.1 - Necessidade da Integração da Informação

Quando a necessidade de adaptação a novas tecnologias, a diminuição dos tempos de produção (maior produtividade), maior flexibilidade e qualidade, se tornam factores primordiais para o sucesso da empresa, surge o problema da integração, no qual a informação desempenha um papel fundamental.

Para se conseguir este objectivo é necessário um progresso maior nas áreas ligadas à gestão e integração da informação[1], à gestão de recursos de conhecimento e de dados, e por último ao

[1] A definição de informação é diferente da definição de dados. Estes devem ser manipulados correctamente e sem erros. A informação embora contendo dados, só necessita de ser compreendida pelo utilizador.

controlo global de múltiplos sistemas. O modelo tradicional baseado na sincronização global para o controlo de múltiplas bases de dados (BD), ou outro tipo de sistemas distribuídos, não tem em conta as necessidades de um elevado volume de dados, processamento em tempo real e de comunicação presentes num ambiente de produção informatizado. Actualmente, este ambiente é caracterizado por um conjunto heterogéneo de hardware e uma grande variedade de aplicações informáticas (*software*), que vão para além do domínio convencional das arquitecturas de computadores existentes.

Foi desenvolvido assim, o conceito de uma meta-base de dados (MBD) que representa uma nova abordagem para se realizar o controlo dos recursos de informação da empresa, de modo a que esta possa acompanhar a evolução e constante crescimento do ambiente complexo em que se encontra inserida [Hsu, 92]. Uma MBD consiste numa base de dados que utiliza meta-dados, incorporando estes numa mesma entidade, dados e conhecimento sobre os dados. Um dos principais requisitos para se abordar de um modo adequado o controlo da informação na empresa é o desenvolvimento de uma nova tecnologia para as MBD's, que contenha informação acerca dos dados da empresa e também sobre a forma como esses dados são utilizados (conhecimento sobre os dados). A MBD vai utilizar este conhecimento de modo a se poder alcançar a integração da informação na empresa.

Um sistema onde se tenha alcançado esta integração vai permitir o acesso a todos os recursos de informação da organização, ajudando-os nas tarefas de concepção, implementação e de controlo da empresa. A informação disponível neste sistema (fig. 3.8) inclui um modelo da informação da empresa que descreve os recursos de dados dos subsistemas locais e suas estratégias de controlo através de regras. O modelo da informação inclui ainda o conhecimento sobre a dinâmica da transferência de informação, i.e., como e quando a informação é compartilhada entre sistemas locais e em que circunstâncias é usada.

O objectivo do modelo da MBD é conseguir realizar este ambiente integrado de informação. Numa MBD realiza-se uma unificação dos dados com o conhecimento (sob a forma de regras) para se assegurar uma gestão eficiente do ambiente distribuído em que esta se encontra integrada. Segundo [Hsu, 92], "a união dos dados e do conhecimento é encarada como sendo o ponto fulcral na integração da informação". Esta união permite que os utilizadores do sistema possam realizar operações sobre a informação da empresa, sem necessitarem de saber detalhes dos subsistemas que a compõem ou de fluxos de informação individuais.

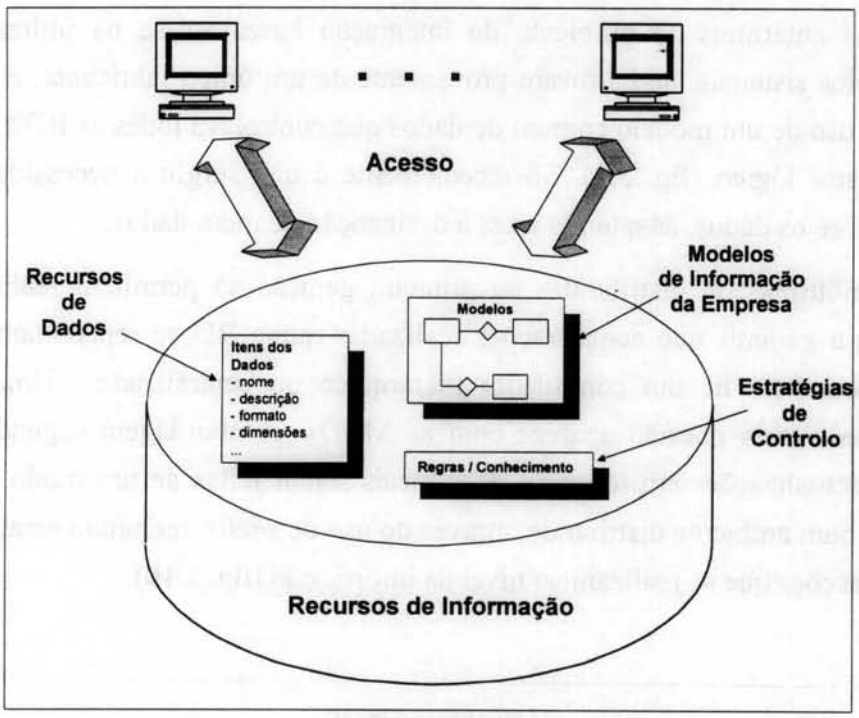


fig. 3.8 - Informação disponível no sistema onde se pretende realizar a integração da informação.

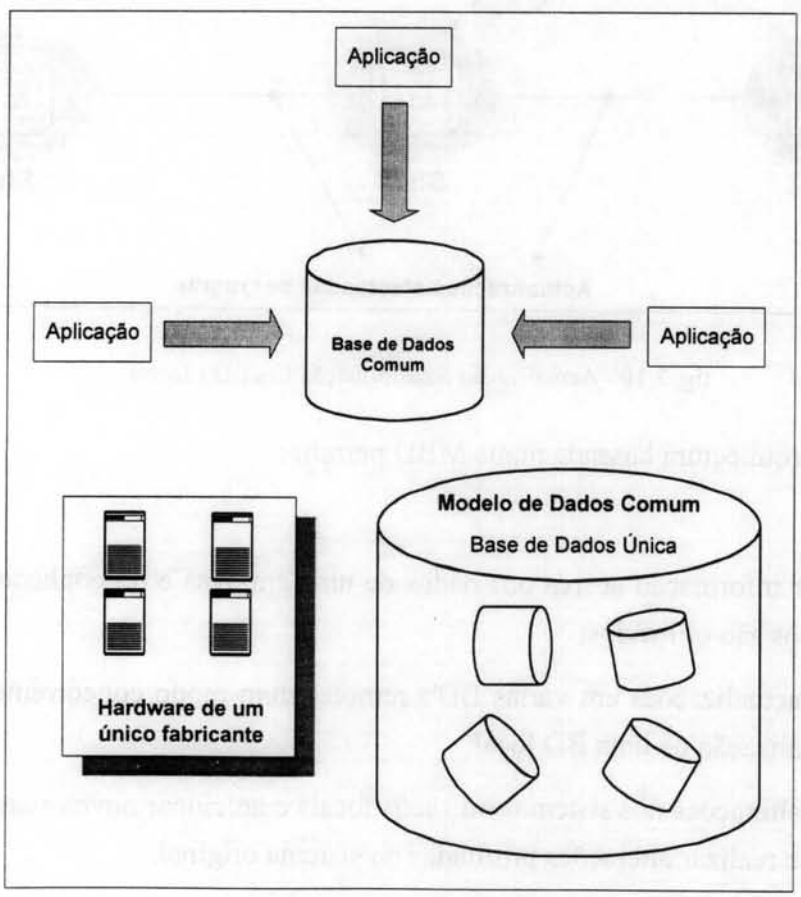


fig. 3.9 - Abordagens ao problema da integração da informação.

Abordagens anteriores ao problema da integração baseavam-se na utilização de BD's comuns para vários sistemas, de hardware proveniente de um único fabricante, e para sistemas heterogéneos no uso de um modelo comum de dados que controlava todas as BD's locais através de um único gestor lógico (fig. 3.9). Só recentemente é que surgiu a necessidade de incluir conhecimento sobre os dados, adaptando estes a designação de meta-dados.

As BD's múltiplas ou distribuídas da primeira geração só permitem realizar leitura da informação e para garantir que actualizações realizadas numa BD se repercutam em todas as outras BD's, necessitam de um controlador hierárquico ou centralizado . Uma forma mais eficiente de abordar esta questão aparece com as MBD's. A abordagem segundo uma MBD permite que as actualizações em todas as BD's locais sejam feitas de um modo concorrente e automático, isto num ambiente distribuído, através do uso de *shells,* incluindo estas as regras que definem as interacções que se realizam ao nível da informação (fig. 3.10).

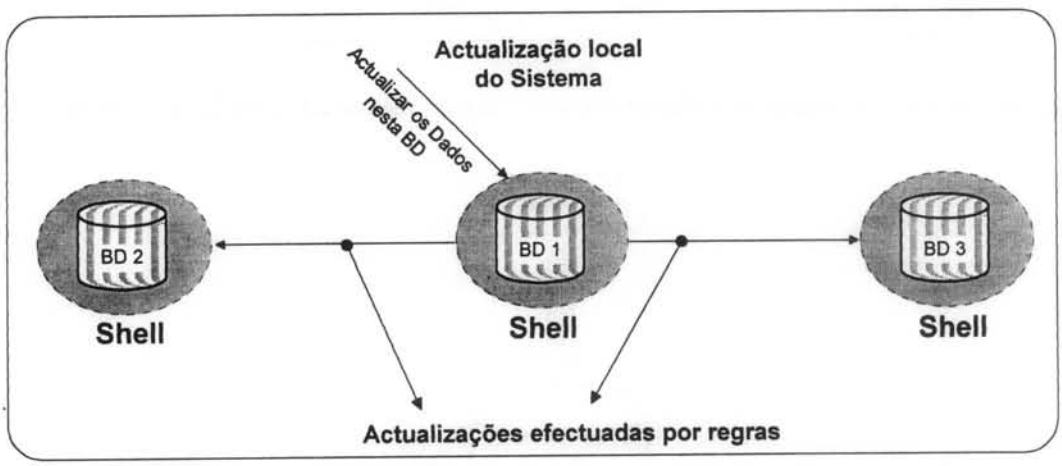


fig. 3.10 - Actualização da informação nas BD's locais

Assim uma arquitectura baseada numa MBD permite:

- Combinar informação acerca dos dados de uma empresa e do conhecimento em como esses dados são utilizados;
- Realizar actualizações em várias BD's remotas dum modo concorrente quando é feita uma actualização de uma BD local;
- Efectuar alterações nos sistemas ou *shells* locais e adicionar novos sistemas sem que se tenham de realizar alterações profundas no sistema original.

O aprofundamento do conceito de uma MBD é feito de seguida através do recurso aos conceitos de meta-dados e às características principais da MBD (arquitectura, concorrência, distribuição e funcionalidade).

3.3.2 - A Função dos Meta-Dados

Neste modelo a implementação da integração de informação na empresa baseia-se na funcionalidade dos meta-dados. Os sistemas anteriores baseados em meta-dados, incluíam na sua constituição sistemas tradicionais de dicionários de dados, tais como o IRDS (*Information Resources Dictionary System*) desenvolvido pelo NIST, e alguns sistemas desenvolvidos pela IBM. Estes sistemas denotavam maior atenção na gestão dos recursos de dados (incluindo o desenvolvimento de aplicações - *software* - através da utilização de ferramentas CASE - *Computer-Aided Software Engineering*) enquanto que os sistemas mais recentes já são concebidos para acomodarem a integração dos dados da empresa.

Para a integração dos sistemas na empresa ser efectuada, a área de abrangência dos meta-dados deve ser alargada. Assim, os meta-dados além de incluírem representações de sistemas de informação, também devem incluir representações de conhecimento dos sistemas. Estas devem compreender, não só os diversos sistemas baseados em conhecimento existentes, mas também representar os contextos funcionais em que os vários subsistemas de informação contribuem para a integração da informação na empresa.

Assim, um modelo de meta-dados deve conter três classes de conhecimento:

- Conhecimento de actividades : compreende os modelos de dados individuais ou (sub)sistemas funcionais (processos, restrições de integridade, etc.);
- Conhecimento de controlo : aplicado a interacções sequenciais entre sistemas que incluem as regras de transferência para todos os dados de um determinado item, e que estejam relacionados com o mesmo elemento lógico mas implementados de forma diferente;
- Conhecimento de decisão : aplicado a interacções paralelas entre sistemas, tais como, a processos de decisões globais e à sua implementação em fluxos de informação, a regras de decisão locais e a procedimentos de controlo;

A maioria dos sistemas baseados em meta-dados não têm em conta estas três classes de conhecimento, pois têm sido na sua maior parte constituídos como dicionários de dados tradicionais. Estes funcionam como ferramentas de ajuda para gestão de sistemas de BD's e também como ferramentas para gestão dos recursos informativos da empresa, de que é exemplo o já citado IRDS.

O conteúdo de um dicionário de dados (os meta-dados) inclui geralmente o esquema informativo da(s) BD(s) que descreve e os respectivos elementos desta(s), isto para facilitar o desenvolvimento de *software* e o controlo da partilha dos dados pelos diferentes programas e sistemas que os utilizam. Assim, a maioria dos sistemas de dicionários de dados encontram-se fortemente ligados às aplicações das BD's, o que faz com que os meta-dados se encontrem ao mesmo nível que os dados primários. Mas existe uma necessidade crescente de um maior nível de gestão e controlo sobre os modelos de informação (meta-dados), não podendo estes estar ao mesmo nível que os dados primários.

O IRDS embora sendo compreensível na sua especificação como um dicionário de dados , não inclui aspectos que agora se tornam vitais para a integração da informação numa empresa, nomeadamente modelos de conhecimento.

3.3.3 - Noção do Conceito MBD

À medida que se deu a evolução nas tecnologias de integração da informação, ocorreu um deslocamento natural da simples gestão de sistemas de informação para uma gestão mais poderosa que permitisse aumentar a eficiência da empresa. Do mesmo modo, surgiu a necessidade de incluir nos sistemas de informação bases de conhecimento das diversas actividades da empresa. Estes novos sistemas foram concebidos e implementados para operarem independentemente, em vez de estarem intimamente ligados a uma BD. Este tipo de sistemas de meta-dados são designados por MBD.

Uma MBD é no fundo um novo tipo de BD que se encontra integrada com uma base de conhecimento. Tem como finalidade satisfazer todo um conjunto de diversos utilizadores na empresa através de uma arquitectura unificada. A MBD satisfaz as necessidades de certos utilizadores que necessitam de aceder e tirar partido dos recursos de informação da empresa. Além disso, constitui um "armazém" de inteligência (conhecimento) que pode ser acedido por vários utilizadores pertencentes a diferentes áreas funcionais, como base para tomada de decisões e para formulação e processamento de interrogações a BD's. Num modo activo em que todos os sistemas interajam uns com os outros, a MBD consegue implementar as três classes de

conhecimento referidas em §3.3.2 e é partilhada por processos (paralelos) e sistemas automatizados para facilitar a integração da informação.

Existem três elementos básicos para o ambiente em que está inserida a MBD, a saber [Hsu, 91]:

- um modelo lógico para definir e representar os dados;
- um dispositivo de armazenamento físico derivado da sua representação;
- um sistema de gestão da MBD que forneça funções para se assegurar a implementação e processamento dos meta-dados duma forma eficiente;

e que compreendem uma integração entre dados e conhecimento.

O conhecimento sobre o modelo de informação que especifica a estrutura, o fluxo e o funcionamento de uma organização também deve estar incluído na MBD. Procura-se assim, atingir uma maior eficiência no desempenho da organização, especialmente quando os sistemas locais funcionam num ambiente heterogéneo.

A concepção do modelo de informação da empresa é um processo baseado em decisões feitas em vários níveis. As representações dos vários sistemas individuais que agrupam as suas funções no contexto da empresa, juntamente com os seus modelos de dados e de conhecimento são de crucial importância para se realizar uma análise e avaliação de todo o sistema, logo devem estar presentes na MBD.

Pode-se então concluir que, um modelo global dos meta-dados deve fornecer uma representação consistente dos vários modelos de dados de conhecimento existentes na empresa. Deve incluir, não só uma lista abrangendo todos os esquemas das BD's , mas mais significativamente especificar os contextos (i.e., conhecimento de actividades, de controlo e de decisão) nos quais funcionam e interagem os sistemas individuais.

A MBD fornece assim, uma estrutura de informação mais consistente para uma organização, uma maior acessibilidade da informação para a tomada de decisões e uma maior eficiência na manipulação dos dados.

3.3.4 - O Sistema da MBD

3.3.4.1 - Arquitectura

O sistema da MBD (fig. 3.11) é constituído pela própria MBD, pelo Sistema de Gestão da MBD (SGMBD), pelo *Software* de Modelização da Informação (SMI), e pelo *Software* de Interface e Controlo (SIC). De seguida descreve-se cada uma das partes constituintes.

MBD

A MBD tem como função o armazenamento de informação acerca da estrutura e funções dos vários programas de aplicações locais da empresa, os seus modelos funcionais e de informação, as suas BD's, as suas interacções e a dinâmica de informação da empresa. A MBD deve ser estruturada de acordo com um método unificado de representação dos meta-dados. Dado o método ser genérico, a estrutura da MBD também o é, e se houver necessidade de introduzir novos modelos de informação ou alterar os existentes, não será necessário modificar a MBD, pois as alterações poderão ser facilmente introduzidas através de transacções de meta-dados.

SGMBD

O SGMBD constitui a interface do utilizador com a MBD e realiza os processamentos necessários para criar, manter e utilizar a informação existente na MBD.

SMI

O SMI consiste numa ferramenta de *software* que é responsável por ajudar os utilizadores na concepção de sistemas de informação da empresa e na criação de um dicionário consistente de recursos de informação. O dicionário constitui a fonte dos meta-dados num ambiente automatizado, embora os meta-dados possam ser fornecidos à MBD de uma forma directa.

SIC

O SIC é uma aplicação que permite a implementação do conhecimento acerca das interacções de informação entre os vários sistemas e subsistemas. Realiza a gestão das *shells* distribuídas da arquitectura concorrente (ver em §3.3.1 a fig. 3.10) de acordo com as alterações

na MBD. Também é responsável pela monitorização do comportamento dos sistemas locais e pelas comunicações entre eles.

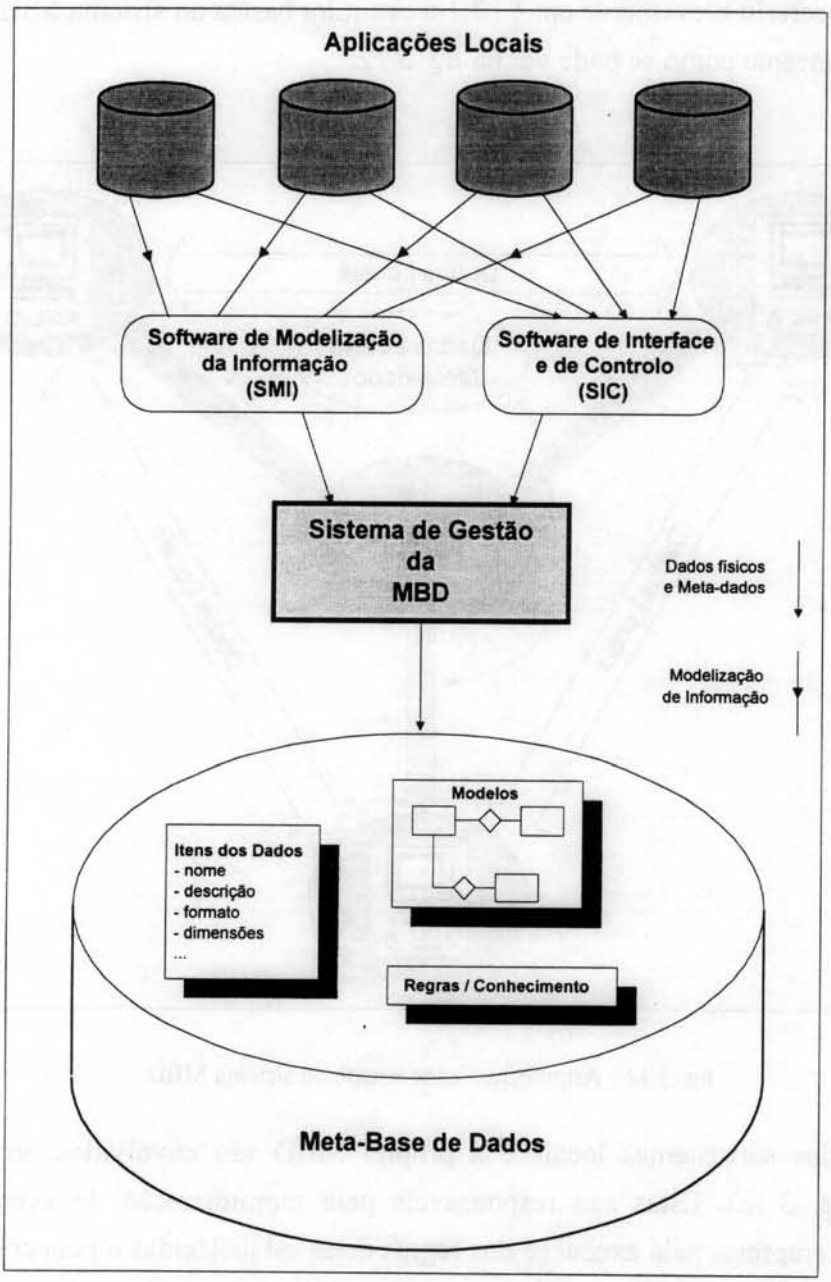


fig. 3.11 - Arquitectura do sistema da MBD.

Assim pode-se dizer que o SIC esconde dos utilizadores os sistemas locais, fornecendo um comportamento lógico e uniforme para os diversos sistemas como um todo, sem no entanto intervir nas operações locais.

A Arquitectura Concorrente

Como já se referiu brevemente em §3.3.1 a estrutura básica do sistema MBD assenta numa arquitectura concorrente como se pode ver na fig. 3.12.

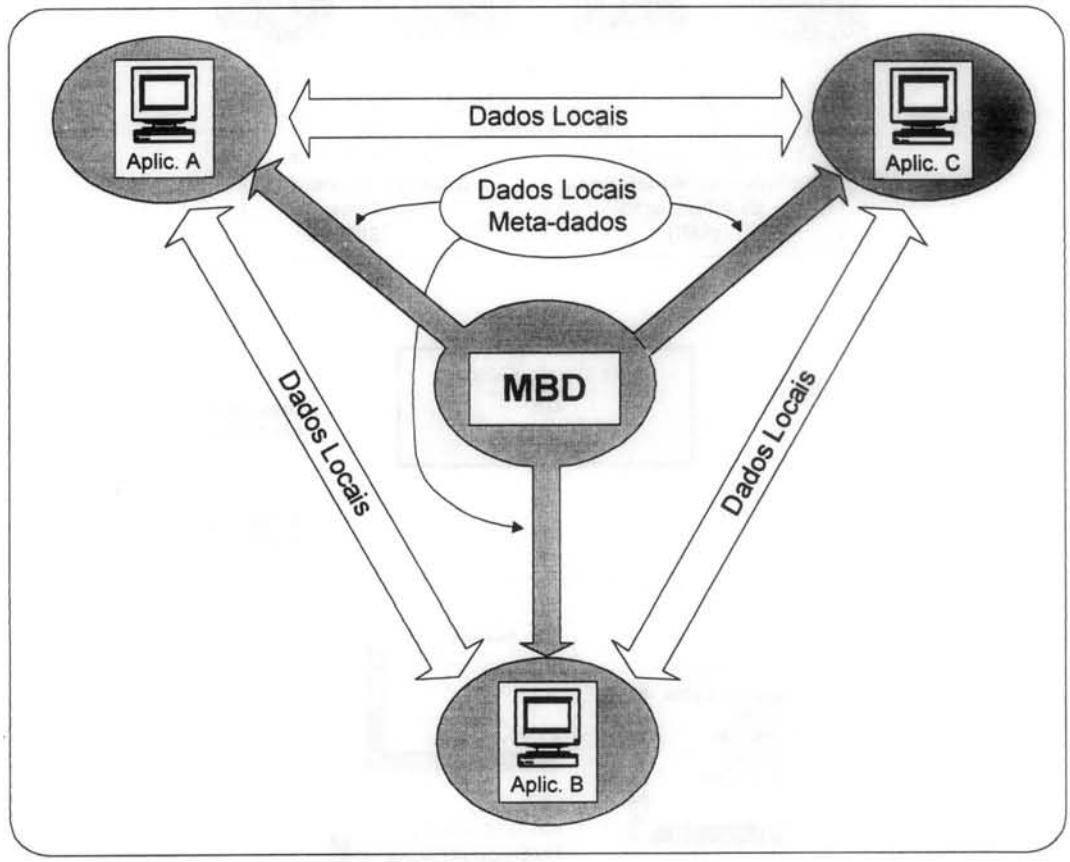


fig. 3.12 - Arquitectura concorrente do sistema MBD.

Cada um dos subsistemas locais e a própria MBD são envolvidos por uma *shell* de *software* (ver fig. 3.13). Estas são responsáveis pela monitorização de eventos que sejam relevantes para a empresa, pela execução das regras nelas estabelecidas e pela comunicação com outras *shells*. As *shells* podem ser concebidas e implementadas para cada aplicação local sem ser necessário introduzir alterações no *software* do sistema local.

Assim, existe uma interacção entre os sistemas locais e de um modo paralelo, interacção esta que é realizada segundo as regras próprias de cada *shell* (localizadas numa BD local). É assim conseguida uma autonomia local das aplicações, uma arquitectura aberta e uma adaptabilidade global.

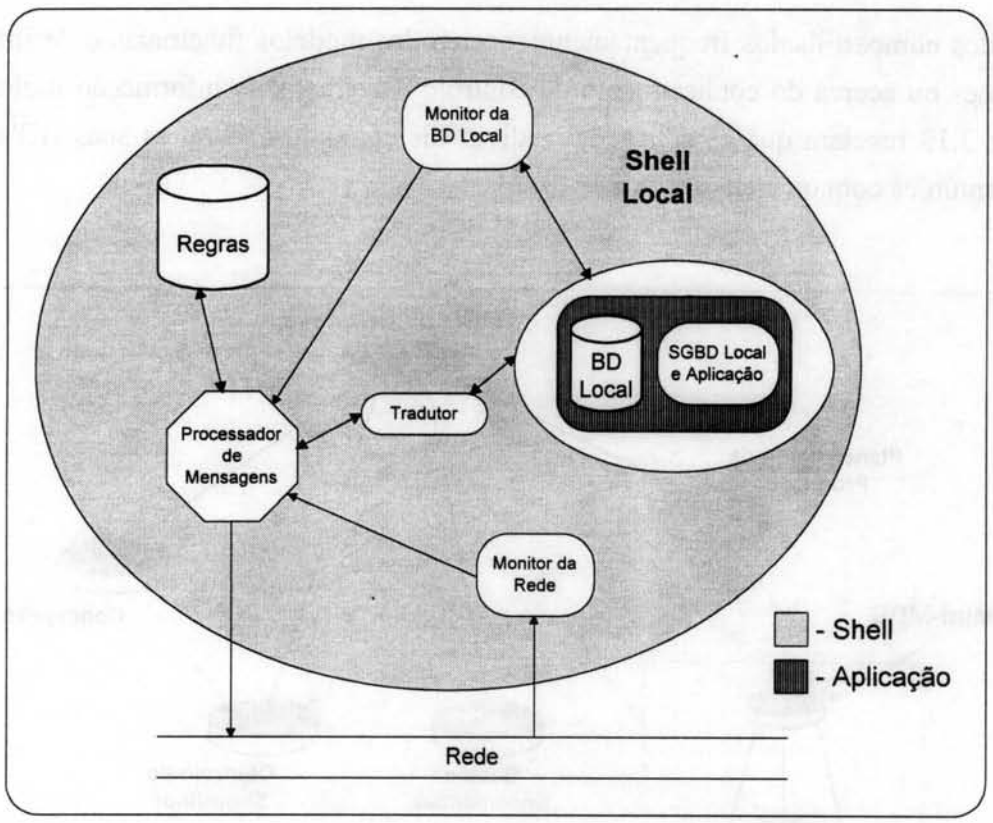


fig. 3.13 - Detalhe da *shell* que envolve as BD's locais.

3.3.4.2 - MBD Distribuída

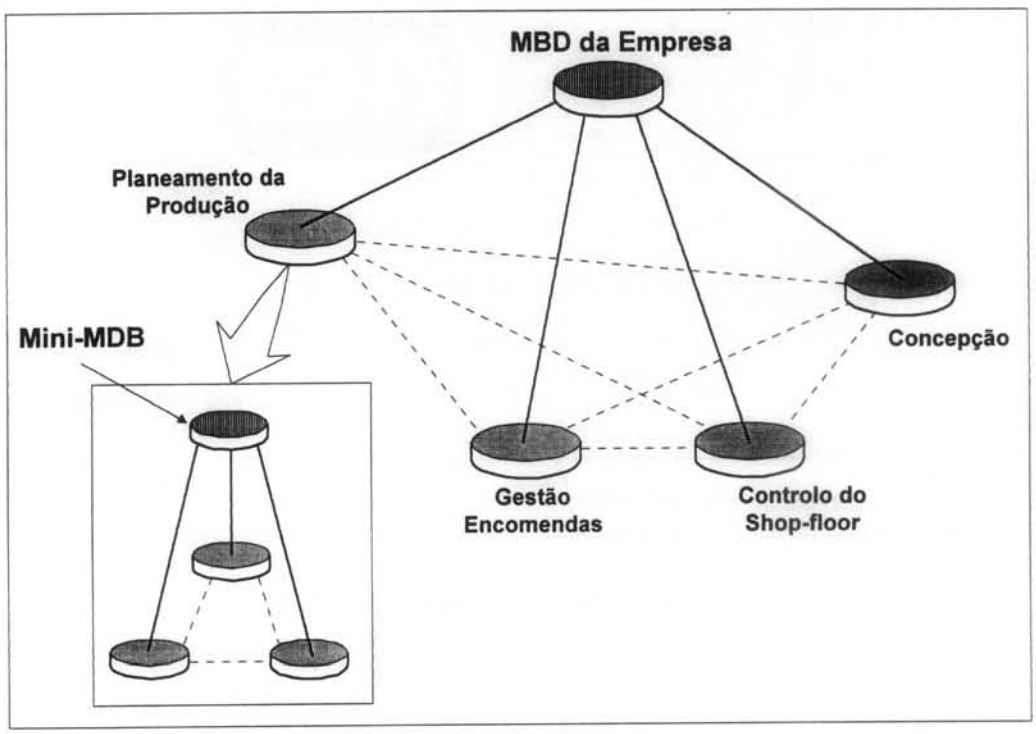
No caso de um sistema de grandes dimensões a MBD pode ser distribuída de tal modo que, as várias aplicações podem ser vistas ou representadas como mini-MBD's (fig. 3.14). Esta pode então ser representada na MBD principal como uma gateaway da aplicação que representa.

3.3.4.3 - Funcionalidades

A funcionalidade do sistema que compreende a MBD passa pela existência de três modos: passivo, semi-activo e activo.

Modo Passivo

Neste modo o sistema da MBD desempenha o papel de um armazém de informação acerca da informação em cada uma das várias aplicações. A MBD pode ser interrogada sobre a informação acerca da localização e concepção de recursos informativos na empresa, acerca de



itens de dados compartilhados frequentemente, acerca dos modelos funcionais e de informação das aplicações ou acerca do conhecimento de controlo. Os fluxos de informação indicados nas figs. 3.12 e 3.13 revelam que as aplicações individuais comunicam com as suas BD's e que o SGMBD comunica com os meta-dados na MBD.

fig. 3.14 - MBD distribuída.

Modo Semi-Activo

Quer através deste modo. quer através do modo activo, o SGMBD pode interactuar com as aplicações locais, permitindo assim que se façam interrogações globais sobre as aplicações e realizando também a integração do sistema.

A funcionalidade deste modo é conseguida com um sistema de interrogações que pode obter dados das aplicações locais, através da informação armazenada na MBD. O SGMBD pode ainda gerar interrogações a várias BD's locais e depois agrupar as respostas caso a informação requerida esteja distribuída pelas BD's locais.

Modo Activo

Aqui o SGMBD comunica com as aplicações na empresa e com a MBD através das *shells*. Estas são implementadas sobre as aplicações locais de modo a que estas não tenham que ser modificadas para poderem interagir com o sistema da MBD. Do mesmo modo sobre a MBD também é implementada uma *shell* para assegurar a coordenação com as *shells* das aplicações.

Neste modo, quando é realizada uma actualização local, as regras que estão incorporadas na *shell* vão controlar as actualizações que devem ser realizadas nas outras BD's locais. Estas podem ser actualizadas quer por comandos locais de dados e meta-dados quer por comandos locais entre *shells*.

3.3.5 - Comentário

À medida que a informação se tornou num factor decisivo para o sucesso de uma empresa em todos os níveis, a sua integração assumiu um papel cada vez mais preponderante no desenvolvimento das tecnologias de informação. Surgiu a necessidade de manipular e controlar informação cada vez mais complexa e de uma forma cada vez mais eficiente, pois aumentavam os requisitos quanto à capacidade de resposta dos sistemas. As BD's tradicionais já não conseguiam dar resposta à constante evolução das tecnologias. Assim, aparece o conceito de meta-dados e seguidamente o de MBD's que incluem informação sobre os dados e também conhecimento sobre os mesmos, tornando-se num conceito muito poderoso para se obter a integração da informação.

A arquitectura concorrente do sistema da MBD permite efectuar trocas de informação que agrupam simultaneamente dados e conhecimento, permite a automatização das actualizações num sistema distribuído sem a utilização de um gestor centralizado de informação e fornece ainda uma arquitectura de sistemas abertos (sendo a MBD o nível superior do sistema). A MBD incorpora modelos dos sistemas antigos, novos, ou que tenham sido alterados, na sua estrutura genérica e integrada e implementa, actualiza e gere as *shells* distribuídas de acordo com os modelos.

A implementação de uma MBD constitui assim, um ponto fundamental para se conseguir realizar a integração da informação numa empresa.

3.4 - Utilização de Ontologias numa Empresa

Como se tem vindo a referir, os sistemas de informação têm vindo a desempenhar um papel cada vez mais activo na gestão das actividades da empresa. Em consequência disso, as exigências para com estes também têm vindo a aumentar.

Em §3.1 e §3.2 discutiram-se os conceitos de integração e de modelização de uma empresa, respectivamente. A integração de uma empresa tem como objectivo aumentar o desempenho de todos os processos presentes na empresa, através de uma eficiente coordenação de todos os agentes envolvidos. No entanto, isto só é possível se existirem representações abstractas (i.e., modelos) dos agentes e suas interacções. É aqui que se enquadra o conceito de modelização da empresa. Este consiste em recolher qual a informação mais relevante para o funcionamento da empresa e além disso, especificar o contexto organizacional no qual ocorre a integração dos dados e dos vários sistemas. A integração de uma empresa baseia-se numa arquitectura global para implementar a integração que tem como componente a caracterização da empresa. Ora esta é realizada exactamente pela modelização.

Em §3.3 voltou-se a abordar o conceito de integração mas agora com maior ênfase ao nível da informação, apresentando-se uma solução para a implementação baseada numa meta-base de dados integrada num sistema com uma arquitectura concorrente.

Mas ainda não é atingido o objectivo inerente à integração.

A maioria dos sistemas de informação que suportam as funções da empresa foram criados independentemente uns dos outros, o que origina três dificuldades [Fadel, 94]:

- As funções são baseadas em representações diferentes (i.e., diferentes representações do mesmo conhecimento da empresa) e assim não podem partilhar o conhecimento;
- As representações foram concebidas sem uma adequada especificação para o significado da terminologia usada (semântica), logo as interpretações e a utilização do conhecimento são inconsistentes;
- As representações pecam pela falta de uma capacidade dedutiva, tendo como consequência um esforço suplementar por parte dos utilizadores que têm de implementar (programar) funções novas para as tarefas requeridas.

A solução para se conseguir realizar a integração entre as diferentes funções da empresa é ter o conhecimento da empresa expresso com o mínimo de pré-informação sobre a aplicação em causa. O principal objectivo da ontologia é permitir a união das funções da empresa, do seu conhecimento respectivo e das ferramentas. Dito de outro modo, a ontologia comporta-se como um protocolo para gerir as entradas, saídas e a comunicação de informação, estabelecendo ao mesmo tempo um modo eficiente de coordenação e comunicação entre as diferentes unidades organizacionais que constituem a empresa. Consequentemente, uma ontologia fornece uma representação de base para os agentes da empresa e uma linguagem standard para comunicação, permitindo a troca de informação e de conhecimento entre diferentes utilizadores, processos e sistemas.

3.4.1 - O Conceito de Ontologia - Definição

A definição do que é uma ontologia não é uma tarefa trivial apesar do crescente interesse que o conceito vem despertando. Um dos problemas advém de que o conceito ainda não está estabilizado. O termo tem origem na filosofia na qual é utilizado para estudar a realidade e os elementos, independentemente do conhecimento que temos deles [Fraser, 94].

Existem várias definições mais ou menos consistentes do termo ontologia, nomeadamente:

- Segundo [Grüninger, 95b] é uma descrição formal das entidades que formam uma empresa e das suas: propriedades, relações, restrições e do seu comportamento;
- Segundo [Grüninger, 94a] é uma descrição formal das entidades e das suas propriedades constituindo uma terminologia partilhada para os elementos de interesse no domínio de aplicação, em conjunto com definições acerca do significado de cada um dos termos;
- Em termos de inteligência artificial (AI) é uma descrição explícita de como um sistema baseado em conhecimento deve ser dividido em elementos e relações específicas [Mark, 94];
- Em [Gruber, 93] vem definida como sendo uma especificação explícita de uma conceptualização;
- Segundo [Dic. 1] consiste numa especificação formal e explícita de como representar os elementos, conceitos e outras entidades que existem numa determinada área de interesse e as relações existentes;

- Segundo [Dic. 2] é uma determinada teoria acerca da natureza e das relações do ser ou dos tipos de existência.

Num sistema o que "existe" é o que pode ser representado de alguma forma. Quando o conhecimento acerca de um determinado domínio é representado numa linguagem declarativa, o conjunto de elementos que pode ser representado é designado de universo de discurso. Pode descrever-se a ontologia de uma determinada aplicação através da definição de um conjunto de termos representativos. As definições associam os nomes das entidades no universo de discurso (classes, relações, funções, processos e outros elementos) com axiomas que restrinjam as interpretações e o uso dos termos e a descrições textuais que possam ser interpretadas por pessoas e que descrevam o significado de cada nome. Formalmente, uma ontologia é uma exposição de uma teoria lógica [Dic. 1].

Um conjunto de agentes (actividades, processos, pessoas, programas, etc.) que partilhem a mesma ontologia poderão comunicar entre si num domínio de discurso. Não é, no entanto necessário que funcionem sobre uma mesma teoria global partilhada. Um agente compromete-se com uma ontologia se as suas acções são consistentes com a definição da ontologia. Esta ideia é baseada na perspectiva de nível de conhecimento [Dic. 1].

Uma característica necessária da ontologia é que esta consiga exprimir ou incorporar uma determinada visão da realidade, ou seja, uma perspectiva, uma forma de classificar um aspecto natural ou artificial do mundo. A visão da realidade (incluída na ontologia) é muitas vezes concebida como um conjunto de conceitos (entidades, atributos, processos, etc.), as suas definições e as suas interrelações.

Qualquer parte de uma aplicação (*software*) constitui uma visão da realidade do domínio de aplicação. Normalmente, esta visão da realidade está implícita e só existe na mente das pessoas que desenvolvem ou utilizam a aplicação. Mas não fica definida exactamente qual é a visão da realidade e surgem problemas quando termos semelhantes são usados em contextos diferentes. Assim, podem surgir ambiguidades e torna-se necessário saber qual a visão em que é baseada a aplicação.

A ontologia fornece o vocabulário para a definição precisa dos termos e implica que os seus utilizadores fiquem ligados intimamente às definições nela incluídas.

Pode-se ainda considerar que uma ontologia é uma peça fundamental de um sistema baseado em conhecimento, pois especifica de um modo formal os termos a partir dos quais a base de conhecimento é elaborada. Mas o conceito de ontologia não se restringe somente a um conjunto de termos. As relações existentes entre os termos da ontologia implicam a existência de

uma organização para a base de conhecimento. Assim, quando devidamente concebida e representada a ontologia fornece uma arquitectura para a base de conhecimento constituindo assim, um suporte para o seu desenvolvimento e evolução [Mark, 94].

3.4.2 - Função da Ontologia

A principal função da ontologia é fornecer um meio para a comunicação, nomeadamente entre [Uschol et all, 95a]:

- pessoas com funções diferentes, incluindo utilizadores e programadores, através de áreas, e de empresas diferentes;
- pessoas e sistemas computacionais implementados na empresa;
- diferentes sistemas computacionais implementados na empresa.

Mas também deve funcionar como um apoio na:

- aquisição, representação, e manipulação do conhecimento da empresa. Isto é conseguido através da definição e implementação de um núcleo consistente de conceitos básicos e de construções de linguagem;
- estruturação e organização de "bibliotecas" de conhecimento;
- explicação dos princípios de controlo das entradas e saídas dos módulos do conjunto de ferramentas da empresa.

3.4.3 - Vantagens

Uma característica que é considerada muito importante num determinado componente de um sistema é este ser reutilizável. Na área ligada às tecnologias da informação, a reutilização da tecnologia (métodos e técnicas) e as aplicações resultantes (modelos ou *software*) leva a uma diminuição dos custos e do tempo necessário ao seu desenvolvimento. Segundo [Fraser 94], a concepção de *software* com o intuito de ser reutilizável exige um maior esforço do que concebê-

lo normalmente sem essa intenção em vista. Assim, deve ter-se sempre em conta se a reutilização compensa o esforço adicional que é necessário efectuar.

Podem recolher-se benefícios consideráveis da reutilização quando aplicada à modelização de empresas. Como já foi mencionado em §3.2.3 um modelo de uma empresa pode ter várias funções tais como, servir de base para efectuar a reengenharia de processos, estabelecer os requisitos para sistemas de informação, ou até especificar sistemas de gestão global da organização.

A reutilização dos modelos é um dos requisitos apontados para a concepção do modelo (ver §3.2.6). Para se alcançar este objectivo pode recorrer-se ao uso de uma ontologia. Na primeira ICEIMT, um grupo de trabalho estabeleceu uma relação entre a modelização e as ontologias [Fraser, 94], segundo a qual:

- O processo de modelização consiste em modelizar as actividades da empresa com vista a obter a sua integração, tendo como saídas ontologias genéricas, ontologias específicas a um domínio e modelos. O processo inclui ainda em simultâneo, a concepção de ontologias e de modelos, assim como a integração destes com vista à integração da empresa.

Para além da reutilização existem outras razões para a utilização de ontologias na integração de uma empresa:

- suporte adicional para a comunicação;
- actuar como um intérprete semântico entre vários dicionários de informação de modo a que as conexões possam ser identificadas;
- eliminação de redundâncias;
- resolver conflitos provenientes de informação com conteúdo desnecessário ou perdido.

A utilização das ontologias é uma abordagem relativamente nova aplicada a um modelo da empresa e no desenvolvimento de *software*, mas o seu valor já foi demonstrado em outras áreas como a integração de dados e a gestão de bibliotecas de informação. Existem projectos que estão em curso sobre ontologias, nomeadamente: KSL [Gruber, 93a], TOVE [Fox, 94] [Fox, 92b] e SHADE [McGuire et all, 93], e acredita-se que as ontologias irão beneficiar a empresa em termos

de redução de custos. Faltam ainda referir dois aspectos das ontologias: como podem ser construídas e qual a sua utilização como suporte para a modelização de uma empresa.

3.4.4 - Construção de Ontologias

Ainda não existe um método que seja aceite na generalidade para a construção de uma ontologia, mas há uma larga experiência na sua construção. A bibliografia que descreve assuntos relacionados com ontologias está preocupada principalmente em responder a questões do tipo: o que é uma ontologia? para que são usadas? qual é o seu conteúdo específico? quais as linguagens utilizadas para as representar? quais as ferramentas para as construir? entre outras. Existem artigos descrevendo a forma como se deve construir uma ontologia, mas até agora não existe nenhuma especificação formal para uma metodologia geral para a construção de ontologias. No entanto, alguns passos significativos nesta direcção são descritos em :

- um artigo que examina os princípios para a concepção de ontologias [Gruber, 93b];
- [Uschold, 95b] que propõe um conjunto de requisitos a ser seguido por uma metodologia para a construção de uma ontologia;
- [Grüninger, 95b] onde se descreve uma metodologia para a concepção de ontologias e se fornece uma estrutura para avaliar a sua adequabilidade;
- [Fox, 95], [Grüninger, 94a], [Grüninger, 94b] onde se define a competência de uma ontologia.

Uma actividade fundamental no desenvolvimento de ontologias, e na modelização de um modo mais geral, é a identificação dos aspectos do mundo real que são mais relevantes, a sua definição e a elaboração de termos que lhes são atribuídos. Se tivermos uma visão do mundo real como um conjunto de elementos incluídos num universo de discurso, então a actividade acima descrita pode ser encarada como uma escolha e definição de categorias dos elementos inseridos no universo. Um aspecto importante é a generalidade ou inversamente, o nível de detalhe das categorias seleccionadas.

Para a construção de uma ontologia, a metodologia a utilizar deve ter uma estruturação que permita a sua fácil compreensão. Assim, essa estruturação poderá ser feita seguindo as seguintes etapas e subetapas:

- Identificação do objectivo da ontologia;
- Construção da ontologia:
  - aquisição;
  - codificação;
  - integração de ontologias existentes;
- Avaliação;
- Documentação.

Deve incluir-se ainda uma descrição de quais foram as técnicas, os métodos e os princípios utilizados em cada etapa e ainda quais as relações que existem entre as etapas. A seguir definem-se quais as principais características de cada etapa.

3.4.4.1 - Identificação do Objectivo

Torna-se importante clarificar os motivos que levam ao desenvolvimento de uma ontologia, quais os seus contextos de aplicação e quem (ou o quê) a vai utilizar. Estes motivos têm origem em determinadas situações (i.e., aos problemas inerentes às situações) que surgem no contexto de uma aplicação. Estas por sua vez, também fornecem um conjunto intuitivo de soluções possíveis para os problemas, além de estabelecerem uma primeira ideia das semânticas pretendidas para os elementos e relações que serão incluídos na ontologia [Grüninger, 95b].

Na fase preliminar da construção de uma ontologia devem descrever-se as situações que a motivaram, assim como o conjunto de soluções pretendidas para os problemas que surgem na situação. Isto torna-se necessário, de modo a fornecer uma fundamentação para os elementos na ontologia, particularmente em casos onde existem diferentes elementos em diferentes concepções para a mesma ontologia. Ao identificar-se uma situação está-se a clarificar quais os motivos que levaram à construção da ontologia em termos da sua aplicação prática.

Os objectivos de uma ontologia (a sua aplicação prática) diferem consoante a situação que motiva o seu desenvolvimento:

- Muitas vezes o objectivo é a sua reutilização;

- A natureza do *software* no qual vai ser utilizada a ontologia. Se esta vai ser partilhada por um pequeno grupo e reutilizada nesse contexto para várias aplicações ou então se vai ser reutilizada por um grupo maior;
- Um meio para realizar a estruturação de uma base de conhecimento ou então para ser utilizada como parte da base de conhecimento.

Um óbvio contexto de aplicação de uma ontologia consiste na ajuda a responsáveis pela modelização e desenvolvimento de aplicações para que usem termos que são consistentes e aceites na generalidade. Um dos maiores desafios que se colocam é utilizar as ontologias para a integração de aplicações já existentes e de bases de informação. Como se irá descrever em §3.4.5, a perda de detalhe torna-se inevitável quando se convertem os termos da informação e serviços existentes de, e para, os termos da ontologia.

3.4.4.2 - Construção

Aquisição

Entende-se pela aquisição da ontologia:

- A identificação dos conceitos e relações principais no domínio de interesse, i.e., identificação do âmbito da ontologia;
- elaboração de definições precisas e não ambíguas para tais conceitos e relações;
- identificação de termos que se refiram aos conceitos e relações;
- concordar com os três últimos pontos.

Nesta etapa há que considerar o campo referente à aquisição de conhecimento, mas a aquisição da ontologia só abrange o nível de conhecimento, i.e., é independente de uma linguagem de codificação.

A escolha de um método para realizar a aquisição da ontologia deve incluir os seguintes critérios:

- abrangência/completação: número de passos do processo de aquisição que são abordados;
- nível de detalhe: os itens são abordados em níveis correctos e/ou de detalhe múltiplo;
- curva de aprendizagem: facilidade de aprendizagem.

Codificação

Pela codificação entende-se a representação explícita da conceptualização adquirida na subetapa anterior, numa linguagem formal. Este processo involve a ligação a uma meta-ontologia, a escolha de uma linguagem de representação e a criação do código.

Muitas vezes, a codificação e a aquisição fundem-se num único passo. Isto pode estar correcto para alguns casos, mas de um modo geral é mais benéfico ter estas duas subetapas separadas.

O critério apresentado por [Gruber, 93b] para a concepção de ontologias é muito importante para estas duas subetapas e deve ser integrado na metodologia de construção de uma ontologia.

Como uma ontologia é uma espécie de base de conhecimento, existem várias metodologias que podem constituir uma base de apoio. Uma metodologia que fosse bem definida estabeleceria as diferenças entre o que se aplica para o caso da construção de uma ontologia e para o caso de uma base de conhecimento. Ainda ajudaria a clarificar quais as circunstâncias em que se pode realizar a fusão entre as subetapas da aquisição e da codificação.

A escolha da linguagem de representação deve ter em conta os seguintes critérios [Uschold, 93b]:

- clareza de conceitos;
- distância conceptual: medida da "proximidade" entre as primitivas semânticas e a noção que os utilizadores da linguagem têm dos conceitos a representar;
- poder de expressão: vai representar os conceitos que efectivamente se necessitam;
- conformidade com standards actuais ou futuros (ISO);
- portabilidade;
- existência de métodos para utilizar a linguagem;
- existência de uma semântica formal para auxiliar na verificação da consistência;

- flexibilidade.

Integração de Ontologias Existentes

No decorrer de ambas, ou de cada uma das subetapas anteriores, coloca-se o problema de como utilizar ontologias que já existam na empresa. De um modo geral é um problema difícil e o fornecimento de direcções e ferramentas para esta área constitui um dos maiores desafios na concepção de uma metodologia compreensível. Um modo de atacar este problema consiste em conseguir atingir um nível elevado de concordância comum, pois só assim é que várias ontologias podem ser partilhadas entre vários utilizadores. Para isto, deve fazer-se com que todos os pressupostos subjacentes à ontologia sejam explicitados.

3.4.4.3 -Avaliação

Num contexto de partilha de conhecimento, deve-se realizar a avaliação da ontologia, do ambiente de *software* associado e da documentação, em relação a uma estrutura de referência. Esta deve ser constituída por uma especificação de requisitos, por questões de competência e pelo mundo real.

3.4.4.4 - Documentação

Um dos maiores entraves para uma eficiente partilha do conhecimento é a não existência de documentação adequada sobre as ontologias e bases de conhecimento existentes na empresa. Devem-se, portanto, estabelecer linhas de acção para a elaboração de documentos sobre as ontologias, tendo em atenção o tipo e o objectivo desta. Neste processo devem-se apontar todos os pressupostos importantes, não só acerca dos conceitos principais definidos na ontologia, mas também acerca das primitivas que foram usadas para expressar as definições nesta (o que constitui a meta-ontologia).

É ainda necessário elaborar um documento que defina os termos da ontologia numa linguagem natural, i.e., realizar a aquisição da conceptualização. Este processo engloba duas funções:

- elaborar uma especificação de requisitos para codificar a ontologia;

- elaborar documentação apropriada para pessoas que não sejam especialistas no assunto.

Voltando ao inicio da secção (§3.4.4), conclui-se que devem definir-se vários termos e uma estratégia de sequenciamento a realizar. Utilizando uma estratégia do tipo *top-down* obriga à utilização inicial de um reduzido numero de termos gerais o que pode conduzir a imprecisões. Uma estratégia *bottom-up* leva a uma definição inicial de um elevado número de termos detalhados, com o risco de alguns deles não serem relevantes no fim do processo. A solução é optar por uma estratégia de compromisso que aparentemente diminuirá os problemas mencionados. Definem-se os conceitos básicos antes dos super e subconceitos. As vantagens desta estratégia são as seguintes:

- Os conceitos básicos aparentam ser os mais importantes. Este facto faz com que sejam necessárias menores revisões aquando da definição de outros conceitos;
- Os conceitos não-básicos são definidos normalmente a partir dos básicos;
- Isto vem aumentar a legibilidade do documento, especialmente para as pessoas não especialistas no assunto.

3.4.5 - Ontologias e Modelização de uma Empresa

Um dos pontos de interesse na modelização de uma empresa é a gestão da evolução ou das alterações. A visualização e a compreensão das actividades complexas da empresa permite identificar e abordar as áreas que podem estar a reduzir o desempenho da empresa. A modelização da empresa permite:

- concentrar a atenção nas áreas que se podem alterar;
- saber o desempenho actual das áreas;
- como podem ser optimizadas;
- se alterações realizadas podem causar impacto em outras áreas.

Uma característica desejada para o modelo é que seja reutilizável. É muito importante existirem estruturas de informação que as pessoas possam partilhar (para comunicação, para

consistência e para compreensão) e ainda a existência de métodos partilhados para tarefas dedicadas. Conjuntamente, as estruturas de informação partilhadas e os métodos partilhados constituem uma perspectiva comum de um determinado domínio.

As ontologias definem uma visão comum do mundo, aceite na generalidade, sobre a qual os modelos da empresa são implementados. A informação nos modelos encontra-se tipicamente distribuída em vários "armazéns" (bases de dados, bases de conhecimento e modelos de outros tipos) cujos vocabulários (termos e suas definições) podem diferir das ontologias. Assim, são necessários tradutores para mapear a informação de, e para os termos nas ontologias. Existe necessariamente uma perda de informação em algumas das traduções e não é claro se a perda desta informação é suficientemente grave para se porem dúvidas quanto ao uso das ontologias [Fraser, 94].

Do mesmo modo, serão necessários tradutores para permitir aos utilizadores dos modelos desempenharem as funções referidas em §3.2.4.8. Deverá existir um nível de apoio à execução de tarefas para o utilizador, que lhe permita compreender e executar as actividades necessárias para uma determinada tarefa:

- formulação de um plano estratégico (gestor);
- sequenciamento de tarefas (operário);
- análise de situação de avaria (analista);
- etc.

A ontologia (aplicada a uma empresa) fornece uma base para integrar o que é actualmente um conjunto disperso de técnicas e ferramentas de modelização. Esta base é "semântica", pois ajuda na clarificação do significado dos termos que são utilizados. Ao possuir propriedades claramente especificadas facilita a concepção de novas técnicas e ferramentas de modo a integrá-las facilmente com as já existentes [Fraser, 95]. A integração de ferramentas computacionais também requer uma infraestrutura para a comunicação de mensagens entre as ferramentas e um meio de mapear as necessidades dos utilizadores para os pedidos das ferramentas. A primeira pode ser implementada através do conceito de agente ou de objecto, e a segunda através de um gestor de tarefas (nível de apoio à execução de tarefas).

Através da aplicação das ontologias a uma empresa e conjuntamente com o modelo desta, pode estabelecer-se um conjunto de ferramentas que ajudarão na aquisição dos aspectos principais da empresa e na análise destes para identificar e comparar opções que vão satisfazer os

requisitos da empresa. Este conjunto de ferramentas irá fornecer um apoio na execução de tarefas por parte dos utilizadores, ajudando-os a desempenhar as actividades relacionadas com a modelização da empresa e conduzindo-os através das funcionalidades fornecidas pelas ferramentas. Estas funcionalidades permitirão:

- a aquisição e descrição de uma empresa (os seus processos, estratégias, estrutura organizacional, recursos, objectivos, restrições e contexto);
- a especificação dos problemas/requisitos das várias actividades da empresa de um modo consistente com a ontologia:
- a identificação e avaliação das soluções optativas e concepções alternativas e caminhos de implementação nos níveis estratégico, táctico e operacional;
- a elaboração de representações para a definição de métricas relevantes e de ajudas sofisticadas para simulação.

Na fig. 3.15 pode ver-se uma visão global do conjunto de ferramentas, permitindo visualizar como as ontologias são utilizadas como suporte do modelo da empresa.

3.4.6 - Comentário

Uma ontologia da empresa representa uma descrição formal das entidades que a formam e das suas: propriedades, relações, restrições e do seu comportamento, constituindo uma terminologia partilhada para os elementos de interesse na empresa (domínio de aplicação), em conjunto com definições precisas acerca dos significados de cada um dos termos.

Para se conseguir realizar a integração entre as diferentes funções da empresa a informação presente nesta deve ter por base estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os agentes que a utilizam. O principal objectivo da ontologia é permitir a união das funções da empresa, quer a nível de pessoas quer a nível de sistemas computacionais, do seu conhecimento e das ferramentas. Uma das suas principais vantagens é a possibilidade de se recorrer ao seu uso para a construção de modelos da empresa reutilizáveis.

São descritos os principais passos a seguir para a sua construção. Por fim é referida a sua aplicabilidade na empresa, conjuntamente com o modelo desta. Assim, uma ontologia fornece uma representação de base para os agentes da empresa e uma linguagem (sintaxe e semântica)

normalizada para a troca de informação e de conhecimento entre diferentes utilizadores, processos e sistemas.

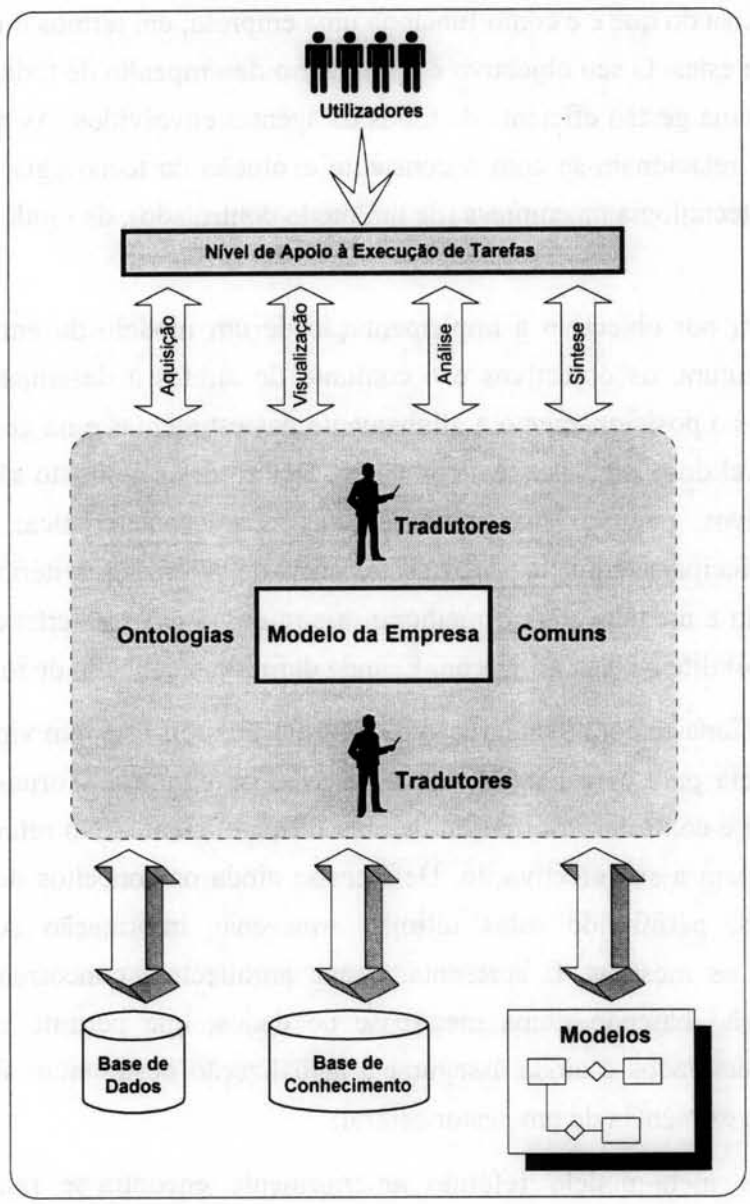


fig. 3.15 - Utilização das ontologias na empresa.

3.5 - Conclusão

Neste capítulo foram abordados um conjunto de temas e conceitos que definem o contexto em que ocorre o processo de integração da empresa.

Assim são referidos os conceitos de integração da empresa, modelização da empresa, integração da informação e ontologia.

O primeiro tem por base uma representação abstracta da empresa (modelo), que consiste numa descrição concisa do que é e como funciona uma empresa, em termos dos seus elementos e das interacções entre estes. O seu objectivo é optimizar o desempenho de todas as actividades da empresa através de uma gestão eficiente de todos os agentes envolvidos. As dificuldades que se opõem à integração relacionam-se com a constante evolução da tecnologia e da incorporação destas alterações da tecnologia na empresa (de um modo controlado), de modo a esta permanecer competitiva.

O segundo tem por objectivo a implementação de um modelo da empresa que permita descrever a sua estrutura, os objectivos e o conjunto de tarefas a desempenhar, obtendo um melhor desempenho no posicionamento e alinhamento das estratégias e na gestão da evolução e das alterações ao nível dos sistemas que a compõem. Dentro deste contexto são abordados quais os principais motivos para a sua utilização, as suas características, dificuldades de implementação e principais requisitos, não esquecendo de referir os critérios a seguir para a concepção do modelo e medidas para o melhorar, assim como as características a observas por ferramentas que possibilitem a sua utilização. É ainda definido o conceito de meta-modelo.

O terceiro relaciona-se com a integração da informação, pois esta tem vindo a assumir cada vez maior importância para a realização dos objectivos da empresa. Torna-se cada vez mais necessário manipular e controlar informação de uma forma eficiente. São referidos os principais problemas que motivam a sua efectivação. Definem-se ainda os conceitos de meta-dados e de meta-base de dados, permitindo estas últimas armazenar informação sobre os dados e conhecimento sobre os mesmos. É apresentada uma arquitectura concorrente que inclui um sistema de informação baseado numa meta-base de dados, que permite efectuar trocas de informação sobre meta-dados e ainda assegurar a actualização destes num sistema distribuído sem a necessidade da existência de um gestor central.

O conceito de meta-modelo referido anteriormente encontra-se relacionado com as necessidades de integração da informação. O meta-modelo que consiste num mecanismo de abstracção e modelização que assenta no conceito de meta-dados que incorporam numa só entidade dados (informação da empresa) e conhecimento sobre estes (como a informação é utilizada na empresa). Este permite implementar um mecanismo de apoio à gestão das actividades da empresa e à conversão das diferentes concepções de informação. Como a informação se encontra organizada segundo meta-dados, o meta-modelo facilita a gestão distribuída dos sistemas de informação (organizados segundo meta-bases de dados).

Por último o conceito de ontologia relaciona-se com a existência de uma representação de base para os elementos da empresa e uma linguagem normalizada de comunicação, definindo um vocabulário para a definição precisa de termos (sintaxe e semântica) e das relações entre eles. São referidas quais as principais vantagens decorrentes da sua utilização na empresa e definidas as etapas a seguir para a sua construção. É ainda abordada a sua aplicação na empresa em conjunção com o modelo desta.

Não esquecer que o modelo pressupõe para a sua construção a existência de estruturas sintácticas e semânticas comuns a todas os elementos da empresa, i.e., uma ontologia da empresa.

Pode-se assim visualizar o modelo da empresa como o ponto central de todo o processo. O conceito de integração da empresa tem por base uma representação abstracta dos elementos que formam a empresa e das suas interacções, i.e., um modelo. O conceito de modelização da empresa é a própria base do modelo, ou seja onde este se origina e é derivado. A integração da informação passa pela organização desta em meta-dados (armazenados em MBD's) que por sua vez são manipulados através de um meta-modelo que tem por base a mesma organização da informação. A ontologia fornece uma estrutura sintáctica e semântica comum a partir da qual é derivado o modelo.

Todos os passos a seguir no sentido da integração da empresa passam pela construção do modelo.

Capítulo 4

Metodologia para o Modelo

Para a definição do modelo da empresa que vai servir de base para o desenvolvimento de ferramentas, as quais irão contribuir para o objectivo final que é a integração da empresa, torna-se necessário adoptar uma metodologia que melhor se adapte ao tratamento do modelo da empresa. Assim, a metodologia deve poder reflectir todos os conceitos que estão ligados a uma empresa e em particular a um sistema de fabrico, como sejam: eventos, partilha de informação e de conhecimento, interacção entre actividades, situações de erro e excepção, ambiente distribuído, etc. Deve ainda cobrir a parte principal do ciclo de vida de uma aplicação, o seu desenvolvimento (formulação do problema, análise de requisitos, concepção e implementação). Como se irá concluir no decorrer deste capítulo as Metodologias Orientadas para Objectos (MOO) constituem uma abordagem apropriada à análise e projecto de aplicações e sistemas de fabrico.

Neste capítulo pretende-se determinar qual a metodologia a adoptar para a elaboração do modelo da empresa. Assim, em primeiro lugar é dada uma perspectiva geral sobre os principais tipos de metodologias existentes e qual a mais apropriada para este caso, apontando para cada uma as vantagens e desvantagens decorrentes da sua utilização.

Após se ter fundamentado a escolha são descritos os principais conceitos inerentes ao tipo de metodologia, apresentando-se ainda quais as principais motivações para a sua utilização e as vantagens daí decorrentes.

Seguidamente, em relação às várias metodologias que correspondem ao tipo que foi escolhido, vai adoptar-se aquela que melhor se adapta ao problema. São descritas quais as principais metodologias existentes e quais as mais utilizadas. É referida uma comparação entre as principais metodologias, após a qual se faz a escolha da metodologia a utilizar e se apresenta uma justificação para tal. De seguida apresenta-se uma breve descrição da metodologia escolhida.

Por fim, são referidas as vantagens da aplicabilidade das metodologias orientadas a objectos em sistemas distribuídos, como é o caso de uma empresa, em particular de um sistema de fabrico.

4.1 - Metodologias Existentes

4.1.1 - Evolução das Metodologias

Uma metodologia é geralmente apresentada como uma série de etapas, com as técnicas e notações associadas a cada etapa. Uma metodologia de engenharia de software consiste num processo para a implementação organizada de software, utilizando um conjunto de técnicas pré-definidas e de notações [Rumbaugh, 91].

As metodologias de maior valor são aquelas que:

- são descritas quantitativamente e qualitativamente; são usadas repetitivamente e de cada vez alcançando resultados semelhantes; são ensinadas num intervalo de tempo razoável;
- são utilizadas por outros utilizadores com um nível de sucesso razoável;
- alcançam de um modo significativo e consistente melhores resultados do que quaisquer outras metodologias, ou abordagens *ad hoc*;
- são aplicáveis numa elevada percentagem dos casos.

Foi durante os anos 60 que as pessoas se aperceberam que a programação estruturada não era suficiente para satisfazer as necessidades. Surgiram então projectos que começaram a abordar os conceitos de concepção estruturada. A questão que se colocava era da existência de alguns mecanismos de dependência que evitassem simultaneamente concepções erradas desde o seu início e reconhecessem áreas de ocorrência de problemas potenciais antes do software ser implementado. Foi desenvolvido o que se chamou de concepção, mista que mais tarde viria a designar-se por concepção estruturada.

Dos meados ao fim da década de 70 o número de metodologias para o desenvolvimento de software aumentou rápidamente. Destacam-se:

- Abordagens de decomposição funcional, como seja a concepção estruturada e a análise estruturada (SA/SD - *Structural Analysis and Structural Design*) [DeMarco, 78];
- Abordagens orientadas aos dados e abordagens de dados estruturadas [Warnier, 74][Jackson, 75], em particular a abordagem Entidade-Relação (ER - *Entity Relationship*);
- Abordagens formais (matemáticas), como o VDM (*Vienna Development Method*) [Jones, 80].

As metodologias geralmente mais mencionadas eram aquelas que tinham por base a abordagem estruturada.

No início dos anos 80, as metodologias disponíveis eram em número tão elevado que realizar uma avaliação destas se tornava um esforço considerável. Foram publicados vários estudos dos quais se destacam:

- [Birrel e Ould, 85]
- [Blank et all, 81]
- [DoI, 81]
- [Freeman e Wasserman, 82]

Durante esta década também foi crescendo a importância de:

- Abordagens de desenvolvimento de protótipos;
- Aspectos de tempo-real;
- Ferramentas CASE;

Nos meados e fim dos anos 80 e até ao tempo actual apareceram e evoluíram consideravelmente as metodologias orientadas para objectos. No entanto, as metodologias baseadas nos diagramas de fluxo de dados continuavam a ser as mais utilizadas [Rumbaugh, 91]. Até aos meados dos anos 80, o desenvolvimento nas MOO era mais dedicado à programação

orientada para objectos. As abordagens orientadas para objectos (OO) eram utilizadas raras vezes para aplicações críticas ou de dimensões elevadas. Assim, a necessidade/procura de MOO correctamente formuladas era reduzida. Esta situação só veio a acontecer mais tarde (fim dos anos 80).

Actualmente assiste-se a uma necessidade/procura elevada de metodologias orientadas para objectos.

4.1.2 - O Estado Actual

O sucesso dos sistemas de informação está parcialmente dependente da capacidade dos responsáveis pela informação, pelo facto de conseguirem reflectir os requisitos do novo sistema numa determinada forma de um modelo conceptual. Estes modelos conceptuais formam a base para a comunicação e especificação entre os responsáveis pela concepção e entre estes e os utilizadores do modelo. As actuais metodologias de desenvolvimento de sistemas referem-se à análise e concepção em três perspectivas: orientada aos dados, orientada ao processo e orientada ao comportamento. Dito doutro modo. podem ser usados três modelos para descrever o sistema em três perspectivas [Rumbaugh et all, 1991]:

- Estrutura estática (modelo de objectos, perspectiva de dados);
- Transformações dos dados (modelo funcional, perspectiva do processo);
- Sequenciamento temporal (modelo dinâmico, perspectiva de comportamento).

As abordagens funcionais *top-down*, tais como a decomposição funcional e a análise estrutural tem uma visão do desenvolvimento de um sistema numa perspectiva de uma função global que pode ser sistematicamente decomposta para dar origem a módulos de níveis inferiores. Segundo [Coad e Yourdon, 1991] esta abordagem não ataca directamente o domínio do problema, o que traz dificuldades quando se têm de verificar os requisitos inicialmente impostos. O responsável pelo desenvolvimento do sistema é "forçado" a definir uma função global (mestra) que é altamente susceptível de vir a ser modificada em virtude de surgirem novos requisitos. Esta decomposição é arbitrária, pois pessoas diferentes vão definir várias decomposições [Rumbaugh et all, 1991]. As experiências anteriores levaram à utilização de "armazéns" de dados globais o que dá origem a um efeito de "dominó" quando se torna necessário efectuar alterações nos dados que são partilhados.

Outra dificuldade das metodologias estruturadas é a transição de modelos de análise, tais como diagramas de fluxos de dados, para modelos de concepção tais como os diagramas estruturais. De facto, nas metodologias estruturadas a análise e a concepção utilizam uma grande diversidade de técnicas, gráficos e critérios de avaliação. É muito fácil realizar a distinção entre a análise e a concepção. Mas isto dá origem a que a separação entre análise e a concepção seja significativa.

Particularizando para uma metodologia que é representativa da abordagem segundo um diagrama de fluxo de dados, SA/SD, e contrapondo-a à MOO, verifica-se o seguinte [Rumbaugh, 91]:

- A metodologia SA/SD organiza um sistema segundo procedimentos ou funções. Uma MOO organiza um sistema baseando-se nos objectos existentes no mundo real ou em objectos conceptuais que existam na visão que o utilizador tem do mundo;
- A maioria das alterações nos requisitos de um sistema são realizadas geralmente em funções e não em objectos. Assim, as alterações podem ser prejudiciais para uma concepção baseada em funções. Pelo contrário, estas são facilmente assimiladas numa concepção OO, pois basta adicionar ou alterar operações, não sendo necessário alterar a estrutura do objecto;
- Uma concepção SA/SD tem uma fronteira bem definida para o sistema, a partir da qual as funções comunicam com o mundo real. A sua estrutura é derivada a partir dessa fronteira, de modo que se torna difícil expandir o sistema. Uma concepção OO revela-se de fácil expansão: basta adicionar objectos e relações perto da fronteira para representar objectos que só existiam previamente no mundo exterior;
- A analogia existente entre os objectos numa concepção OO e os objectos no domínio do problema, produzem sistemas que são mais compreensíveis. Isto faz com que a concepção seja mais intuitiva e simplifica o mapeamento entre os requisitos e o código (software);
- Na metodologia SA/SD (como já referimos) a decomposição de um processo em subprocessos é arbitrária, o que leva a que diferentes pessoas elaborem decomposições diferentes. Na MOO a decomposição é baseada em objectos existentes no domínio do problema, de modo a que as pessoas responsáveis pela concepção de diferentes programas no mesmo domínio, tendem a descobrir os mesmos objectos. Isto aumenta a reutilização dos componentes do sistema;

- Uma MOO realiza uma melhor integração das bases de dados com o código dos programas. O objecto modeliza simultaneamente a base de dados e a estrutura de programação. Pelo contrário, numa abordagem orientada a funções é difícil realizar a junção entre código baseado em funções e uma base de dados baseada em dados;

Um exemplo de uma abordagem orientada aos dados utilizada actualmente é a abordagem Entidade-Relação. Esta tem como objectivo modelizar a estrutura dos dados de modo a que possam ser geridos de um modo eficaz numa base de dados. A sua notação é facilmente compreensível e poderosa para modelizar situações reais. Os diagramas resultantes da abordagem ER são facilmente convertíveis para a implementação de uma base de dados. Como se constata esta abordagem contém apenas uma perspectiva de análise e concepção - orientada aos dados.

A abordagem que consegue englobar todas as três perspectivas de análise e concepção (dados, processo e comportamento) num só conceito (objecto) é baseada nas metodologias orientadas para objectos. A diferença para com as metodologias apresentadas anteriormente reside na separação existente entre os dados e os processos que os utilizam [Hodgson, 93]. Nesta situação a diferença entre a análise e a concepção é muito reduzida. De um modo geral, o raciocínio orientado para objectos é mais uniforme do que o raciocínio estruturado. Por outro lado torna-se mais difícil efectuar uma distinção entre os "aspectos" ligados à análise" e os "aspectos" ligados à concepção.

Assim, as metodologias orientadas a objectos têm várias vantagens sobre as metodologias tradicionais orientadas às funções ou aos dados. Seguidamente, descrevem-se os principais conceitos inerentes às MOO, referindo-se de seguida quais as principais motivações para o seu uso e as vantagens daí decorrentes.

4.2 - Conceitos Principais

Não existe uma descrição formal de quais as principais características e conceitos inerentes a uma MOO. De um modo geral, podem resumir-se nos seguintes conceitos, que, embora nem todos sejam característicos apenas de uma MOO, encontram nesta uma elevada aplicabilidade [Rumbaugh et all, 91]. Assim temos:

- Objecto, Classe, Operação, Meta-Classe, Polimorfismo e Hereditariedade;
- Abstracção;

- Encapsulamento e Ocultação de Informação;
- Combinação de Dados e Comportamento;
- Partilha;
- Importância do Objecto;
- Sinergia

Seguidamente, descrevem-se mais detalhadamente cada um destes itens com o objectivo de fornecer uma visão global e sucinta sobre os principais conceitos das MOO, para depois se compreenderem melhor as vantagens da sua aplicação neste contexto.

4.2.1 - Objecto, Classe, Operação, Meta-Classe, Polimorfismo, e Hereditariedade

4.2.1.1 - Objecto

Existem várias definições para o termo "objecto" dependendo do tipo de MOO que se está a considerar. Em [Berard, 93c] encontram-se várias definições segundo as metodologias que são aí analisadas. No entanto, pode dar-se uma definição que abrange de um modo geral a maioria das MOO. Assim um objecto é um conceito, uma abstracção, ou um item com limites e significado bem definido para o domínio do problema. Cada objecto é único, podendo ser físico ou conceptual, tendo ainda um estado, um comportamento e uma identidade. Os objectos permitem uma compreensão do mundo real e fornecem uma base para a implementação em software. A decomposição do problema em objectos depende da análise e da natureza do problema.

4.2.1.2 - Classe

Do mesmo modo pode definir-se uma classe como um conjunto de objectos que partilham a mesma estrutura e comportamento. Ou ainda, como um conjunto de objectos que têm propriedades semelhantes (atributos), comportamento comum (operações), relações comuns com outros objectos e uma semântica comum.

4.2.1.3 - Operação

Do mesmo modo existem várias definições para o conceito de operação. Uma operação é uma função ou transformação que pode ser aplicada a um objecto ou por objectos numa classe. Todos os objectos numa classe partilham as mesmas operações. Quando um objecto recebe uma mensagem vai executar a operação pedida através da execução de um método. Um método consiste na implementação específica de uma determinada operação por uma determinada classe.

4.2.1.4 - Meta-Classe

Mais uma vez existem várias definições para o conceito de meta-classe. Uma meta-classe é definida como uma classe cujas instâncias são por sua vez classes. As classes podem ser consideradas como objectos, mas são neste caso meta-objectos e não objectos do mundo real. Os objectos descritores de classes têm características, e por sua vez têm classes, que são chamadas de meta-classes. Ao se visualizar tudo como objectos fornece uma implementação mais uniforme e uma maior funcionalidade para resolver problemas complexos.

4.2.1.5 - Polimorfismo

O significado deste conceito diz que a mesma operação pode ter um comportamento diferente em diferentes classes.

4.2.1.6 - Hereditariedade

Consiste na partilha de atributos e de operações entre classes que são baseadas numa relação hierárquica. Uma classe pode ser definida de um modo geral e depois pode ser dividida em sucessivas subclasses. Cada subclasse incorpora, ou herda todas as propriedades da sua superclasse a adiciona as suas propriedades próprias.

4.2.2 - Abstracção

A abstracção consiste num mecanismo que permite identificar, organizar e manipular o que se conhece acerca de um objecto. Assim a abstracção concentra-se em determinadas propriedades que são importantes para o universo de discurso e deixa de parte aquelas que são irrelevantes ou

não têm uma importância imediata. No desenvolvimento de um sistema isto corresponde ao facto de se dar relevância ao que um objecto é e ao que faz.

Existem cinco formas de abstracção embora alguns autores discordem deste ponto (ver [Hodgson, 93]):

- Identificação;
- Classificação;
- Associação;
- Agregação;
- Generalização.

As discordâncias provêm das semelhanças entre generalização e classificação, associação e agregação. Classificação e generalização são ambas construções de agrupamentos : a classificação agrupa instâncias com as mesmas características enquanto que a generalização relaciona-se com o agrupamento de classes com as mesmas características. Associação e agregação consistem na associação de classes, mas a agregação é uma associação do tipo parte-todo que será descrita mais adiante. Assim, por vezes só se encontram referências à identificação, associação e generalização.

Descrevem-se de seguida cada uma das formas de abstracção em maior detalhe.

4.2.2.1 - Identificação

A identificação consiste em distinguir objectos baseando-se na sua inerente existência e não só em vista dos seus atributos e propriedades [Rumbaugh et all, 91]. Assim, dois ou mais objectos podem existir e ter atributos idênticos, mas serem considerados objectos distintos devido à sua existência separada. No domínio do problema cada objecto é identificado através de um único identificador que o define como sendo separado dos outros objectos.

Ao se modelizarem objectos do mundo real deve existir uma correspondência directa entre a instância do objecto no modelo e a sua existência actual no mundo. Assim, o objecto deve ser representado no modelo uma única vez e o objecto modelizado deve ter uma única instância no mundo real.

4.2.2.2 - Classificação

Este tipo de abstracção consiste numa classe composta por instâncias de objectos que partilham o mesmo comportamento e atributos relevantes para uma determinada aplicação. O agrupamento ou classificação destas instâncias ou objectos é dependente da percepção que o modelizador tem do domínio do problema, dos requisitos do sistema e da relativa complexidade que necessita ser mostrada. É assim, uma tarefa subjectiva dependente do conhecimento e da experiência do modelizador.

4.2.2.3 - Generalização

É semelhante à classificação, pois agrupa objectos (neste caso, classes) de acordo com as semelhanças no seu comportamento e dados. Mas a generalização refere-se ao agrupamento de classes e não de instâncias. Assim, existem as seguintes descrições para ilustrar esta abstracção: "é uma subclasse de" e "é uma superclasse de". As classes podem ser generalizadas em superclasses como já foi dito. O modelo quando generalizado em níveis mais elevados permite uma maior flexibilidade para futuras alterações mas perde a sua riqueza semântica pois as relações entre os objectos tornam-se generalizadas.

As classes abstractas são aquelas que não têm instâncias, mas fornecem as propriedades e comportamento para as subclasses (tendo estas instâncias).

A característica da generalização fornece a estrutura para a heredirateriedade dos dados e do comportamento numa hierarquia e assim forma a base para a reutilização dos objectos. A aplicação da generalização pode ser feita a um maior grupo de objectos utilizados na análise de um problema, tais como: eventos, estados e associações.

4.2.2.4 - Associação

As associações representam as relações entre objectos de diferentes classes ou da mesma classe no caso de uma associação recursiva. Ao nível das instâncias estas associações denominam-se como ligações [Rumbaugh et all, 91].

4.2.2.5 - Agregação

A agregação associa dois níveis de um objecto, nomeadamente um objecto elementar ou componente com o objecto global ou agregado. Uma vantagem desta forma complexa de associação é que pode indicar a concorrência e a necessidade da propagação das operações. Esta abstracção é recursiva no sentido ascendente da hierarquia e é designada pelos termos "parte de" e "consiste de" em oposição à designação "está associado com" das associações. Uma agregação abstrai uma relação enquanto que a generalização abstrai uma classe.

Os conceitos de abstracção descritos anteriormente podem ser utilizados com um maior benefício em termos da comunicação do modelo (entre os responsáveis pelo seu desenvolvimento e os utilizadores) e de reutilização, se os princípios de encapsulamento, ocultação de informação e heredirateriedade forem utilizados activamente.

4.2.3 - Encapsulamento e Ocultação de Informação

O encapsulamento consiste em separar os aspectos externos de um objecto, que são acessíveis a outros objectos, dos detalhes de implementação interna do objecto, que estão "escondidos" dos outros objectos. Isto permite que um programa não se torne muito interdependente de modo a que, uma pequena alteração não se repercuta grandemente no sistema. A implementação de um objecto pode ser modificada sem que tal afecte as aplicações que o utilizam. Embora este conceito não seja específico das MOO, a capacidade das MOO em combinar numa única entidade, estruturas de dados e comportamento, faz com que este conceito apareça com maior clareza e seja mais poderoso do que em metodologias convencionais que separam as estruturas de dados e o comportamento [Rumbaugh et all, 91].

Há que realizar aqui um pequeno apontamento sobre os conceitos de abstracção, ocultação da informação e encapsulamento, pois estes conceitos muitas vezes são confundidos quando o não devem ser. São conceitos muito diferentes, no entanto, muito relacionados. Segundo [Berard, 92a] pode-se dizer que a abstracção constitui uma técnica que ajuda na identificação de qual a informação específica deve ser visível e qual é que deve ser escondida (ocultação de informação). O encapsulamento é então uma técnica para organizar a informação, dum modo tal a esconder o que não deve ser visível e a mostrar o que deve ser visível. Com esta breve explicação os conceitos ficam perfeitamente bem definidos.

4.2.4 - Combinação de Dados e Comportamento

O agente que pretende a realização de uma operação não necessita de saber quantas implementações de uma dada operação existem. O polimorfismo inerente às MOO desloca a tarefa de decisão sobre qual a implementação a usar, do código que chama a operação para a hierarquia das classes. Para se realizar a visão do conteúdo de uma janela, um programa não OO teria de distinguir os tipos de cada figura e chamar as funções apropriadas para se poderem visualizar. Um programa OO simplesmente invocaria a operação "visualizar" para cada figura, sendo a decisão de qual a função a utilizar realizada implicitamente por cada objecto, baseando-se na sua classe respectiva. É desnecessário repetir a escolha da função de cada vez que a operação é chamada. A manutenção do programa é facilitada pois o código não necessita de ser modificado se uma nova classe for adicionada. Numa MOO a hierarquia da estrutura de dados é idêntica à hierarquia da heredirateriedade das operações (fig. 4.1).

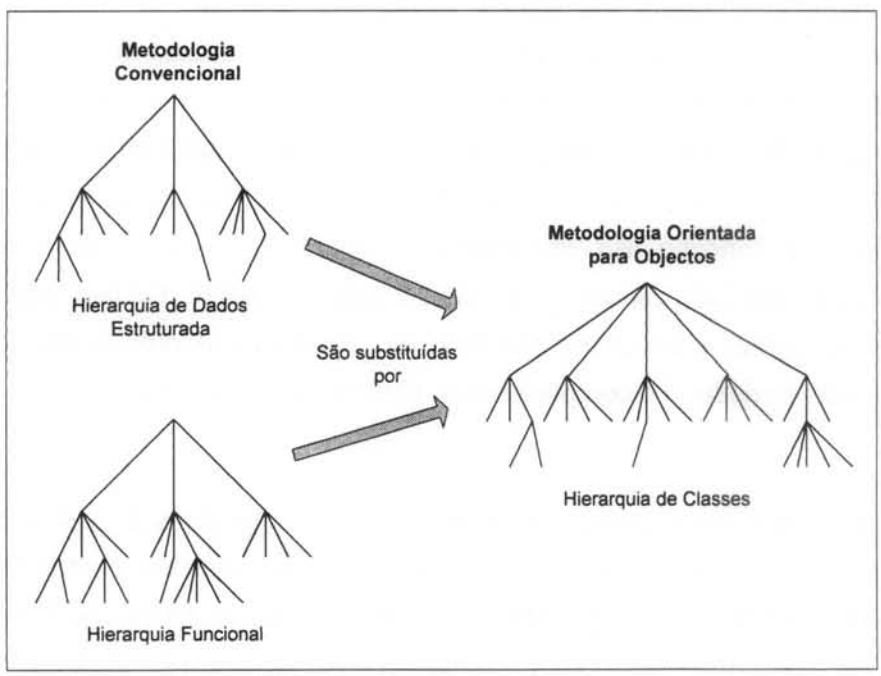


fig. 4.1 - Uma MOO tem uma única hierarquia, combinando dados e comportamento.

4.2.5 - Partilha

As MOO permitem o conceito de partilha em vários níveis diferentes. A heredirateriedade simultânea da estrutura dos dados e do comportamento permite que estruturas comuns sejam partilhadas entre diversas subclasses sem que exista redundância. A partilha do código utilizando a hereditariedade é uma das maiores vantagens das MOO. Mas mais importante que isto, é a clareza conceptual ao reconhecer-se que diferentes operações, são na realidade a mesma coisa, o que vai reduzir o número de casos que devem ser compreendidos e analisados [Rumbaugh et all, 91].

As MOO permitem além da partilha de informação numa aplicação, a perspectiva da reutilização das concepções e do código para aplicações futuras. No entanto, a reutilização deve ser planeada cuidadosamente, tendo uma visão para além da aplicação imediata e realizando um esforço adicional na obtenção de uma concepção mais geral.

4.2.6 - Importância do Objecto

As MOO especificam o que é um objecto e não como este é usado. As utilizações de um objecto dependem fortemente dos pormenores da aplicação e alteram-se frequentemente durante o desenvolvimento. À medida que os requisitos evoluem, as características fornecidas pelo objecto tornam-se mais estáveis do que o modo como este é utilizado. Assim, os sistemas implementados numa estrutura de objectos são mais estáveis a longo prazo.

As MOO dão uma maior importância às estruturas de dados e uma menor importância às estruturas funcionais em relação às metodologias tradicionais (decomposição funcional).

4.2.7 - Sinergia

A identificação, classificação, polimorfismo e a heredirateriedade caracterizam a maioria das MOO. Cada um destes conceitos pode ser usado isoladamente, mas em conjunto, completam-se mutuamente através de um modo sinérgico. Os benefícios de uma MOO são maiores do que aparentam ser no início. A grande importância que é dada às propriedades essenciais de um objecto obriga o programador a pensar mais cuidadosamente e em maior profundidade acerca do que é um objecto e do que este faz. Isto resulta num sistema que é mais claro, mais geral e mais robusto do que se tivesse sido concebido dando mais importância à utilização dos dados e funções.

4.3 - Motivação para a sua Utilização e Vantagens

4.3.1 - Motivação

A motivação para o uso de uma MOO pode ser derivada a partir das seguintes questões [Berard, 92b]:

- Qual é a motivação para as MOO de um modo geral ?
- Qual é a motivação para uma MOO global à engenharia de software ?

A primeira questão dá importância ao valor intrínseco da engenharia de software orientada para objectos, enquanto que a segunda trata da maximização dos benefícios (e minimização dos problemas) dessa abordagem.

As principais motivações para a utilização de MOO são:

- Estimulam a utilização da mais recente tecnologia ligada à área da engenharia de software;
- Fomentam e facilitam a reutilização de software;
- Facilitam a interoperabilidade;
- Quando bem aplicadas, o seu resultado é um software que é facilmente modificável, expansível e de fácil manutenção;
- Do mesmo modo, produzem soluções que são muito semelhantes ao problema original;
- Existe um número elevado de casos onde a sua aplicação se fez com sucesso.

Os benefícios de uma MOO são maiores se esta for abordada na fase preliminar e durante todo o processo de desenvolvimento do software. Quando se consideram as MOO deve ter-se em conta o seu impacto na totalidade do processo de engenharia de software. O facto de aplicar

programação OO (OOP) não conduz aos melhores resultados. Devem considerar-se vários itens, tais como: OORA, OOD, OODA, OODBS e OOCASE.

Existe uma diferença entre uma abordagem global (consistente) e uma abordagem mista. Na primeira, uma determinada tecnologia é dada como base para todo o processo e as ferramentas e os processos são adaptados em conformidade. Na segunda, uma abordagem (decomposição funcional) pode ser utilizada para um processo, enquanto que outra abordagem (OO) para outro. Segundo [Berard, 92b] uma MOO conduz a melhores resultados quando é aplicada globalmente, do que quando é aplicada juntamente com outras metodologias.

As motivações para a utilização de uma MOO global são as seguintes:

- A resolução melhora;
- Existe uma redução significativa nos problemas de integração;
- A integridade conceptual do processo e do produto melhora;
- A necessidade de conversão de um objecto para outro tipo e vice-versa, é mínima.

Seguidamente, iremos descrever em maior pormenor alguns dos itens apresentados anteriormente em resposta às duas questões formuladas inicialmente.

4.3.1.1 - Utilização de Conceitos da Engenharia de *Software*

Existem vários conceitos inerentes à engenharia de software, dos quais se destacam os seguintes:

- Abstracção dos dados;
- Encapsulamento;
- Ocultação de informação;
- Concorrência.

Uma MOO faz com que o programador aborde estes conceitos directamente, ou então torna a sua introdução, quando apropriada, mais fácil.

Os três primeiros conceitos já foram abordados anteriormente (em §4.2.2 e §4.2.3, respectivamente) pelo que não se abordarão de novo.

Uma das diferenças entre um sistema OO e os sistemas mais convencionais está no modo como cada um resolve o problema da concorrência. A maioria dos sistemas convencionais aborda a concorrência através de implementação de uma "função mestra" que controla o sistema (escalonamento de processos, prevenção de bloqueios e de falta de componentes). Num sistema OO concorrente a maioria da responsabilidade pelo controlo do sistema é deslocada para os próprios objectos, i.e., cada objecto é responsável pela sua própria gestão e protecção num ambiente concorrente. De acordo com [Berard, 92b] pode-se afirmar que é mais fácil entender a concorrência em termos de objectos do que em termos de funções.

4.3.1.2 - Reutilização do Software

A pesquisa e a prática actual na reutilização de software estabeleceram uma ligação definitiva entre as abordagens à engenharia de software e a reutilização de software. As técnicas de análise e de concepção têm muita influência na reutilização (ainda mais do que as técnicas de programação).

4.3.1.3 - Interoperabilidade

A interoperabilidade consiste em medir a facilidade, em que uma aplicação que esteja a ser executada num determinado local de uma ambiente industrial pode utilizar recursos (software e hardware) que estejam num local diferente do mesmo . De facto, à medida que a interoperabilidade cresce num determinado sistema, o conceito de localização dos recursos vai desaparecendo. Um utilizador num determinado local tem uma utilização cada vez mais transparente das aplicações existentes no sistema.

Outro conceito que já foi referido, o polimorfismo (ver §4.2.1.4) desempenha um papel fundamental na interoperabilidade. O polimorfismo é uma medida da diferença em como cada item num determinado conjunto de itens deve ser tratado num determinado nível de abstracção. O polimorfismo aumenta quando se eliminam num conjunto de itens, quaisquer diferenças num qualquer nível de abstracção. Uma abordagem baseada no polimorfismo pode reduzir significativamente a complexidade global de um sistema. Isto é particularmente importante num ambiente distribuído. Assim, torna-se evidente uma relação directa entre o polimorfismo e uma maior interoperabilidade.

Pode-se assim concluir que se as MOO evidenciam o polimorfismo, então também facilitam a interoperabilidade, e que ao localizar a informação à volta dos objectos (em oposição às funções) leva a que os programadores descrevam o mesmo comportamento geral empregando os mesmos termos.

4.3.1.4 - *Software*

As MOO dão relevância aos seguintes aspectos:

- Ao encapsulamento da funcionalidade com o conhecimento de informação sobre o estado;
- À definição rigorosa das interfaces e da funcionalidade de todos os objectos no sistema;
- À ocultação de informação, particularmente em não tornar visíveis as implementações subjacentes da funcionalidade e da informação de estado;
- À especialização (utilizando o conceito de hereditariedade).

As MOO partilham vários aspectos em comum com formas mais convencionais de engenharia. Os conceitos de encapsulamento, interfaces e funcionalidade, ocultação de informação e especialização são fundamentais para a modificação e expansão da maioria dos sistemas que não são baseados em software. No entanto, se aplicados convenientemente podem dar origem a sistemas de software que são facilmente expansíveis, modificáveis e de fácil manutenção.

4.3.1.5 - Semelhança da Solução com o Problema Original

Um dos principais axiomas da engenharia de *software* refere que é uma boa ideia tornar a solução muito semelhante ao problema original [Berard, 92b]. Ao se compreender o problema original, está-se mais preparado para perceber a solução adoptada.

Existem factores que comprovam que é mais fácil para a generalidade das pessoas visualizarem o mundo real em termos de objectos, em oposição a funções:

- Muitas formas de representação de conhecimento apresentam o conhecimento em termos de objectos;

- Interfaces gráficas para utilizadores mais fáceis de utilizar;
- O próprio senso-comum ("um desenho vale mais do que mil palavras").

4.3.1.6 - Resolução

A resolução mede a facilidade com que um conceito, ideia, ou outro item podem ser seguidos de um ponto num processo para um ponto sucessor ou predecessor no mesmo processo. Pode pretender-se saber num processo de engenharia de *software*, qual o código fonte que implementa um determinado requisito ou vice-versa.

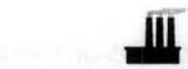
A informação contida nos requisitos está orientada às funções e a informação no código fonte está orientada aos objectos. Um requisito funcional pode ser satisfeito por vários objectos, ou um único objecto pode satisfazer vários requisitos. A determinação da resolução é muito difícil nestes casos. Existem no entanto duas soluções:

- Transformar o conjunto das requisitos funcionais em requisitos orientados para objectos;
- Exigir que os requisitos originais sejam fornecidos numa forma orientada para objectos.

Qualquer destas soluções vai dar origem a requisitos cuja informação está orientada para objectos. Isto vai facilitar a resolução dos requisitos para o código-fonte OO e vice-versa.

4.3.1.7 - Redução das Dificuldades de Integração

Uma estratégia, que era prática comum em metodologias anteriores, era decompor um problema num determinado número de partes funcionais (orientados para as funções) e depois realizar uma concepção OO para cada uma das partes. O objectivo era realizar a integração destas partes num ponto temporal do ciclo de vida do software mais distante, i.e., imediatamente antes deste ser entregue. Esta estratégia falhava redondamente, pois resultava em problemas que só eram visíveis numa fase tardia do desenvolvimento, i.e., durante o teste e a integração. O problema reside nos diferentes critérios de orientação (funcional e objectos), pois pode dar-se o caso de: grupos responsáveis pela concepção OO de diferentes partes terem implementado "o mesmo objecto" de maneiras diferentes. Assim, estas partes não conseguem comunicar entre si.



O problema pode ser minimizado realizando-se uma análise inicial (antes de o decompor) dos requisitos funcionais e identificando objectos candidatos e as suas características. Mais ainda, o sistema original deveria ser decomposto segundo um modo OO.

4.3.1.8 - Melhoria da Integridade Conceptual

A integridade conceptual consiste na afirmação da veracidade de um conceito, ou simplesmente da sua consistência. Esta, ajuda a diminuir a complexidade, aumentando assim a fiabilidade. Se durante o desenvolvimento de um *software* é realizada alguma alteração à estratégia de orientação (para objectos ou para funções), o conceito da integridade conceptual é violado, e a introdução potencial de erros aumenta.

Durante a parte de desenvolvimento do ciclo de vida do software, deve optar-se por uma MOO global. Neste tipo de abordagem, cada metodologia, ferramenta documentação técnica e actividade de engenharia de *software* é OO ou suporta uma abordagem OO. Assim, eliminam-se várias fontes significativas de erros.

4.3.1.9 - Necessidade de Conversão de um Objecto

Os objectos não são dados e vice-versa. Os objectos não são unicamente dados e funções encapsulados no mesmo local. Contudo, cada aplicação que seja OO deve realizar um interface com alguns sistemas que não são OO (não reconhecem objectos). Dois exemplos comuns acontecem quando:

- Os objectos devem ser persistentes, i.e., os objectos devem ter uma duração para além do tempo de invocação da aplicação. Para isto poder ser utilizado é necessário um sistema de gestão de base de dados orientada para objectos (OODBMS), mas pode não existir um que satisfaça os requisitos da aplicação. Os sistemas convencionais de gestão de base de dados (DBMS) reconhecem informação de estado mas não reconhecem objectos. Assim, se quisermos armazenar um objecto num sistema que não seja OODBMS, temos de o transformar em algo que possa ser reconhecido pelo sistema. Quando queremos obter um objecto, o processo reverte-se;
- Num sistema (ou aplicação) distribuída os objectos são transmitidos de local para local. O *hardware* e *software* de comunicações, não é duma forma geral, orientado a objectos. Assim, o processo de transmissão requer que, na rede haja uma forma de reduzir um objecto para uma primitiva que seja reconhecível pela rede de comunicações,

transmitindo a primitiva de seguida para que no destino se volte a reconstituir o objecto.

Os processos de conversão do objecto para uma e outra forma têm um potencial para a introdução de erros. O objectivo a alcançar é minimizar a necessidade da conversão através do uso de uma MOO global.

4.3.2 - Vantagens

O uso das MOO provém em grande parte dos benefícios e vantagens observáveis sobre as tradicionais abordagens estruturadas para o desenvolvimento de sistemas. As vantagens da classificação, heredirateriedade e polimorfismo tornaram-se óbvias na modelização de sistemas complexos.

As vantagens da aplicação das MOO à simulação também são abordadas, pois a necessidade de recursos intensivos de simulação de capacidade elevada tem vindo a aumentar consideravelmente [Böszörményi, 95].

Tem vindo a ser feito um grande esforço na investigação do paralelismo de modelos de simulação de eventos discretos e contínuos. Mas é de surpreender o menor esforço que tem havido na simulação distribuída orientada para objectos, pois a ideia de OO está fundamentalmente relacionada com a ideia da distribuição. Segundo se afirma em [Böszörményi, 95] o núcleo das MOO é a distribuição do controlo .

Descrevem-se a seguir algumas dessas vantagens[2].

4.3.2.1 - Maior Aproximação do Domínio do Problema

As MOO tentam mapear o mundo real através da abstracção dos dados e das características funcionais e comportamentais das entidades do mundo real, para módulos distintos, designados por objectos.

Torna-se aparentemente mais fácil para os modelizadores abstraírem um sistema em objectos, cada qual sendo capaz de enviar e receber mensagens, tendo responsabilidades e dados claramente definidos em vez de terem os dados e o comportamento distribuídos por várias entidades.

[2]De referir que algumas das vantagens apresentadas a seguir possam já ter sido abordadas em §4.3.1, no entanto estas não se omitem pela sua inerente importância para esta secção.

Os analistas podem percorrer os modelos verificando as mensagens e a colaboração existentes entre os objectos, as operações e os dados requeridos, reconhecendo uma representação que se aproxima da realidade.

4.3.2.2 - Maior Correlação entre Modelos

As técnicas estruturadas de desenvolvimento forneciam um modelo do processo e um modelo de dados, existindo uma fraca correlação entre estes. Existiam duas abordagens principais: centradas (orientadas) aos dados e centradas (orientadas) aos processos (funções). Não existe um ímpeto nas metodologias para reconciliar estes modelos, e devido a este afastamento uma fraca correlação.

As MOO abordam este problema inerentemente. Um objecto contém dados, funções e comportamento encapsulados numa só entidade (o objecto), sendo esta definição um princípio fundamental. O analista por sua vez, deve assegurar que os dados, métodos e mensagens sejam todos relevantes e suficientes entre eles, verificando-se assim uma correlação dentro do próprio objecto [Hodgson, 93].

4.3.2.3 - Ocultação da Informação e Encapsulamento

A ocultação da informação refere-se à interface limitada que um objecto apresenta para o exterior, de modo a que os dados e os detalhes dos métodos aplicados pelo objecto permaneçam desconhecidos para o utilizador do objecto [Rumbaugh et all, 91]. Também pode ser vista como uma "caixa-preta" de um objecto [Berard, 93a].

Os utilizadores do objecto só necessitam de saber o que têm de mandar para o objecto e o que vão receber. Isto elimina a necessidade de interrogações globais de dados e o problema da modificação e da expansibilidade, encontrados nas abordagens tradicionais de modelização. É esta característica modular que permite aos sistemas OO serem facilmente expansíveis, modificáveis e reutilizáveis.

4.3.2.4 - Hereditariedade

A hereditariedade dos dados e dos métodos através de uma hierarquia de generalização é um dos pontos principais para a reutilização de software. A hereditariedade pode ser completa ou selectiva. As subclasses podem herdar toda, ou apenas uma parte dos dados e métodos de uma superclasse. No caso da hereditariedade selectiva, os métodos podem ou não ser utilizados por

uma subclasse. No caso de não serem usados, podem implementar-se novos métodos que vão ter o mesmo nome daqueles definidos na classe mais abstracta (superclasse). Neste caso a subclasse sobrepoe-se à superclasse.

4.3.2.5 - Reutilização

Para se verificarem os benefícios da reutilização é necessário uma abordagem estruturada e normalizada. Isto é crítico devido à complexidade e à abundância de classes. Para além disso, a reutilização necessita de um suporte organizacional em adição a soluções técnicas para reutilização de classes. A maior recompensa da reutilização é o reduzido tempo de desenvolvimento e a redução de custos associada. Subjacente a estas vantagens estão os princípios básicos para se conseguir: uma reduzida redundância, evitar inconsistência entre versões de classes e permitir a partilha de classes entre múltiplos utilizadores.

4.3.2.6 - Implementação de simulações discretas e distribuídas

As MOO têm as seguintes vantagens na implementação de simulações discretas e distribuídas [Böszörményi, 95]:

- Através da modelização OO o espaço de estados obtém uma estrutura na fase de modelização. Em contraste com a simulação discreta de eventos, onde se obtém uma única lista de eventos, nesta caso obtém-se uma estrutura que exibe um paralelismo que é inerente ao problema. Esta informação é vantajosa no processo de mapeamento do modelo de simulação para um sistema paralelo;
- Como os objectos comunicam através de mensagens, podem estar naturalmente distribuídos. Apesar disso,. as implementações devem ter em conta a distribuição actual para assegurarem um melhor desempenho.

4.4 - Escolha da Metodologia Orientada para Objectos

Dentro das principais metodologias orientadas para objectos, vai analisar-se qual a que melhor se adapta ao problema que se definiu no capítulo 3. Recorde-se que o problema consiste em determinar soluções para realizar a integração de uma empresa, em particular de um sistema

de fabrico, sendo para tal necessário, o desenvolvimento de um conjunto de ferramentas (software) que permitam alcançar o objectivo desejado: a integração.

A integração de uma empresa tem por base uma representação abstracta e estruturada (modelo) dos vários elementos que constituem a empresa e das suas interacções. O conceito de integração de uma empresa baseia-se numa arquitectura global para implementar a integração. Um componente desta arquitectura, a caracterização da empresa, tem como função efectuar uma análise da empresa, identificando qual a informação mais relevante para o funcionamento da empresa, e especificando o contexto organizacional no qual ocorre a integração dos dados e dos vários sistemas que a constituem. Esta é a função desempenhada pelo modelo.

No entanto a elaboração do modelo deve assentar na existência de estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os agentes funcionais da empresa, ou seja na existência de uma ontologia. Esta pode ser vista como um canal de comunicação que oferece uma representação de base para os agentes da empresa e uma linguagem standard de comunicação, definindo um vocabulário para a definição precisa de termos (e o seu significado) e das relações entre eles. Resumindo, a ontologia permite realizar a união das funções da empresa, do seu conhecimento, e das ferramentas(aplicações).

Concluí-se que o modelo é o ponto fulcral de todo o processo, pois todos os passos a seguir passam pela sua definição. Em §3.2.6 foram descritos quais os requisitos a serem satisfeitos pelo modelo dos quais se vão destacar os seguintes, assim o modelo deve:

- Ser executável, reutilizável, expansível e permitir a simulação de situações;
- Aceder à informação de um modo transparente;
- Ser completo (para ser reutilizável);
- Fornecer uma visão global da empresa, e adaptada às necessidades de cada tipo de utilizador;
- Fornecer um modelo comum e partilhado de informação;
- Deve ser estruturado como segundo o método de um MM ou em MD, ou uma combinação de ambos, um meta-modelo;

Para se assegurar que o modelo seja executável a metodologia deve cobrir a parte principal do ciclo de vida de um programa, o seu desenvolvimento (formulação do problema, análise de requisitos, concepção e implementação). Isto é característico da maioria das MOO.

O conceito da abstracção, em particular na forma da generalização permite ter uma maior flexibilidade no modelo, para futuras alterações. Também fornece a estrutura para a heredirateriedade dos dados e do comportamento numa hierarquia, formando assim a base para a reutilização do modelo.

A combinação dos dados e do comportamento numa única entidade (objecto) e o polimorfismo inerente a uma MOO facilita a expansibilidade do modelo.

A aplicação de MOO à simulação de ambientes distribuídos (como é o caso de um sistema de fabrico) traz vantagens. Este também é um dos requisitos para o modelo.

A MOO permite fornecer uma solução semelhante ao problema original o que contribui para uma melhor compreensão do modelo por parte dos seus utilizadores.

O conceito de interoperabilidade conjuntamente com o polimorfismo permite implementar uma transparência na localização e acesso da informação e recursos num sistema distribuído, reduzindo a complexidade global do sistema.

A ocultação da informação e encapsulamento permitem que as soluções baseadas em MOO tenham um característica modular o que facilita a sua expansibilidade, modificação e reutilização.

A melhor solução a adoptar para a estruturação do modelo é uma combinação de ambos os métodos (MM e MD) num meta-modelo, o que implica a existência de uma estrutura semântica robusta (ontologia) que possa realizar uma ponte, e ligar todos os elementos do modelo. Tem-se assim um modelo distribuído que pode ser implementado recorrendo às tecnologias existentes na área dos sistemas distribuídos.

Podemos assim dizer que as MOO permitem implementar uma solução que satisfaz os requisitos do modelo.

4.4.1 - Análise de Metodologias Existentes

O significado literal de metodologia é "o estudo de métodos". No entanto, no contexto em que é utilizada, engenharia de software, uma metodologia consiste numa "abordagem para realizar uma determinada tarefa" [Berard, 93b]. Assim pode falar-se de metodologias de análise, metodologias de concepção, metodologias de teste, metodologias de gestão e outras.

O conceito de MOO tem vindo a suscitar um interesse cada vez maior ao longo dos últimos anos. Este fenómeno é evidenciado pelo número de artigos e *papers* publicados em várias revistas da especialidade, conferências, livros e outros meios. Diversos projectos de dimensões

elevadas adoptaram uma abordagem e tecnologia OO e os resultados positivos que se verificaram levaram a que mais organizações seguissem o mesmo caminho [Hong, 93].

No entanto, as MOO estão ainda numa fase de crescimento e continuam a evoluir, sendo um exemplo [Embley, 95] que desenvolveu uma nova MOO. Existem mais de uma dezena de MOO que são utilizadas de um modo geral, mas até agora nenhuma delas consegui reunir um consenso global para aceitação. A principal razão prende-se pelo facto de ainda existirem várias características fundamentais sobre as quais a comunidade geral ainda não estabeleceu um consenso.

O conjunto de MOO que se apresenta a seguir, não é de nenhum modo exaustivo, mas fornece uma representação razoável da maioria das MOO existentes actualmente:

- Balin
- Booch
- Berard
- Coad-Yourdon
- Colbert
- Embly-Kurtz
- Firesmith
- Fusion
- GOOD
- Henderson-Sellers
- HOOD
- IBM
- Martin-Odell
- Objectory
- OOSD
- Rumbaugh
- Shlaer-Mellor
- Smith-Tockey
- Synthesis
- Wirfs-Brock

Para realizar uma primeira selecção das MOO deve ter-se em conta o seguinte:

- As metodologias devem ser aceites pela comunidade de utilizadores como "verdadeiras" MOO;
- Devem estar descritas em bibliografia adequada ou num livro, para que exista suficiente informação disponível.

Outros factores que pesam na selecção das MOO como os principais requisitos para o desenvolvimento das aplicações são: a maturidade, a suficiência e a aceitação geral das metodologias.

As MOO que satisfazem estes critérios são [Hong, 93]:

- Booch;

- Coad-Yourdon;
- Martin-Odell;
- Rumbaugh;
- Shlaer-Mellor;
- Wirfs-Brock.

Refira-se que o critério adoptado poderá excluir evoluções recentes no campo das MOO (como, aliás é o caso de [Embley, 95]). Seguidamente efectua-se uma breve descrição de cada uma das MOO seleccionadas [Hutt, 94].

4.4.1.1 - OODA, Booch

A metodologia descrita por Booch é vocacionada fundamentalmente para a fase de concepção de um projecto. São descritas propriedades gerais a que devem obedecer sistemas complexos e estruturados. Os sistemas desenvolvidos com esta metodologia devem satisfazer estas propriedades.

Em OODA o domínio do problema é modelizado segundo duas perspectivas diferentes: a estrutura lógica do sistema e a estrutura física do sistema. Para cada uma, são modelizadas as semânticas estáticas e dinâmicas. Esta metodologia descreve várias técnicas para se realizarem estas tarefas, e fornece um conjunto completo de notações gráficas.

4.4.1.2 - OOA/OOD, Coad & Yourdon

Esta metodologia é baseada em princípios gerais para gerir a complexidade de sistemas. Durante a fase de análise o domínio do problema é modelizado em cinco camadas, nas quais os objectos, classes, relações, as estruturas hierárquicas, conexões de mensagens e outros são recolhidos.

Na fase da concepção estas camadas são melhoradas de acordo com quatro componentes: um componente do Domínio do Problema, um componente de Interacção Humana, um Componente de Gestão de Tarefas e um componente de Gestão de Dados. Existe uma notação gráfica para representar o modelo de cinco camadas e o domínio do problema, o comportamento dinâmico dos objectos e as estruturas funcionais.

4.4.1.3 - OOAD, Martin & Odell

A metodologia proposta por Martin & Odell é baseada na lógica e na teoria dos conjuntos. Os autores fornecem uma extensa introdução de todos os conceitos e discutem a gestão da complexidade do sistema como um dos objectivos principais. A descrição do comportamento dos objectos é o ponto fundamental de interesse. Existem técnicas para identificar objectos e as suas relações, para descrever o seu comportamento dinâmico e para recolher os processos situados nos níveis mais elevados do sistema.

4.4.1.4 - OMT, Rumbaugh

Esta metodologia tem por objectivo a criação de programas estáveis, dando mais enfâse aos dados do que às funções. É dividida em três fases: a Análise para descrever o domínio do problema. a Concepção do Sistema para conceber a estrutura global do sistema e a Concepção dos Objectos para melhorara as estruturas dos objectos com vista a uma implementação eficiente.

São fornecidas técnicas para descrever o domínio do problema sob três perspectivas diferentes: a estrutura estática de objectos e classes, o comportamento dinâmico dos objectos e as estruturas funcionais.

4.4.1.5 - OOSA, Shlaer & Mellor

Esta metodologia abrange a análise OO e fornece uma metodologia para resolver problemas que são encontrados nas abordagens de análise estruturada. O seu principal objectivo é descrever os aspectos estáticos dos objectos. Os aspectos dinâmico e funcional são brevemente referidos. São propostas técnicas para modelizar os aspectos estático, dinâmico e funcional dos objectos.

4.4.1.6 - DOOS, Wirfs-Brock

Esta metodologia abrange principalmente a fase de análise do ciclo de vida de desenvolvimento do sistema. São utilizados dois conceitos principais para gerir a complexidade do meio, a abstracção e o encapsulamento. O domínio do problema é descrito como um conjunto de tarefas cooperantes.

O sistema é desenvolvido em duas etapas. Durante a fase inicial de exploração, são identificados os objectos, as suas responsabilidades e as cooperações necessárias para satisfazer aquelas. A fase de análise detalhada optimiza os resultados da primeira fase. Na segunda fase são introduzidas duas técnicas gráficas. Uma delas tem como função representar as classes e as suas estruturas e a outra representa as classes, os subsistemas e as relações entre cliente-servidor.

4.4.2 - Justificação para a MOO escolhida.

Das MOO seleccionadas anteriormente ir-se-á determinar qual a que é mais adequada para a aplicação em causa, fornecendo uma fundamentação para tal escolha. Esta será realizada segundo os critérios que a seguir se apresentam:

- Vantagens inerentes à MOO considerada;
- Aplicação a que se destina;
- Satisfação dos requisitos da aplicação;
- Experiência do utilizador com a MOO;

Em relação ao primeiro critério deve estabelecer-se uma comparação entre as várias MOO. No entanto deve salientar-se que o processo de comparação de MOO é complexo pelo facto das metodologias existentes serem compostas de descrições informais, tendo cada metodologia o seu conjunto de definições, conceitos, técnicas e notações. Assim, todas as decisões que se tomem quanto à existência de uma característica numa metodologia, são baseadas em definições informais e exemplos referidos na documentação existente.

O vocabulário constitui um problema, pois muitas vezes o mesmo termo é utilizado para conceitos diferentes, e outras diferentes termos são utilizados para o mesmo conceito. Do mesmo modo, o tratamento não uniforme de um conceito constitui outro problema, pois muitas vezes têm-se de comparar elementos que são "incomparáveis". A comparação está assim sujeita à percepção da pessoa que efectua essa tarefa. Para se ter um nível de objectividade e de precisão as MOO devem ser comparadas sendo fundamentadas numa base uniforme, formal e imparcial [Hong, 93]. Mas este é um tema que está fora do âmbito desta dissertação.

Também se torna difícil classificar uma MOO (mesmo tendo efectuado uma comparação com outras metodologias), pois não existe um standard que defina o que é uma MOO "ideal" [Hong, 93]. Assim a qualidade ou eficiência de uma MOO deve ser examinada sobre todas as

perspectivas, tais como a complexidade e dimensão da aplicação e a experiência da organização que a quer adoptar, em termos de engenharia de software.

[Berard, 93b] realiza uma pequena análise a várias MOO, entre as quais se encontram as MOO que estão a ser consideradas nesta secção. Nesta análise, Berard define o conceito de MOO completa, no sentido em que a metodologia fornece um conjunto relativamente completo de tarefas, documentação, heurísticas, funções e responsabilidades. Este conceito tem duas dimensões:

- Cobertura: que indica qual a cobertura que é dada ao ciclo de desenvolvimento do software, e quais são as actividades especificas de engenharia de software que são abordadas;

- Profundidade: que indica até que nível de detalhe é realizada cada actividade de engenharia de software;

Para cada uma das metodologias em questão temos o seguinte:

- Coad & Yourdon: tem cobertura (abrange a análise, concepção e implementação), mas muita pouca profundidade e muito poucas heurísticas;
- Booch: tem uma menor cobertura que a anterior, mas dá mais ênfase à área da concepção, com alguma cobertura da análise. Tem heurísticas mas é fraca nos processos;
- Rumbaugh: tem cobertura (análise, concepção e implementação), sendo forte nos processos (boa profundidade) e tem algumas heurísticas;
- Shlaer & Mellor: tem cobertura (análise e concepção), profundidade, e algumas heurísticas;
- Wirfs-Brock: carece de cobertura (dá mais importância à concepção e à implementação), mas tem alguma profundidade, sendo fraca em heurísticas.
- Martin & Odell: tem cobertura (análise e concepção), sendo fraca nos processos (reduzida profundidade), tendo algumas heurísticas;

Desta comparação e utilizando dados de [Berard, 93c] no que diz respeito às heurísticas, podemos concluir que as MOO mais completas são: Coad & Yourdon, Rumbaugh e Shlaer & Mellor, sendo a metodologia de Rumbaugh a melhor colocada.

Em [Berard, 93c] encontra-se uma comparação mais exaustiva compreendendo dez MOO, entre as quais se encontram incluídas aquelas que estão a ser analisadas nesta secção. Neste artigo são mais uma vez referidas as dificuldades para efectuar uma comparação objectiva entre MOO e é indicada e descrita alguma bibliografia onde se efectuam comparações de MOO.

A comparação é realizada através de uma metodologia de avaliação estruturada abrangendo as seguintes áreas:

- Conceitos: descreve como é que cada MOO define e trata os conceitos de objecto, classe, meta-classe e operação;

- Notações: descreve quais as técnicas (textuais, gráficas, ou outras) que são utilizadas para recolher e representar a informação; é avaliada ainda a expressividade, a completação a nível sintáctico e semântico e a incrementabilidade;

- Processos: uma MOO deve descrever quais as etapas a seguir e em que sequência para realizar a tarefa de modelização; é avaliado qual é o nível de cobertura do ciclo de desenvolvimento, para que contextos de desenvolvimento é adequado e quais as heurísticas presentes;

- Pragmática: descreve em que medida é que uma MOO pode ser utilizada na aplicação da engenharia de software a aplicações reais. A pragmática abrange os seguintes aspectos: recursos necessários, experiência requerida, adequabilidade da linguagem e domínio de aplicabilidade;

- Suporte para Engenharia de Software: descreve se a MOO tem em conta directamente ou especificamente os conceitos de reutilização, resolução, possibilidade de alterações

e integridade conceptual. Ainda refere a forma como a metodologia trata sistemas de dimensão elevada e/ou sistemas em tempo real;

- Comercialização: descreve as considerações práticas para tornar a MOO comercializável ou útil.

Da análise dos conceitos verifica-se que existe uma tendência contínua para a orientação para objectos. Assim as metodologias de Booch e Wirfs-Brock são as mais orientadas a objectos, com uma maior ênfase nos objectos e dando menos relevância às associações e relações. São seguidas de Coad & Yourdon. Aparecem depois Rumbaugh e Shlaer & Mellor com uma grande ênfase nas associações e nas relações, elevando estes itens à categoria de objectos. Martin & Odell é a menos orientada para objectos, tendo uma elevada orientação para o comportamento.

Segundo a análise para as notações, verifica-se que Rumbaugh, Shlaer & Mellor, Booch, Coad & Yourdon e Wirfs-Brock possuem notações bem definidas. A metodologia de Martin & Odell necessita de melhorias no que diz respeito à notação.

Para a análise dos processos chega-se à conclusão que a definição de processos difere muito de uma metodologia para outra. As metodologias que têm os processos relativamente melhor elaborados são as de Rumbaugh, Shlaer & Mellor, Coad & Yourdon, Booch e de Wirfs-Brock. A metodologia de Martin & Odell apresenta muito pouco em termos de definição do processo.

Verifica-se que em termos pragmáticos as metodologias de Rumbaugh, Coad & Yourdon, Booch e Shlaer & Mellor são suportadas por um conjunto significativo de ferramentas.

Da análise de suporte para Engenharia de Software verifica-se que só Booch se destaca neste aspecto. De um modo geral os aspectos de reutilização, resolução, possibilidade de alterações e integridade conceptual são levemente considerados nas outras metodologias.

Estamos agora em condições de avaliar os segundo e terceiro critérios de escolha, ou seja, a aplicação a que se destina e a satisfação dos requisitos da aplicação. Como já foi referido a aplicação consiste na concepção do modelo da empresa.

No contexto actual, a maioria das empresas emprega ainda ferramentas, tecnologia e métodos de trabalho baseados em metodologias tradicionais (orientadas aos processos ou aos dados). A introdução de inovações deve ser feita de um modo gradual (incremental) de modo a

não provocar rupturas no sistema. Assim a empresa deseja efectuar as alterações para melhorar o seu sistema, mas não de um modo brusco.

Para tal deve-se optar por uma metodologia que não seja totalmente orientada para objectos. Da análise dos conceitos verifica-se que as mais indicadas são as de Rumbaugh e Shlaer & Mellor, que são no fundo metodologias evolutivas pois não são muito orientadas a objectos. Como cada uma delas ainda utiliza significativamente estruturas de dados, o impacto nas ferramentas, tecnologia e métodos na empresa será mínimo.

Tem-se assim restringido o leque de metodologias a duas: Rumbaugh e Shlaer & Mellor.

Seguindo o raciocínio para o terceiro critério, a satisfação dos requisitos da aplicação, neste caso o modelo, verifica-se que a metodologia de Shlaer & Mellor não satisfaz alguns dos requisitos, nomeadamente ao nível de poder abranger todos os aspectos relevantes para o funcionamento da empresa. O principal objectivo da metodologia de Shlaer & Mellor é descrever os aspectos estáticos dos objectos. Os aspectos dinâmico e funcional são brevemente referidos. Ora isto constitui uma séria desvantagem em relação à metodologia de Rumbaugh em que são fornecidas técnicas para descrever o domínio do problema sob três perspectivas diferentes: a estrutura estática de objectos e classes, o comportamento dinâmico dos objectos e as estruturas funcionais.

Tudo aponta então para a escolha da metodologia de Rumbaugh. Mas ainda existem outras razões que vêm confirmar esta escolha.

A análise é a etapa mais importante no processo de desenvolvimento de software, e não só por ser a primeira, mas porque constitui por assim dizer os "alicerces" de todo o sistema. A análise consiste no estudo de um sistema com o propósito de se compreenderem e especificarem as suas características principais, centralizando a sua atenção nos problemas inerentes ao mundo real, enquanto que a concepção e a implementação estão orientadas para soluções computorizadas [Embley, 95]. No processo de análise não devem ser introduzidas considerações de concepção, ou seja, introduzir soluções antes do problema estar completamente definido, com as consequências que isso pode ter mais tarde a nível do desempenho da aplicação. Mais uma vez realça-se o papel fundamental da análise no ciclo de desenvolvimento da aplicação.

Segundo [Embley, 95], de entre as MOO que são analisadas nesta secção a que contém maior número de características de análise é a de Rumbaugh. Logo mais uma razão para a sua escolha.

O último critério, da experiência do utilizador com o método não deixa de ter a sua importância, pois se o utilizador do método não se sentir à vontade no seu emprego, isso pode levar a resultados errados. Como já possuía um conhecimento anterior do método isso vem dar mais uma razão para a sua escolha.

4.4.3 - Descrição da MOO

Esta descrição pretende ser o mais sucinta possível, pelo que, pretendendo-se um aprofundamento destes conceitos, dever-se-á consultar a bibliografia recomendada, [Rumbaugh et all, 91].

4.4.3.1 - Metodologia

A metodologia proposta por Rumbaugh consiste na construção de um modelo a partir de um domínio de aplicação. Sobre este adicionam-se detalhes de implementação durante a concepção do sistema. Esta abordagem é designada por técnica de modelização por objectos (OMT - *Object Modelling Technique*). A metodologia inclui as seguintes etapas, que a seguir se descrevem.

Análise

A partir da formulação do problema o analista constrói um modelo da situação em estudo do mundo real, mostrando as suas propriedades mais importantes. Este deve trabalhar em conjunto com o cliente (quem elabora os requisitos) para compreender o problema, pois muito raramente as especificações do problema estão completas ou correctas.

O modelo de análise é uma abstracção precisa e concisa que especifica o que o sistema desejado deve fazer, e não como será feito. Os objectos no modelo devem ser conceitos do domínio da aplicação e não conceitos de implementação computacional, tais como estruturas de dados. Um bom modelo deve ser compreendido e criticado por peritos da aplicação que não são programadores. O modelo de análise não deve conter nenhuma decisão de implementação.

Concepção do Sistema

O projectista do sistema toma decisões de alto-nível acerca da arquitectura global. Durante a concepção do sistema, este é organizado em subsistemas, baseados na estrutura da análise e na arquitectura proposta. O projectista deve decidir quais as características de desempenho que deve optimizar, escolher uma estratégia para atacar o problema e realizar tentativas de alocação de recursos.

Concepção de Objectos

O projectista de objectos elabora um modelo de concepção baseado no modelo de análise, mas contendo este detalhes de implementação. O projectista adiciona detalhes ao modelo de concepção de acordo com uma estratégia estabelecida durante a concepção do sistema. O objectivo da concepção de objectos são as estruturas de dados e os algoritmos necessários à implementação de cada classe.

As classes de objectos da análise ainda não adquiriram significado, mas são incrementadas com estruturas de domínio computacional e algoritmos escolhidos para optimizar medidas de desempenho importantes. Os objectos do domínio da aplicação e os objectos do domínio computacional são descritos utilizando os mesmos conceitos e notação OO., embora existam em diferentes planos conceptuais.

Implementação

As classes de objectos e as relações desenvolvidas durante a concepção de objectos são finalmente convertidas numa linguagem de programação, numa base de dados, implementação de hardware. A programação deve ser uma parte "mecânica" e de importância reduzida do ciclo de desenvolvimento, porque todas as decisões complexas devem ser feitas durante a concepção.

No entanto a linguagem de programação final, influencia as decisões da concepção até certo ponto, mas a concepção não deve ser dependente de detalhes muitos pormenorizados da linguagem.

Durante a implementação é importante seguir bons princípios de engenharia de software de modo a que se possa aceder às decisões tomadas na concepção de um modo directo (resolução) e que o sistema final seja flexível e expansível.

Os conceitos OO podem ser aplicados através do ciclo de desenvolvimento do sistema , desde a análise através da concepção e até à implementação. As mesmas classes podem ser

transportadas de umas etapas para outras sem uma alteração na notação, embora se acrescentem detalhes de implementação adicionais nas últimas etapas. Algumas classes podem não fazer parte da análise mas são introduzidas como fazendo parte da concepção e da implementação, como suporte de algoritmos específicos. Estas estruturas de dados de objectos são usadas para implementar objectos do mundo real no interior de um computador mas não obtêm as suas propriedades directamente do mundo real.

4.4.3.2 - A Técnica de Modelização por Objectos - OMT

A modelização de um sistema é feita a partir de três pontos de vista relacionados mas diferentes, cada um recolhendo aspectos importantes do sistema, mas sendo todos necessários para uma completa descrição do sistema.

A técnica de modelização por objectos (OMT) combina estas três vistas de modelização de um sistema. O modelo de objectos representa os aspectos estruturais, estáticos (dados) do sistema. O modelo dinâmico representa os aspectos temporais, de comportamento, de controlo do sistema. O modelo funcional representa os aspectos de conversão, funcionais do sistema. Cada modelo contém referências a entidades existentes noutros modelos.

Os três tipos de modelos separam o sistema em "vistas" ortogonais que podem ser representadas e manipuladas com uma notação uniforme. Os diferentes modelos não são completamente independentes (um sistema é mais do que um conjunto de partes independentes), mas cada modelo pode ser analisado e compreendido por si só. As interconexões entre os diferentes modelos são limitadas e explicitas.

Cada um dos modelos evolui durante o ciclo de desenvolvimento. Durante a análise, um modelo do domínio de aplicação é construído sem ter em conta uma eventual implementação. Durante a concepção, são adicionadas ao modelo detalhes de implementação do domínio. Durante a implementação, ambos os detalhes do domínio da aplicação de implementação do domínio são codificados. O termo "modelo" tem duas dimensões: uma vista de um sistema (modelo de objectos, dinâmico, ou funcional) e uma etapa funcional (análise, concepção e implementação).

Descrevem-se de seguida cada um dos modelos em maior pormenor.

Modelo de Objectos

O modelo de objectos descreve a estrutura dos objectos num sistema: a identidade, as relações com outros objectos, os atributos e operações. O modelo de objectos fornece a estrutura

essencial na qual os modelos dinâmico e funcional podem ser colocados. As alterações e transformações carecem de significado a não ser que haja algo que necessite de ser modificado ou transformado. Os objectos são as unidades nas quais dividimos o mundo, as "moléculas" do modelo.

O objectivo ao construir um modelo de objectos é recolher os conceitos do mundo real que são importantes para a aplicação em vista. Um modelo de análise não deve conter elementos computacionais a não ser que a aplicação a modelizar seja inerentemente um problema computacional. Um modelo de concepção descreve o modo de resolver um problema e já pode conter elementos computacionais.

O modelo de objectos é representados graficamente através de diagramas de objectos contendo classes de objectos. As classes estão organizadas em hierarquias que partilham uma estrutura e comportamento comuns e encontram-se associadas com outras classes. As classes definem os valores dos atributos de cada instância (objecto) e as operações que cada objecto desempenha ou suporta.

Modelo Dinâmico

O modelo dinâmico descreve os aspectos de um sistema relacionados com o tempo e o sequenciamento de operações. Ou seja, eventos que desencadeiam alterações, sequências de eventos, estados que definem o contexto para eventos e a organização de eventos e estados. O modelo dinâmico assimila o controlo, um aspecto de um sistema que descreve a sequência das operações que ocorrem, sem ter em conta qual o desempenho das operações, em que actuam, ou como estão implementadas.

O modelo dinâmico é representado graficamente através de diagramas de estados. Cada diagrama de estados mostra as sequências de eventos e estados permitidas num sistema para uma dada classe de objectos. Os diagramas de estados também se referem a outros modelos. As acções mos diagramas de estado correspondem às funções no modelo funcional. Os eventos num diagrama de estados são as operações nos objectos, no modelo de objectos.

Modelo Funcional

O modelo funcional descreve os aspectos de um sistema que dizem respeito às transformações que ocorrem nos valores (funções, mapeamentos, restrições e dependências funcionais). Assim, recolhe o que o sistema faz sem ter em conta como o realiza e quando.

O modelo funcional é representado graficamente através de diagramas de fluxo de dados. Estes mostram as dependências entre valores e a computação de valores de saída a partir de valores de entrada e funções, sem ter em conta se as funções são executadas ou quando são. As funções são invocadas como acções no modelo dinâmico e são visualizadas como operações em objectos no modelo de objectos

Relações entre os Modelos

Cada modelo descreve um aspecto do sistema mas contém referências aos outros modelos. Assim o modelo de objectos descreve a estrutura de dados sobre a qual operam os modelos dinâmico e funcional. As operações no modelo de objectos correspondem aos eventos no modelo dinâmico e ás funções no modelo funcional.

O modelo dinâmico descreve a estrutura de controlo dos objectos. Revela decisões que dependem dos valores de um objecto e que causam acções que alteram os valores dos objectos e invocam funções.

O modelo funcional descreve funções invocadas por operações no modelo de objectos e acções no modelo dinâmico. As funções operam nos valores dos dados especificados pelo modelo de objectos. O modelo funcional revela ainda restrições sobre os valores dos objectos.

4.4.3.3 - Notação

Nas figuras seguintes é apresentada a notação gráfica que é utilizada nesta dissertação tendo por base a OMT. Apenas são mostrados os principais conceitos, podendo-se consultar os restantes na bibliografia [Rumbaugh et all, 91].

Modelo de Objectos - Notação

Na fig. 4.2 é apresentada a notação correspondente ao modelo de objectos. Estão definidas na figura as notações a usar para os seguintes conceitos básicos: classe, associação, associação qualificada, generalização, agregação, multiplicidade de associações, atributo de ligação e associação ternária.

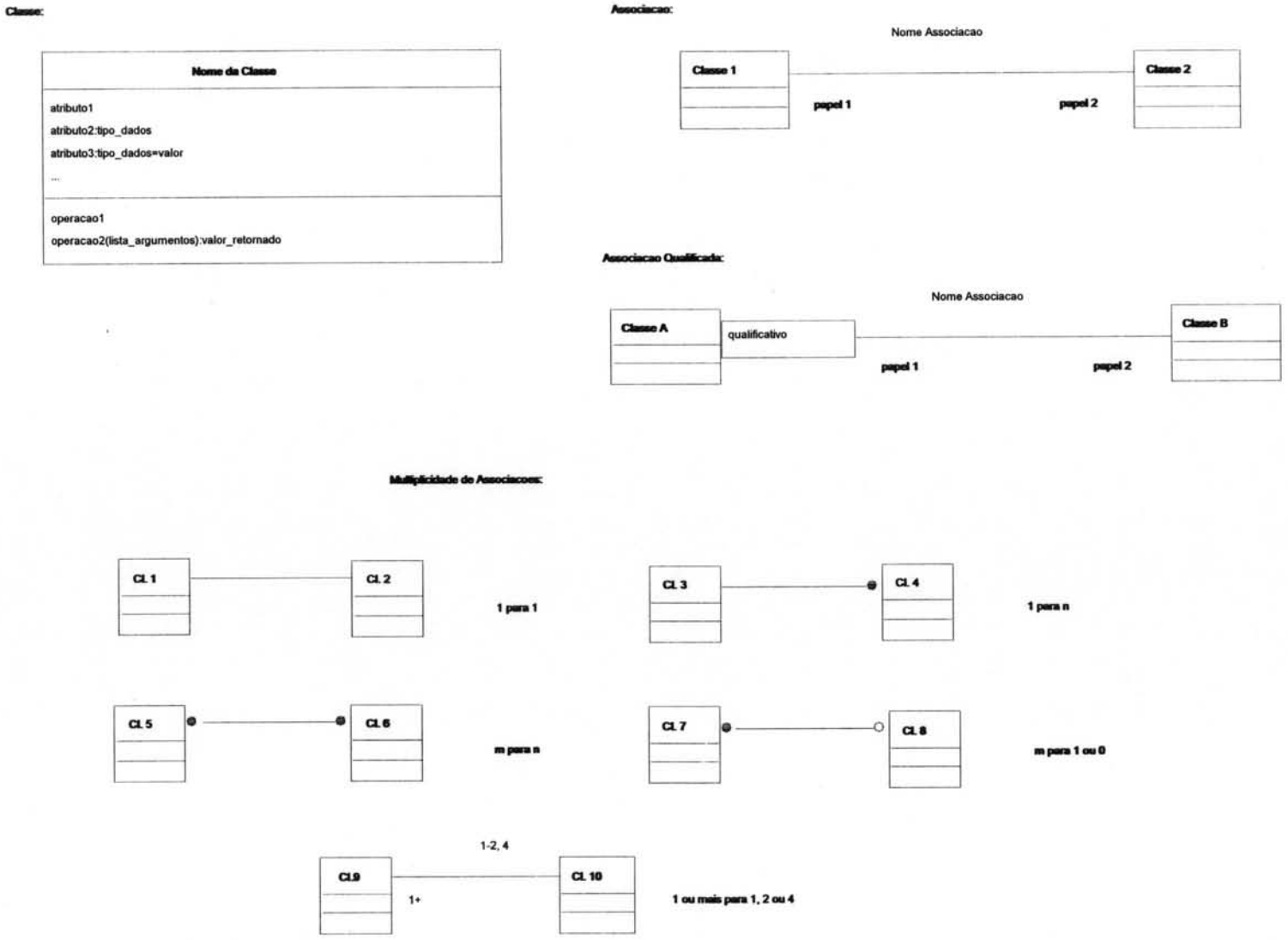


fig. 4.2 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos básicos)

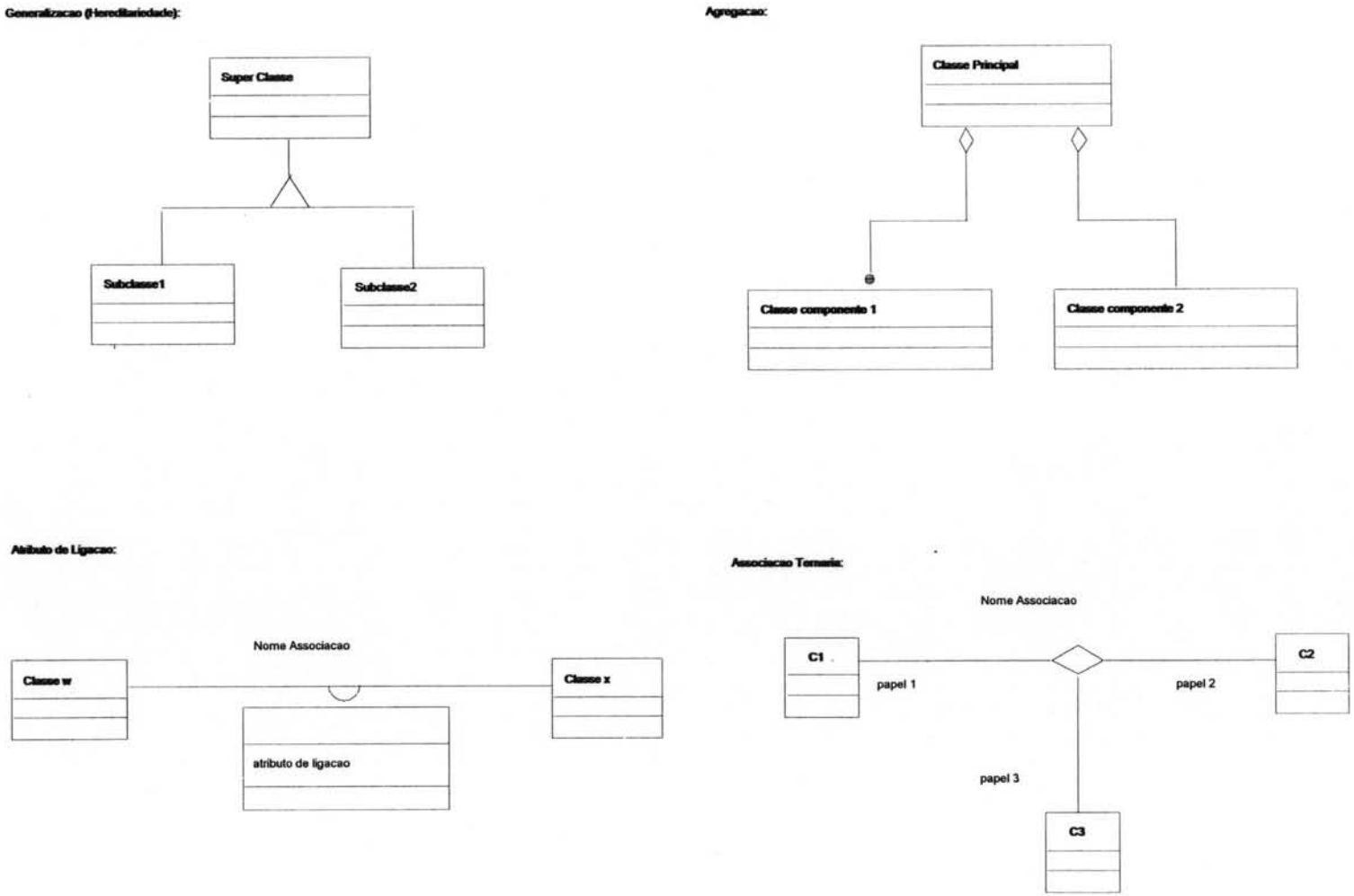


fig. 4.3 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos básicos)

Nas figs. 4.4 e 4.5 é apresentada a segunda parte da notação correspondente ao modelo de objectos, onde estão definidas as notações a usar para os seguintes conceitos avançados: operação abstracta, associação como classe, propriedades da generalização, restrições em objectos e restrições entre associações.

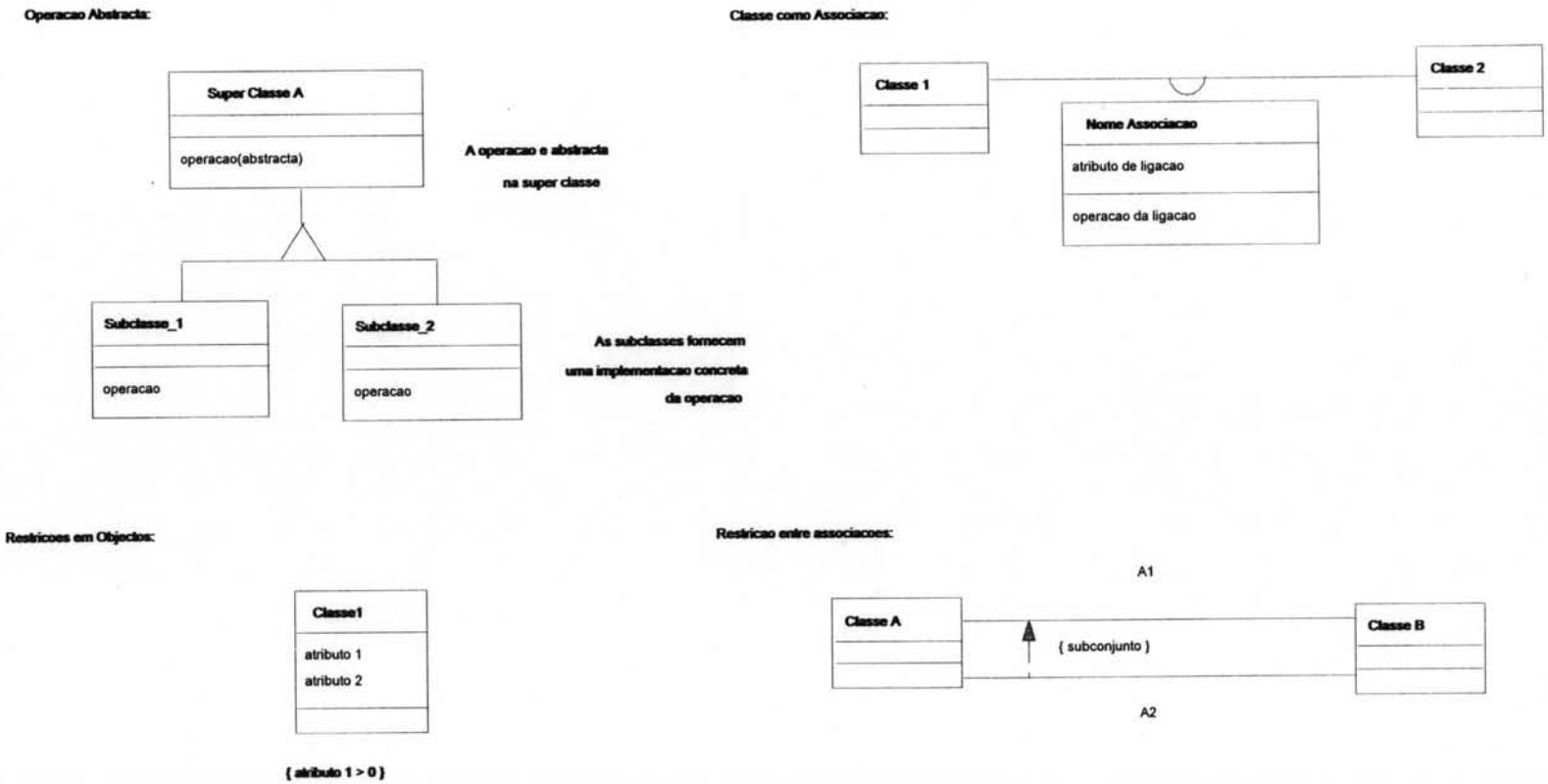


fig. 4.4 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos avançados)

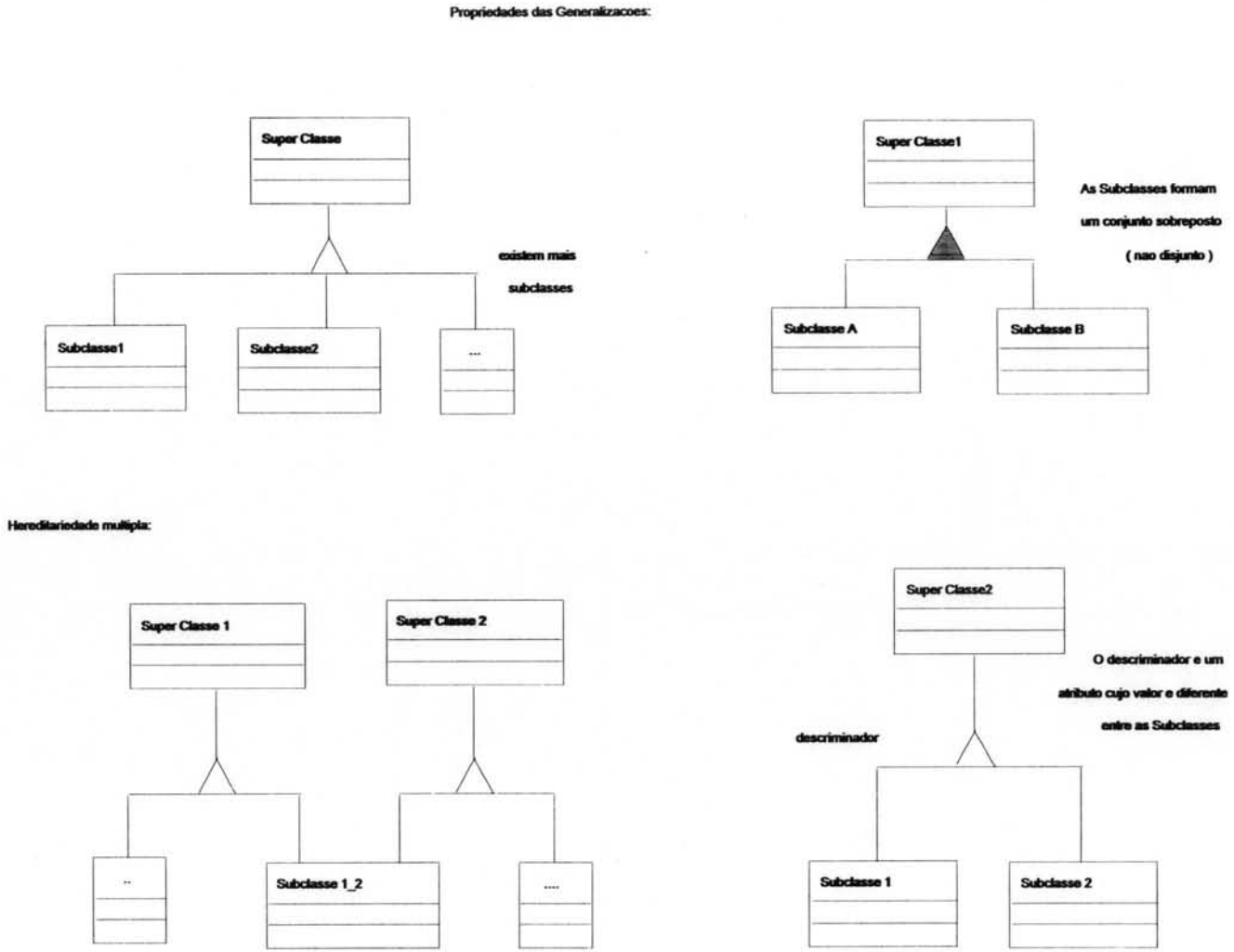


fig. 4.5 - Notação do Modelo de Objectos (conceitos avançados)

Modelo Dinâmico - Notação

Na figs. 4.6 e 4.7 é apresentada a notação correspondente ao modelo dinâmico.

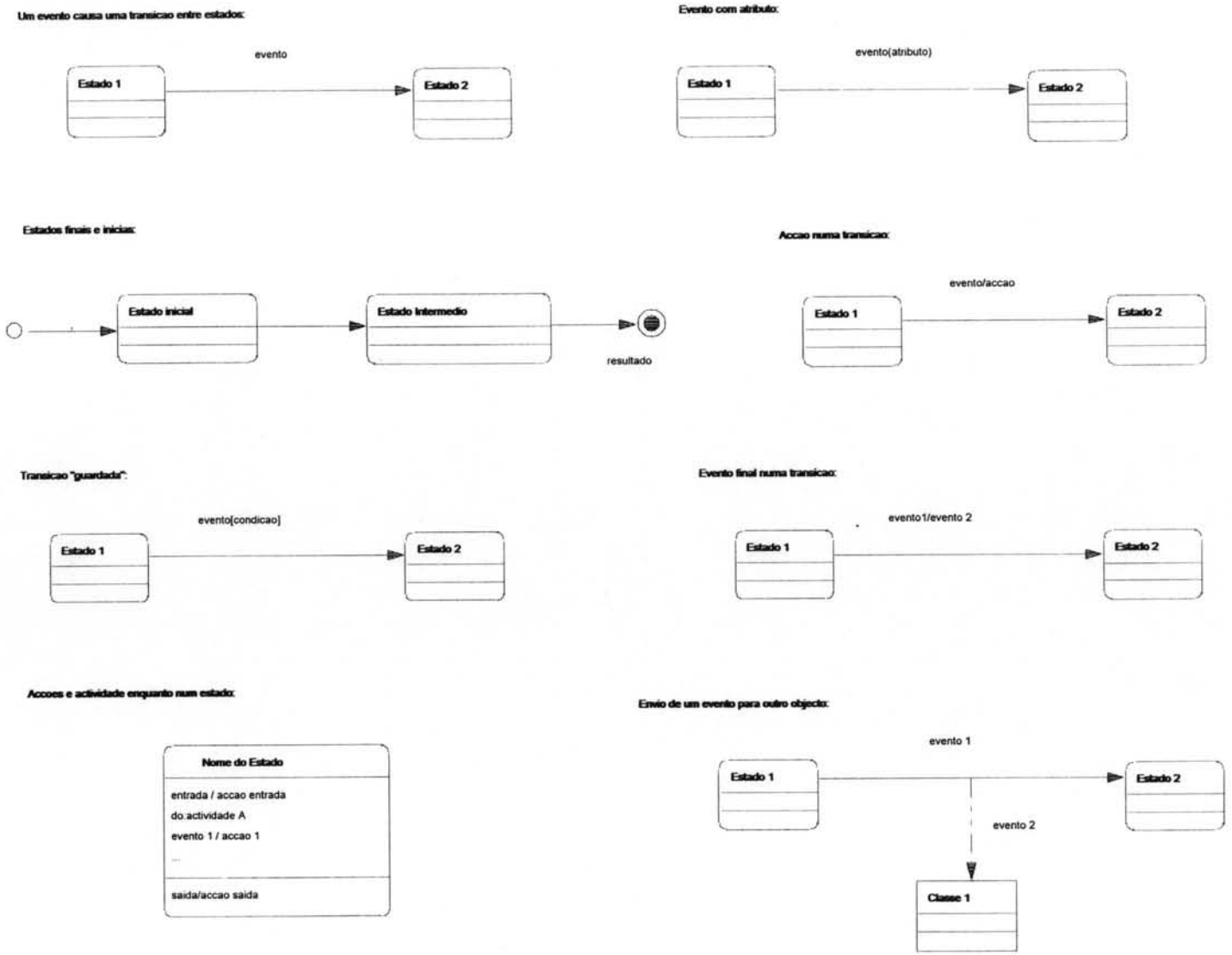


fig. 4.6 - Notação do modelo dinâmico.

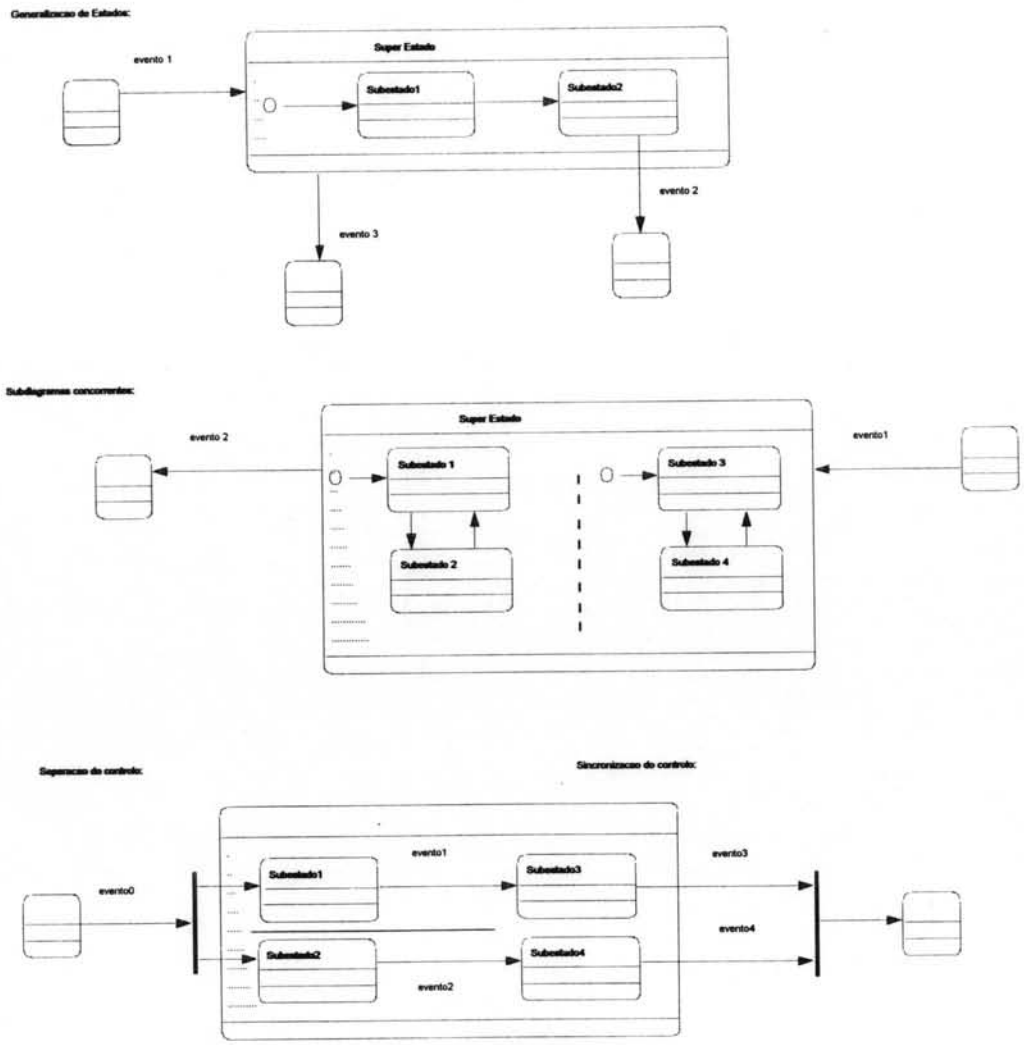


fig. 4.7 - Notação do modelo dinâmico.

Modelo Funcional - Notação

Nas figs. 4.8 e 4.9 é apresentada a notação correspondente ao modelo funcional.

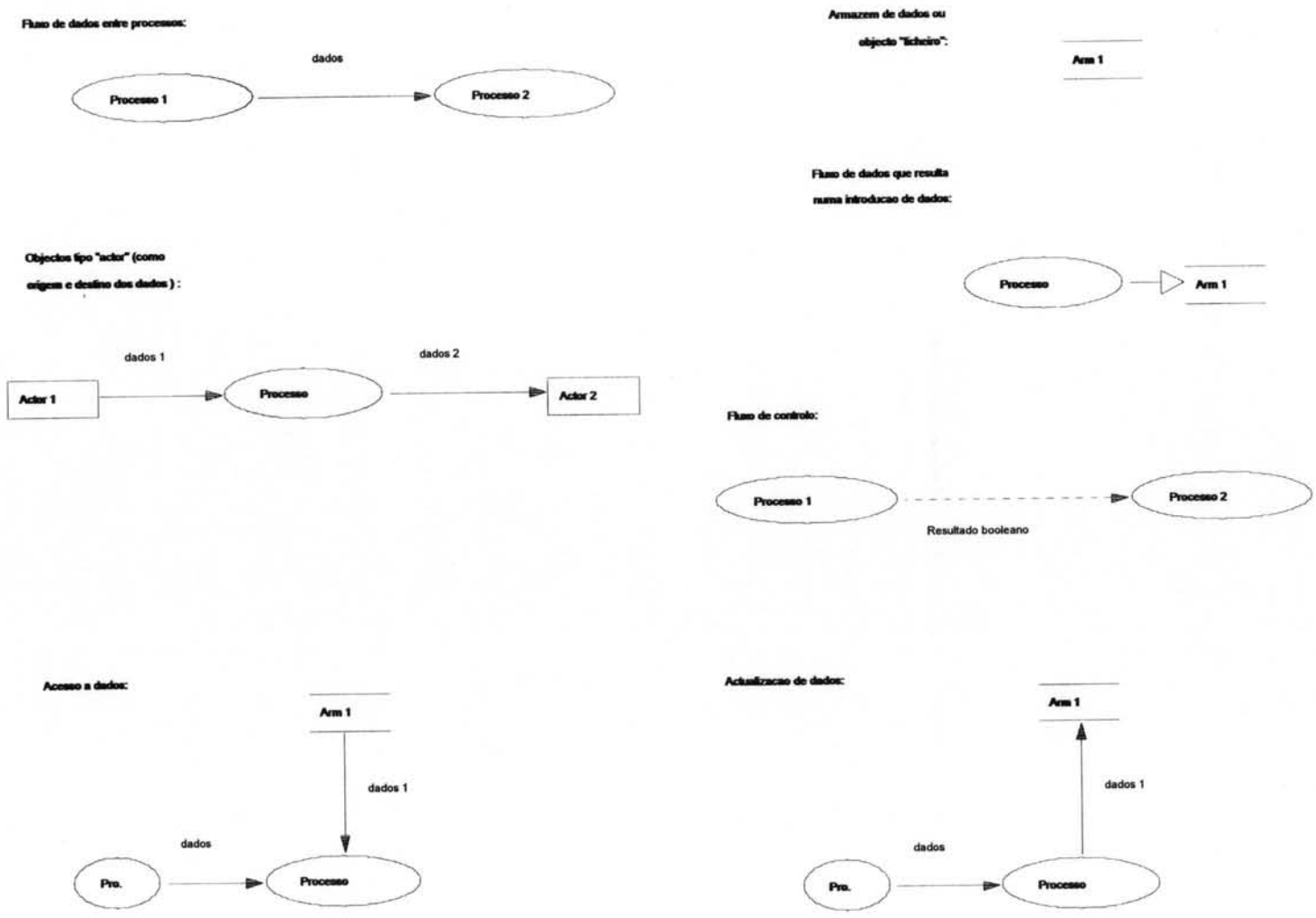


fig. 4.8 - Notação do modelo funcional.

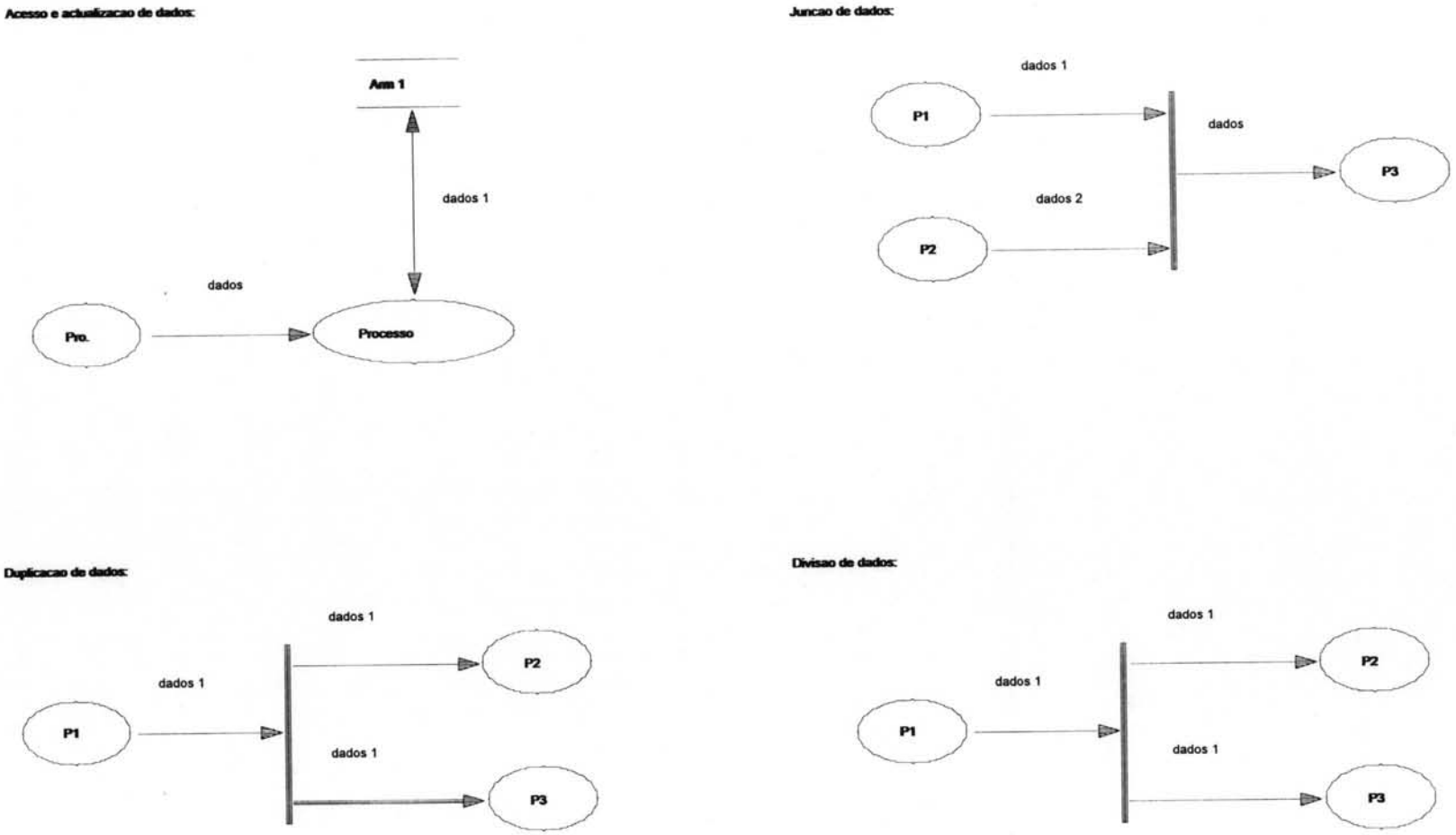


fig. 4.9 - Notação do modelo funcional.

4.5 - Metodologias Orientadas para Objectos e Sistemas de Computação Distribuídos

4.5.1 - A Empresa como um Sistema Distribuído

Uma empresa, em particular um sistema de fabrico, é inerentemente um sistema distribuído a vários níveis: ao nível da informação, ao nível das aplicações ou processos e ao nível físico.

Em relação ao nível da informação, devido à própria organização estrutural da empresa, esta encontra-se dividida em várias áreas funcionais (administrativa, fabrico, concepção, planeamento, produção). Assim, existem requisitos diferentes de informação para cada uma destas áreas sendo também diferente o tipo de informação que é utilizado em cada área. Torna-se necessário a existência de bases de dados distribuídas, em que a cada área específica corresponde o tipo de informação requerido. Estas têm várias vantagens sobre a existência de uma única base de dados (centralizada), das quais se destacam [Oszu, 91]:

- Autonomia local: como os dados são distribuídos, um grupo de utilizadores que partilhe esses dados pode tê-los localizados junto de si. Assim existirá um controlo local dos dados;
- Melhor desempenho: devido ao facto dos dados estarem disponíveis localmente, e devido ao paralelismo inerente aos sistemas distribuídos, é possível aumentar o desempenho no acesso às bases de dados. Por um lado, como cada local só gere uma parte dos dados, os requisitos a nível do CPU e de serviços de I/O não são tão críticos como numa base de dados centralizada. Pelo outro lado, os dados recolhidos numa transacção podem ser armazenados em vários locais, tornando possível a execução da transacção em paralelo;
- Melhor fiabilidade/disponibilidade: se os dados forem replicados de tal modo a que existam em mais do que um local, a ocorrência de uma avaria num dos locais, ou uma falha nas comunicações que torne o local inacessível, não faz com que os dados se tornem indisponíveis. Além disso uma avaria local ou nas comunicações não causa uma inoperância total do sistema;

- Menores custos: sob o ponto de vista dos custos das comunicações, se as bases de dados de um dada aplicação se encontram geograficamente dispersas e se as aplicações que as utilizam exibem uma grande interacção sob os dados distribuídos, então é mais vantajoso repartir a aplicação e realizar o processamento localmente. O compromisso é entre os custos das comunicações e os custos da transferência dos dados.

  Por outro lado, é normalmente mais económico agrupar um sistema de pequenos computadores com o poder de processamento equivalente ao de uma única máquina;

- Expansibilidade: num sistema distribuído é muito mais fácil lidar com o aumento das dimensões das bases de dados;

- Partilha: as empresas que possuem actividades geograficamente distribuídas também armazenam os dados do mesmo modo. No entanto, se o sistema de informação não for distribuído torna-se impossível partilhar os dados e os recursos.

De referir que podem existir, por razões de desempenho ou de fiabilidade, várias réplicas da mesma informação em várias áreas funcionais (nas bases de dados), ou ainda que um bloco de informação esteja repartido por várias áreas (bases de dados) por razões de espaço físico.

Ao nível das aplicações, como estas utilizam a informação para a execução das suas funções, o mesmo se passa. Cada aplicação estará localizada normalmente na área respectiva, o que não quer dizer que não irá necessitar de informação proveniente de outras áreas, mas as suas principais interacções realizam-se com a informação a nível local (o que melhora também o seu desempenho). Poderá dar-se o caso de uma aplicação necessitar de ser executada noutro recurso (computador) que não aquele onde habitualmente reside. Isto por razões que podem ser devidas a avarias ou de desempenho. Tal como a informação, poderão existir "réplicas" de uma aplicação ou então esta encontrar-se distribuída por vários recursos.

Finalmente ao nível físico, temos a própria distribuição dos vários agentes físicos (equipamento, pessoas) que realizam as actividades da empresa. As pessoas desempenham tarefas (actividades) e pode-se afirmar que se encontram também distribuídas. Em cada área funcional existem pessoas que aí realizam uma actividade. No entanto, a distribuição não é assim tão linear pois uma mesma pessoa pode desempenhar várias actividades em áreas funcionais diferentes (constitui um agente dinamicamente distribuído). Mas o conceito da distribuição mantém-se.

Um equipamento (máquina, robot, computador) pelo contrário restringe-se à área funcional em que está colocado. Mas aqui também se pode encontrar uma excepção. No que respeita à sua

funcionalidade um equipamento pode estar a desempenhar uma função não directamente relacionada com a sua área funcional.

Assim o processamento do conjunto de actividades que se desenrolam na empresa é realizado de um modo distribuído, tanto ao nível da informação (dados), das aplicações e físico, o que constitui em última análise um ambiente de computação distribuída.

4.5.2 - Aplicação de MOO a um Ambiente de Computação Distribuída

Quando o conceito de computação distribuída é implementado de um modo eficiente obtêm-se os seguintes benefícios na:

- Colaboração, através da conectividade e execução mútua de actividades;
- Desempenho, através do processamento paralelo;
- Fiabilidade, e disponibilidade através da replicação;
- Incrementabilidade e portabilidade através da modularidade;
- Expansibilidade, através de configuração e reconfiguração dinâmicas;
- Rentabilidade dos custos, através da partilha de recursos e de sistemas abertos.

No entanto o desenvolvimento de aplicações distribuídas cujos componentes cooperem dum modo eficiente, fiável, transparente, e incremental é uma tarefa complexa. Esta complexidade provém das limitações que existem nas ferramentas convencionais utilizadas para desenvolver o software das aplicações distribuídas [Schmidt, 95a].

Outra fonte de complexidade provém da vasta difusão da decomposição funcional. Muitas aplicações distribuídas são desenvolvidas utilizando técnicas de decomposição funcional que resultam em arquitecturas de sistemas que não são expansíveis. Esta problema ainda é mais dificultado pelos exemplos (código) que são fornecidos na bibliografia existente serem baseados em metodologias orientadas às funções.

O contributo das MOO para o domínio da computação distribuída provém do facto de que estas conseguem fornecer um ambiente de computação distribuída com muitos dos benefícios

(tais como encapsulamento, reutilização, portabilidade e expansibilidade) de um ambiente de computação não distribuída.

Uma MOO é a mais adequada para um ambiente distribuído. O encapsulamento do estado incorporado na MOO corresponde à carência de memória partilhada num sistema distribuído. O conceito da invocação de uma operação tem o seu paralelo na capacidade de enviar e receber mensagens [Sventek, 92].

De facto, é mais natural utilizar as MOO no domínio da computação distribuída do que para um ambiente de computação não distribuída. Isto é devido à própria natureza descentralizada inerente à computação distribuída.

Em aplicações convencionais (não distribuídas) surge muitas vezes uma tendência para sacrificar a abstracção e a modularidade em pró de um melhor desempenho. Um exemplo é dado pelo uso de variáveis globais para aceder aos campos de uma estrutura directamente, evitando o "trabalho" adicional da passagem de parâmetros e de chamada de funções.

No entanto, na computação distribuída a optimização do desempenho baseada no acesso directo a recursos globais é difícil de desenvolver e quantificar. A investigação actual no suporte de sistemas operativos para memória partilhada distribuída não atingiu ainda um nível aceitável [Schmidt, 95a]. Assim, a maioria das aplicações distribuídas funcionam através da troca de mensagens, existindo várias abordagens para este mecanismo (RPC, filas remotas de eventos, comunicação por *streams* de *bytes*, etc.). Note-se no entanto, que o mecanismo de mensagens é muito semelhante à invocação de um método num objecto (o que desencadeia uma operação) como é definido numa MOO.

Pode-se assim concluir que um Ambiente de Computação Distribuída Orientado a Objectos (ACDOO) permite:

- fornecer os mesmos benefícios às aplicações baseadas em RPC, que as MOO fornecem às linguagens de programação convencionais;
- estabelecer uma cooperação entre aplicações a níveis de abstracção mais elevados. As maioria das aplicações tradicionais foram desenvolvidas utilizando mecanismos de baixo-nível, tais como: o protocolo TCP/IP, *sockets*, e a função *select* (UNIX) para desmultiplexação de eventos. Estes mecanismos fornecem para uma aplicação, serviços baseados em *streams*, fiáveis e realizados ponto a ponto. De um modo geral, estes serviços eram optimizados no seu desempenho, sem preocupação com os aspectos de facilidade de programação, fiabilidade, portabilidade, flexibilidade, ou expansibilidade.

Um objectivo de um ACDOO é permitir o desenvolvimento de aplicações distribuídas através de técnicas simples, como a invocação de um método num objecto. Idealmente, o aceder aos serviços de um objecto remoto deve ser tão simples como a invocação de um método nesse objecto.

Para que a invocação de métodos em objectos se realize de um modo transparente torna-se necessário desenvolver um elevado número de componentes complexos que incluem: servidores de nomes de directórios, ORB's, IDLC's, mecanismos de localização e inicialização de objectos, mecanismos de linhas de execução múltipla (*multi-threads*) e mecanismos de segurança.

- estabelecer uma base que permita a implementação de mecanismos que facilitem a colaboração entre os serviços nas aplicações distribuídas. Estes mecanismos incluem, entre outros, serviços comuns aos objectos tais como: filtragem de eventos, migração de objectos, transacções de mensagens, e mecanismos para assegurar a qualidade do serviço.

4.5.3 - O Potencial de um ACDOO numa Empresa

A implementação e adopção de um standard para todos os requisitos de um ACDOO levará ao aparecimento de componentes de software que serão directamente configuráveis à aplicação em causa. Isto permitirá aos utilizadores, seleccionar de um conjunto de implementações standard, de interfaces para ambientes industriais os componentes que melhor satisfazem as suas necessidades. Mas ainda resta um longo caminho a percorrer, pois só recentemente é que se tornaram comuns no mercado os ORB's [Schmidt, 95a], que estão situados ao nível mais baixo de um ACDOO.

4.6 - Conclusão

As MOO constituem a abordagem apropriada para a concepção do modelo de uma empresa. Para além das vantagens sobre as metodologias tradicionais orientadas às funções ou aos dados, conseguem satisfazer a maior parte dos requisitos que foram estabelecidos para o modelo da empresa. Por outro lado, as MOO revelam ser adequadas para um sistema de computação distribuída como o é inerentemente uma empresa, contribuindo de uma forma clara para implementar um ACDOO. As MOO implementam o conceito de distribuição de um modo

transparente quando aplicadas a uma empresa. Isto reforça a ideia da adequação das MOO para a elaboração do modelo da empresa.

A determinação da MOO a utilizar para a concepção do modelo não se revela um processo fácil devido à não existência de um standard que defina uma MOO "ideal". O processo passa pela consideração de várias perspectivas como a complexidade e dimensão da aplicação e a satisfação dos seus principais requisitos.

A análise é o factor fundamental no processo de desenvolvimento de uma aplicação e a sua incorrecta realização pode levar a deficiências no produto final.

Tendo em conta estes factores, foi determinada a MOO a utilizar para a concepção do modelo da empresa, concretamente, a metodologia definida por Rumbaugh baseada na técnica de modelização por objectos (OMT).

Em [Embley, 95] é descrita uma metodologia (OOSA - *Object Oriented Systems Analysis*) que é dedicada exclusivamente aos aspectos da análise. A aplicabilidade desta metodologia na concepção do modelo será de considerar no futuro. Devido ao seu recente desenvolvimento (Julho de 1995) não foi possível considerá-la nesta dissertação.

Capítulo 5

O Modelo da Empresa

5.1 - Introdução

Como já se referiu anteriormente, a elaboração do modelo deve assentar na existência de estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os elementos funcionais da empresa, ou seja, deve ter por base o que se designa por ontologia.

Assim, antes de se proceder à construção do modelo devem ser seguidos os passos quanto à construção de ontologia descritos em §3.4.4, nomeadamente os que se referem à identificação do objectivo (§3.4.4.1) e ao processo de aquisição (§3.4.4.2). Quanto aos restantes (codificação, integração de ontologias existentes, avaliação e documentação) não serão aqui abordados pois saem fora do âmbito deste trabalho, conquanto sejam abordados alguns aspectos da codificação e da integração de ontologias.

No capítulo 4 foi determinada a metodologia a seguir para a construção do modelo, a OMT, uma metodologia orientada a objectos definida por Rumbaugh. Esta é composta por três fases que abordam por completo o ciclo de desenvolvimento de uma aplicação (análise, concepção e implementação). É objectivo desta dissertação tratar dos aspectos referentes à análise que é sem dúvida a etapa mais importante no decorrer do processo de desenvolvimento.

O processo de construção do modelo será assim baseado na OMT. Como exemplo temos a fase da especificação do problema (etapa da OMT), que neste contexto corresponde ao processo de aquisição na construção da ontologia, pois é a partir desta que vai ser estabelecido o modelo.

Neste capítulo são apresentadas as diversas etapas que conduzem ao estabelecimento do modelo. Em primeiro lugar define-se a base, a ontologia. É estabelecido qual o objectivo da ontologia e identificados quais os conceitos e relações que são de maior relevância para a

empresa (especificação do problema). Estes por sua vez devem ser agrupados em função das várias áreas de actividade da empresa. Para todos os conceitos e relações devem ser escolhidos os termos apropriados, e para estes devem ser dadas definições (ainda é necessário especificar um conjunto de termos que definem os próprios termos da ontologia: a meta-ontologia).

Refira-se ainda que o conjunto de termos a definir terá um carácter de abstracção elevado de modo a poder abranger a generalidade dos casos, procurando, se possível, não particularizar nenhuma situação.

Seguidamente passa-se à fase propriamente dita da construção do modelo, seguindo muito de perto a metodologia. Assim serão determinados o modelo de objectos, o modelo dinâmico e o modelo funcional.

É referido o contributo do meta-modelo para a integração.

No fim do capítulo é apresentada uma aplicação de planeamento da produção num ambiente industrial, como exemplo de aplicação da metodologia adoptada.

5.2 - Identificação do Objectivo, dos Conceitos e Relações

O objectivo principal para a definição da ontologia é servir de suporte para o modelo de modo a este assentar em estruturas sintácticas e semânticas comuns, requisito que foi estabelecido para o modelo. O seu contexto de aplicação é a empresa.

Antes de se proceder à identificação dos conceitos e relações convém definir os limites para os quais se realiza a análise. Assim, esta vai limitar-se na empresa, às actividades relacionadas com o planeamento e os processos, tendo ainda em consideração factores temporais, pois não é objectivo deste trabalho estabelecer um modelo que englobe todas as actividades que ocorrem nas várias áreas da empresa.

Tendo em conta estas últimas considerações vai proceder-se à identificação do problema.

5.2.1 - Conceitos e Relações

Podemos visualizar uma empresa como sendo um conjunto de **entidades** que cooperam conjuntamente para a satisfação dos **objectivos** da empresa, que podem diferir dos objectivos de cada uma destas entidades, mas que estão relacionados com estes.

Estas entidades têm à sua disposição, segundo determinadas **restrições**, um conjunto de **recursos** (materiais, pessoas, máquinas, informação, etc.) para a satisfação dos seus objectivos individuais e dos objectivos globais da empresa, tais como a criação de determinados componentes ou produtos e ainda um conjunto de **actividades** capazes de fornecer os **serviços** necessários para atingir os objectivos.

Estas actividades são desempenhadas por um ou mais **agentes** que podem ou não ser os responsáveis directos por essa actividade. Um agente pode ser entendido como um indivíduo, ou então como uma unidade ou conjunto organizacional. Por outro lado um agente também pode ser um programa ou processo (*software*) que até certo ponto é responsável pela realização da actividade. Um agente desempenha uma determinada **função** ou serviço na empresa.

Uma actividade é composta por um ou mais **processos** que por sua vez utilizam recursos.

O número e a configuração particular dos **recursos** que estão disponíveis para a empresa num dado **instante**, vão determinar o conjunto possível de alternativas (realização de uma acção ou tarefa) que estão disponíveis nesse instante.

As entidades utilizam os recursos num determinado ambiente, ou **domínio**, que impõe aos recursos um certo numero de restrições quanto ao desempenho das suas acções e lhes fornece os meios necessários para tal.

Neste nível de análise já se podem identificar os seguintes conceitos: entidades, objectivos, restrições, actividades, serviços, agentes, funções, processos e recursos.

Destes podemos considerar os seguintes como essenciais [Loucopoulos, 94]: **objectivos**, **funções**, **agentes**, **processos**, **recursos** e o conceito de duração temporal (**instante**). Os objectivos são os factores primordiais que determinam a configuração actual da empresa, e que no fundo a justificam. Estes podem gerar comportamentos, originar funções, e determinar actividades. A noção de agente como se disse anteriormente inclui ao mesmo tempo indivíduos e unidades organizacionais. Os processos são o meio pelo qual um determinado sistema muda de estado. Os recursos podem ser da natureza física (materiais, máquinas, ferramentas, AGV's) ou conceptual (informação).

Assim pode afirmar-se que o conceito de agente corresponde a se perguntar quem é que faz, o conceito de função corresponde a perguntar como se faz, e o conceito de objectivo corresponde a perguntar para que se faz ou porquê.

Existem várias relações entre estes conceitos básicos. Através da definição destas relações pode compreender-se a dinâmica que está presente nas actividades da empresa. Como exemplos podemos ter que: um objectivo pode gerar, entrar em conflito ou até restringir outros objectivos; um agente é responsável pelo desempenho de uma função e também depende de outros agentes

para atingir os objectivos; as actividades são formadas por funções, e são executadas sobre recursos ou produzem recursos.

Nas secções seguintes vão definir-se as relações que envolvem cada um dos conceitos básicos.

5.2.1.1 - Objectivos

A noção de objectivo ou propósito é essencial para qualquer organização. Esta, conjuntamente com as actividades que a definem, existe porque há um objectivo a atingir. Um determinado sistema na empresa é criado (por exemplo um sistema de informação) porque existe um objectivo que tem de ser satisfeito. As funções e propriedades do sistema são definidas pelos objectivos da empresa que o sistema pretende satisfazer.

Um objectivo indica uma intenção e expressa a solução para um problema (objectivos para soluções de problemas), ou aborda uma visão global ou desejo (objectivos para satisfação de desejos), ou satisfaz uma restrição (objectivos para gerir restrições). Têm-se assim três tipos de objectivos. Estes ainda podem variar no seu grau de detalhe de especificação.

Assim um objectivo pode ser decomposto em outros objectivos (subobjectivos). Isto introduz objectivos alternativos, i.e., abordagens alternativas que também devem ser satisfeitas. A determinação de qual a alternativa a escolher pode ser feita com base no seu "custo" ou "peso", podendo estes ter vários critérios como a disponibilidade de um recurso, a melhoria de qualidade, um aumento de tempo de produção, etc. Existe uma relação do tipo "**decomposto em**" entre objectivos. Por sua vez pode-se associar um factor de "**custo**" a um objectivo.

Há que ter em atenção que determinados objectivos podem não ser completamente independentes. Podem existir conflitos entre objectivos devido ao facto de diferentes agentes dentro da empresa terem uma percepção diferente sobre o problema que está a ser analisado. Os objectivos também podem colaborar entre si de modo a atingirem o que pretendem. As influências entre os objectivos podem ser expressas através de uma relação do tipo "**influenciado por**".

Os conflitos entre os objectivos devem ser resolvidos com base em prioridades estabelecidas para estes, ou negociando com as entidades responsáveis pela definição dos objectivos. Por vezes a prioridade pode ser absoluta e não pode ser modificada.

A realização dos objectivos ditados pelas entidades responsáveis, está dependente da existência de **imposições** que se colocam sobre o funcionamento da empresa. Uma imposição constitui um motivo funcional que deve ser satisfeito pela empresa. Ao contrário de um objectivo

uma imposição é formulada em termos de propriedades mensuráveis e de acções da empresa. Um objectivo pode ser alcançado desde que as imposições sobre este possam ser satisfeitas. Para a satisfação destas, podem ser requeridas restrições adicionais nas acções e nos objectos já definidos previamente. Identifica-se uma relação do tipo "**impõe**" entre a imposição e o objectivo.

As imposições são estabelecidas dentro da empresa (sob a forma de regras), ou a partir do domínio de acção da empresa.

Os objectivos devem ser expressos de um modo conciso e claro para evitar múltiplas interpretações do mesmo objectivo. É importante clarificar que os objectivos expressam uma intenção e não se referem aos meios que a permitem atingir.

5.2.1.2 - Agentes e Funções

O conceito de agente pode ser entendido como uma entidade organizacional. Os agentes são os principais actuadores no sistema pois são quem desempenha as actividades. Um agente pode ser ou um **indivíduo** ou um grupo (unidade organizacional). O conceito de indivíduo abrange simultaneamente indivíduos humanos (pessoas), máquinas, sistemas automatizados, aplicações, etc. As **unidades organizacionais** (UO) referem-se a estruturas organizacionais tais como departamentos, divisões, secções, projectos, equipas, etc. Como exemplos de UO podemos ter o departamento de planeamento, a equipa da base de dados, o projecto da célula de fabrico, etc. Os indivíduos e as UO estão relacionados através de uma relação do tipo "**faz parte de**".

Uma função é um conjunto coerente de elementos de um processo que são atribuídos a um agente como uma unidade de responsabilidade. As funções são atribuídas a um agente dependendo dos seus objectivos e das suas capacidades. Um agente pode desempenhar várias funções simultaneamente ou um agente que esteja a desempenhar uma função pode mudar. Identifica-se a relação "**atribuída a**" entre função e agente.

Os agentes são independentes da organização da empresa e podem "atravessar" os limites de departamentos, o que implica que se no futuro se realizar uma realocação das funções, tal terá um efeito reduzido no modo como o fluxo de informação está definido actualmente

Uma função ("mãe") pode ser dependente de outras funções ("filhas") para a realização de parte ou da totalidade do seu objectivo, e também pode ser "independente" ("filha") de outra função ("mãe"). Assim a estrutura da empresa pode ser vista como um conjunto de dependências entre diferentes funções. Ao se descreverem as dependências entre diferentes funções interessa identificar qual o objectivo que a função pretende atingir e qual a sua dependência para com

outras funções em atingirem o mesmo objectivo. É definida uma relação do tipo "**depende de**" para definir estas dependências.

Relacionadas com a relação de dependência estão os recursos e tarefas necessárias para satisfazer um objectivo e ainda os aspectos estruturais, i.e., dependências dominantes de acordo com a estrutura organizacional da empresa. Podem distinguir-se entre dois tipos de dependência:

- **Dependências funcionais**: descrevem as possíveis interacções entre as funções. Numa dependência funcional a função "pai" (dependente) depende da função "filha" (independente) , ou seja é subordinada desta embora se encontre num nível superior, para a disponibilidade de um recurso ou para realização de uma tarefa;
- **Dependências estruturais**: descrevem as dependências dominantes que existem na organização. Neste tipo de dependência a função "pai" (independente) é supervisora da função "filha" (dependente), sendo esta a subordinada, i.e., este tipo de dependência revela como o controlo é estabelecido no interior da empresa e como as decisões recaem em cada lado da relação.

Pode-se refinar a relação "depende de" em duas relações do tipo "**é subordinada de**" e "**é supervisora de**".

Ao ser atribuída uma função a um agente, este vai adquirir todas as características dessa função. As dependências da função são induzidas no agente. Estas interdependências mostram as possíveis interacções entre os agentes que desempenham uma determinada função, assim como as suas fraquezas. Existe uma possibilidade de ocorrer um erro em cada dependência, e torna-se critico saber qual as potenciais consequências. O tipo de dependência alerta para quais as funções que podem ser afectadas por um problema e indica qual o lado da relação que vai lidar com a contingência.

5.2.1.3 - Processos e Recursos

Um processo é um conjunto relacionado de tarefas que são executadas com vista a obter um resultado. Num nível da abstracção adequado um processo desempenha uma determinada tarefa na empresa. Os processos utilizam ou produzem/modificam recursos. Os recursos podem ser de natureza física (materiais, máquinas, ferramentas, AGV's) ou conceptual (informação). Um recurso pode ser constituído por outros recursos.

Identificam-se nesta situação três relações: "**utiliza**" e "**produz**", entre um processo e um recurso e "**constituído por**" entre recursos.

Os processos são activados por **eventos** que correspondem a mudanças de estado da empresa. Os eventos exprimem dependências dinâmicas entre processos que ocorrem num dado instante. Os eventos podem ser gerados por um processo ou devido a uma condição temporal. Existe então duas relações: "**activado por**" entre processo e evento e "**gera**" entre processo e evento.

O conceito de **local** indica a distribuição inerente a uma empresa., ou seja, onde os processos são executados e onde estão localizados os recursos necessários para a execução dos processos. Este conceito fornece a descrição "física" da topologia da empresa e é muito importante pois fornece um "mapa" actualizado de como as funções se encontram distribuídas no interior da empresa. Identificam-se assim relações de localização para os conceitos de processo e recurso, respectivamente, "**executado em**" e "**encontra-se em**".

Regressando à secção §5.2.1, adicionam-se outros conceitos aos já existentes e relações:

- Conceitos: imposição, indivíduo, UO, evento, local, custo;
- Relações: influenciado por; decomposto em; impõe; subordinado de; supervisor de; atribuído a; gera; activado por; utiliza; produz; faz parte de; constituído por;

No entanto a análise não se esgota neste ponto pelo que vai continuar-se a sua prossecução.

5.2.1.4 - Conceitos e Relações adicionais.

Vai determinar-se para cada uma das áreas em que se pode dividir a empresa os conceitos envolvidos.

Da Área das Actividades e Processos

Pode afirmar-se que uma **actividade** constitui o núcleo do funcionamento da empresa [Uschold, 95a]. O seu significado pretende dar a ideia de uma acção, ou de fazer algo. Este conceito está ligado ao conceito de **executor** (quem realiza toda ou em parte a actividade), que pode ser um indivíduo ou uma unidade organizacional. Estes dois conceitos são um tipo de agente (ver em §5.2.1.2). Assim o conceito de executor é a função que o agente desempenha na relação com a actividade.

A qualidade de se ser um executor de uma actividade é denominada de **aptidão**, o que pode ser visto como uma relação "**tem aptidão para**". Os agentes podem ter outras funções em relação a uma actividade tal como o proprietário da actividade (relação "**é dono de**").

Outro conceito relacionado com actividade é o de recurso, que é algo que é usado ou consumido pela actividade (relações já existentes). Uma actividade também pode ter resultados ou **efeitos**, e estar ligada a um determinado intervalo de tempo ou duração. Como uma actividade pode abranger uma dimensão elevada, pode ser decomposta num conjunto de **subactividades** (relação "**decomposta em**").

Uma actividade pode ter ocorrido no passado ou estar a ser executada no presente, ou ainda pode vir a ser executada futuramente. Torna-se necessário referir explicitamente a especificação de um planeamento das actividades para se ter a noção de como as actividades se sucedem temporalmente. Isto é realizado pelo conceito **plano**, que especifica num determinado nível de detalhe uma ou mais actividades, e está relacionado com um **propósito**. O conceito de repetibilidade de uma actividade ou de um plano é definido no conceito de "**especificação do processo**".

Da Área da Organização

Em termos da organização devem ser considerados os conceitos de unidade organizacional (UO). Esta existe em toda a empresa ou seja é reconhecida em toda a empresa. Uma UO pode ser constituída por outras UO. A forma mais reduzida de uma UO corresponde a uma **pessoa**.

Uma **máquina** constitui uma **entidade** não humana que pode desempenhar algumas funções que seriam desempenhadas por pessoas ou por uma UO (desempenhar uma actividade).

Não esquecer que uma máquina e uma pessoa são ambas um tipo de agente que é designado como indivíduo, sendo o indivíduo parte de uma UO.

Na empresa a sua estrutura de gestão é representada por **ligações de gestão**. A relação, "gere" , representa a atribuição de propósitos a UO, é uma relação entre estas.

Da Área da Estratégia

O conceito central desta área é o propósito. Toda e qualquer estratégia é organizada com um determinado fim em vista, com um propósito. Este define a ideia de algo que um plano pode ajudar a concluir ou de algo que uma UO pode ser responsável. Um propósito pode ser decomposto em subpropósitos. Por outras palavras, a especificação de um propósito pode estar relacionada com algo que pode ser visto como a conclusão de um propósito mais elevado (meta-propósito). Assim um propósito pode assumir diferentes formas ou tipos, tais como visão, finalidade, meta e objectivo. Este últimos conceitos podem ser representados sem no entanto existir um entendimento comum em como estes termos são utilizados.

A **estratégia** é definida como um plano para concluir um meta-propósito. A estratégia é definida a partir do conceito de plano (identificado na área de actividades e processos), é o resultado da elaboração de um planeamento estratégico que obedece e que é definido em função dos seguintes conceitos que podem ser representados pelos termos **decisão**, **suposição**, **risco** e vários tipos de **factores**.

Da Área dos Aspectos Temporais

Para se definirem conceitos temporais há que ter em conta o tipo de duração das actividades e também a possibilidade de especificar bem um dado instante de tempo. Assim têm-se de ter construções que permitam definir com precisão os instantes ou durações temporais.

Podem-se definir os seguintes conceitos básicos desta área: **linha de tempo** e **instante de tempo**. A partir destes são derivados os conceitos de **duração**, **intervalo de tempo**, **data** e outros que podem vir a ser necessários. As noções temporais de "antes" e "depois" são representadas por relações entre instantes de tempo, enquanto que as noções de disjunção, duração e sobreposição são representadas como relações entre intervalos de tempo.

5.2.1.5 - A Meta-ontologia

É necessário definir um conjunto de termos e conceitos que definam os próprios termos da ontologia. As próprias definições que abrangem os vários conceitos necessitam de ser expressas numa linguagem precisa. Esta precisão é obtida através da identificação e utilização de um pequeno número de blocos construtivos (termos básicos). Como são estes termos que funcionam como as primitivas de linguagem e que são utilizados para exprimir as definições da ontologia, no seu conjunto designam-se como meta-ontologia.

O conceito base da meta-ontologia é a **entidade**, que de certo modo funciona como uma base geral para a definição de todos os outros. Existem conceitos que não dependem de outros e existem por si sós e são directamente classificados como entidades. Outros conceitos são vistos como uma **relação** entre duas ou mais entidades.

No interior de uma relação, uma entidade pode ter uma função. Uma entidade também pode ser vista como um **atributo** de outra entidade.

Algumas funções que são definidas nas relações têm um carácter especial, pois o desempenho dessas funções implica a realização de uma acção ou uma forma de raciocínio (executar uma actividade ou tratar de uma suposição). Somente certas entidades é que podem desempenhar tais funções, tais como uma pessoa, uma UO ou em alguns casos uma máquina.

Estas entidades designam-se por agentes. Uma função desempenhada por um agente é uma função de um agente.

5.3 - Definição dos Termos

Seguidamente serão atribuídos termos aos conceitos e relações anteriormente identificados, sendo aqueles definidos de uma forma mais pormenorizada e concisa, procurando realizar uma síntese do que foi abordado na fase da identificação. Poderão surgir alguns conceitos e termos novos derivados de alguns já existentes.

Serão primeiro abordados os termos relacionados com a meta-ontologia e de seguida aqueles relacionados com as áreas de actividades, organização, estratégia e aspectos temporais.

5.3.1 - Meta-ontologia

Aqui vão ser definidos os termos e conceitos que definem a própria ontologia. Nesta secção e nas seguintes os termos são apresentados em maiúsculas, através de uma palavra base, mas para facilitar a compreensão quaisquer derivações gramaticais destes também são apresentadas em maiúsculas. Os termos aqui definidos vão aparecer nas secções respeitantes à ontologia só com a primeira letra em maiúsculas ("Entidade" e não "ENTIDADE") e vice-versa ("Actividade" e não "ACTIVIDADE").

Primeiro vai começar-se por introduzir os conceitos principais e os blocos construtivos: ENTIDADES, RELAÇÕES e ESTADO. Seguidamente apresentam-se ENTIDADES e RELAÇÕES que implicam uma acção ou conhecimento.

5.3.2.1 - Entidades, Relações e Estados

A ontologia é constituída por um conjunto de ENTIDADES e um conjunto de RELAÇÕES entre ENTIDADES. As ENTIDADES podem desempenhar FUNÇÕES EM RELAÇÕES. Um ATRIBUTO é um caso particular de uma RELAÇÃO. Um ESTADO é uma situação caracterizada por qualquer combinação de ENTIDADES que estejam em qualquer número de RELAÇÕES entre elas.

ENTIDADE	
Definição:	• Algo fundamental que existe no domínio que está a ser modelizado.
Exemplos:	• Um ser humano • Um Plano
Comentários:	1) Uma ENTIDADE pode participar em RELAÇÕES com outras ENTIDADES

RELAÇÃO	
Definição:	• O modo como duas ou mais entidades se podem associar.
Exemplos:	• "Ter-Capacidade" é uma relação entre uma Pessoa e uma Actividade, significando que uma Pessoa é capaz de desempenhar a Actividade
Comentários:	1) Uma RELAÇÃO é por si só uma ENTIDADE que pode participar em mais RELAÇÕES 2) A palavra "relação" em linguagem corrente tem vários significados. Assim citam-se os seguintes como importantes, mas com conceitos lógicos distintos: • O tipo da relação; • O nome dado ao tipo da relação; • Uma relação específica entre ENTIDADES específicas.

FUNÇÃO	
Definição:	• O modo segundo o qual uma ENTIDADE participa numa RELAÇÃO
Exemplos:	• Um Operador é a FUNÇÃO desempenhada por uma ENTIDADE numa RELAÇÃO designada por Opera
Comentários:	1) Diz-se da ENTIDADE que participa na RELAÇÃO que está a desempenhar uma FUNÇÃO 2) Rigorosamente, o modo correcto para referir-se a uma Entidade que desempenhe uma FUNÇÃO, é usando uma frase do tipo "a Entidade que desempenha a FUNÇÃO de Operador". Mas por conveniência (onde não surja ambiguidade), será usada uma forma simplificada como "o Operador".

ATRIBUTO	
Definição:	• È uma RELAÇÃO assimétrica entre duas ENTIDADES (designadas pelas ENTIDADES "atributo" e "valor") com a seguinte propriedade: • Dentro da área de interesse do modelo, para cada ENTIDADE "atributo" a RELAÇÃO só pode existir para uma única ENTIDADE "valor"
Exemplos:	• Data de conclusão é um ATRIBUTO que associa uma única Data com uma Actividade

ESTADO	
Definição:	• Consiste numa situação. Pode caracterizar-se pelo seguinte: • É descrito ou consiste em uma ou mais declarações que afirmam que uma RELAÇÃO existe entre duas ENTIDADES • Pode dizer-se que existe ou que é verdadeiro

5.3.2.2 - Agentes

Algumas FUNÇÕES em RELAÇÕES são especiais no sentido em que o desempenho destas FUNÇÕES envolve alguma forma de uma acção ou de raciocínio. Estas são designadas por FUNÇÕES DO AGENTE e as ENTIDADES que desempenham tais FUNÇÕES são designadas por AGENTES.

AGENTE	
Definição:	• Uma ENTIDADE que desempenha uma FUNÇÃO DO AGENTE numa RELAÇÃO
Comentários:	1) Os tipos de ENTIDADES que desempenham a FUNÇÃO DO AGENTE (i.e. os AGENTES) são (por definição) limitados aqueles para os quais é possível estabelecer alguma forma de acção ou de raciocínio. Isto inclui, não sendo limitativo, os seguinte AGENTES: • Pessoa • Unidade Organizacional • Máquina

FUNÇÕES DO AGENTE	
Definição:	• Um tipo de FUNÇÃO numa RELAÇÃO, de acordo com a qual o desempenho da FUNÇÃO envolve alguma forma de acção ou de raciocínio
Comentários:	1) Só as seguintes RELAÇÕES na ontologia é que possuem FUNÇÕES DE AGENTE:

RELAÇÕES	FUNÇÕES DE AGENTE
"Desempenhar Actividade"	Executante
"Ter Capacidade"	Ter
"Ter Permissão"	Ter
"Atribui"	Atribuir
"Tem Propósito"	Possui
"Tem Suposição"	Possui
"Propriedade"	Dono

2) Os utilizadores da ontologia podem definir outras RELAÇÕES que podem ter um ou mais FUNÇÕES DE AGENTE

5.3.2 - Actividades

Nesta secção apresentam-se os conceitos de ACTIVIDADE em conjunto com algumas Relações importantes entre ACTIVIDADES e outras ENTIDADES. Conceitos importantes que estão relacionados com ACTIVIDADES são: PLANO, que é uma especificação de uma ou mais ACTIVIDADES com um determinado PROPÓSITO; CAPACIDADE de desempenhar ACTIVIDADES, e RECURSO que é algo que é utilizado ou consumido durante uma ACTIVIDADE.

Vai-se agora proceder à definição em detalhe de cada conceito respeitante à área de actividades:

5.3.2.1- Actividades

ACTIVIDADE	
Definição:	• algo que é realizado durante um INTERVALO DE TEMPO. Os aspectos seguintes estão ligados a uma ACTIVIDADE que: • tem PRÉ-CONDIÇÕES; • tem EFEITOS; • é desempenhada por um ou mais EXECUTORES; • é decomposta em SUBACTIVIDADES mais pormenorizadas; • tem requisitos de AUTORIDADE • está associada com um DONO • tem uma medida de eficiência
Comentários:	1) Uma ACTIVIDADE pode ter decorrido no passado, pode estar a decorrer, ou poderá vir a ser executada no futuro; 2) A palavra "algo" acima referida é generalizante; 3) Uma associação entre uma ACTIVIDADE e um PROPÓSITO pode ser realizada através fazendo corresponder o PROPÓSITO de um PLANO com os EFEITOS das ACTIVIDADES especificadas no PLANO; 4) As ACTIVIDADES podem ser classificadas em "estratégicas", "tácticas" ou "operacionais" dependendo do "nível" do PROPÓSITO associado que é caracterizado pela Relação AJUDA A CONCLUIR entre PROPÓSITOS.

T_INICIO e T_FIM	
Definição:	• Dois INSTANTES DE TEMPO que definem um INTERVALO DE TEMPO no qual a ACTIVIDADE é executada.

PRÉ-CONDIÇÃO	
Definição:	• Um ESTADO que é necessário ser valido para que se execute uma ACTIVIDADE
Comentários:	1) O requisito pode ser especificado para ter efeito imediatamente antes de T_INICIO, imediatamente a seguir a T_FIM ou durante o INTERVALO DE TEMPO.

EFEITO	
Definição:	• Um ESTADO que é originado (tornado verdadeiro) pela ACTIVIDADE.
Comentários:	1) O EFEITO pode ser especificado para ter efeito imediatamente antes de T_INICIO, imediatamente a seguir a T_FIM ou durante o INTERVALO DE TEMPO.

EXECUTOR	
Definição:	• A Função de um Agente numa Relação com uma ACTIVIDADE onde o Agente executa (toda ou parte de) a ACTIVIDADE.
Comentários:	1) Podem existir vários EXECUTORES para uma ACTIVIDADE; 2) Nem todas as ACTIVIDADES tem um EXECUTOR específico.

SUBACTIVIDADE	
Definição:	• A Função de uma ACTIVIDADE numa Relação com outra ACTIVIDADE, de tal modo que a execução da primeira é considerada como fazendo parte da execução da segunda.
Comentários:	1) Tipicamente uma ACTIVIDADE é decomposta em SUBACTIVIDADES para se ter uma visão mais pormenorizada sobre esta.

DECOMPOSIÇÃO DE ACTIVIDADES	
Definição:	• A especificação de como uma ACTIVIDADE é decomposta em SUBACTIVIDADES, o que pode incluir a especificação de restrições nas ou entre as SUBACTIVIDADES

AUTORIDADE	
Definição:	• O direito de autorizar um EXECUTOR a executar uma ACTIVIDADE
Comentários:	1) O possuidor da AUTORIDADE não necessita de ter CAPACIDADE para a executar; 2) O possuidor da AUTORIDADE pode estar autorizado como EXECUTOR; 3) O possuidor da AUTORIDADE pode ATRIBUIR parte ou toda da mesma a EXECUTORES.

DONO DA ACTIVIDADE	
Definição:	• Um Agente responsável por uma ACTIVIDADE
Comentários:	1) Pode ser identificado indirectamente através da Função ou directamente através do nome de uma PESSOA.

EVENTO	
Definição:	• Um tipo de ACTIVIDADE
Comentários:	1) Um EVENTO é visto fora da área de interesse do modelo a não ser pelos seus EFEITOS. O modelo não reconhece o EXECUTOR, a DURAÇÃO, a escolha ou o controlo sobre a sua ocorrência. 2) Um EVENTO é algo instantâneo enquanto que uma ACTIVIDADE tem uma duração.

5.3.2.2 - Planos

PLANO	
Definição:	• Uma especificação de ACTIVIDADES para um PROPÓSITO. Um PLANO pode ou não ser EXECUTÁVEL.
Comentários:	1) O termo PLANO inclui qualquer grau de especificação de ACTIVIDADES 2) Possíveis razões para que um PLANO não seja EXECUTÁVEL são: • Não se encontra bem especificado ou é ambíguo, de modo que o EXECUTOR não tem informação insuficiente para proceder à sua EXECUÇÃO; • Pode incluir restrições que não podem ser satisfeitas (utilização de um RECURSO num dado instante).

EXECUTAR	
Definição:	• Uma Relação entre EXECUTORES e um PLANO onde os EXECUTORES executam as ACTIVIDADES especificadas no PLANO.
Comentários:	1) Diz-se que um PLANO foi EXECUTADO quando todas as ACTIVIDADES do PLANO tiverem sido executadas como foi especificado. Isto resulta na CONCLUSÃO do PROPÓSITO para o PLANO.

SUBPLANO	
Definição:	• Um PLANO cujo PROPÓSITO, AJUDA A CONCLUIR o PROPÓSITO de outro PLANO

PLANEAMENTO	
Definição:	• Uma ACTIVIDADE cujo principal EFEITO é produzir um PLANO

ESPECIFICAÇÃO DO PROCESSO	
Definição:	• Um PLANO que é pretendido ser ou é capaz de ser EXECUTADO mais do que uma vez.
Comentários:	1) Uma ESPECIFICAÇÃO DO PROCESSO será parametrizada para permitir a sua reutilização em vária formas em diferentes instantes.

5.3.2.3 - Capacidades

CAPACIDADE	
Definição:	• Uma Relação entre um EXECUTOR e uma especificação de ACTIVIDADES, indicando a capacidade do EXECUTOR em executar as ACTIVIDADES especificadas.

PERÍCIA	
Definição:	• Um tipo de CAPACIDADE tal que: • O EXECUTOR seja uma PESSOA • A capacidade deve ser demonstrada até um grau mensurável.

5.3.2.4 - Recursos

RECURSO	
Definição:	• A Função de uma Entidade numa Relação com uma ACTIVIDADE onde a Entidade é ou pode ser utilizada ou consumida durante a execução da ACTIVIDADE.

Comentários:	1) Um RECURSO pode ter uma medida quantificável que indique qual a disponibilidade deste para ser utilizado pela ACTIVIDADE: • Se o RECURSO é utilizado mas não é consumido, a quantidade disponível vai diminuir no início e vai voltar ao nível inicial no fim do INTERVALO DE TEMPO da ACTIVIDADE; • Se o RECURSO é consumido, a quantidade disponível vai diminuir ao longo do INTERVALO DE TEMPO da ACTIVIDADE; 2) Um RECURSO pode ser partilhado por ACTIVIDADES; 3) Uma Entidade produzida por uma ACTIVIDADE pode ser vista como um RECURSO pois outras ACTIVIDADES podem usá-lo ou consumi-lo, no entanto, não são considerados RECURSOS em relação à ACTIVIDADE que os originou.

ALOCAÇÃO DE RECURSOS	
Definição:	• A alocação dos RECURSOS às ACTIVIDADES
Comentários:	1) A ALOCAÇÃO DE RECURSOS é por si só uma ACTIVIDADE, se bem que não seja necessário modelizá-la como tal. De facto, a ACTIVIDADE de ALOCAÇÃO DE RECURSOS, por si só, pode ter RECURSOS alocados para si. 2) A ALOCAÇÃO DE RECURSOS é da responsabilidade das UO. 3) Uma UO responsável pela ALOCAÇÃO DE RECURSOS pode ATRIBUÍ-LA a outra UO.

SUBSTITUIÇÃO DE RECURSOS	
Definição:	• Um RECURSO pode ser utilizado ou consumido numa ACTIVIDADE em vez de outro RECURSO

5.3.3 - Organização

O conceito central a esta secção é o de UNIDADE ORGANIZACIONAL (UO), que constitui o principal elemento estrutural de uma empresa ou organização. Seguidamente definem-se os conceitos respeitantes a esta área:

PESSOA	
Definição:	• Um ser humano

Comentários:	1) Na definição desta ontologia, PESSOAS são importantes pela sua capacidade de desempenharem várias Funções de Agentes na empresa (desempenharem ACTIVIDADES).

MÁQUINA	
Definição:	• Uma entidade não humana que tem a capacidade de executar tarefas e/ou desempenhar várias funções na empresa.
Comentários:	1) Uma MÁQUINA é semelhante a uma PESSOA pois muitas tarefas e funções podem ser desempenhadas por ambas. No entanto, algumas funções e tarefas serão da exclusividade de uma ou outra.

UNIDADE ORGANIZACIONAL (UO)	
Definição:	• Uma Entidade (com uma identidade definida) para GERIR o desempenho das ACTIVIDADES em CONCLUIR os PROPÓSITOS. Uma UO pode ser caracterizada por: • A natureza dos seus PROPÓSITOS; • Uma ou mais PESSOAS que trabalhem para a UO; • Outras UO que GIRAM ou SEJAM GERIDAS POR uma UO; •
Comentários:	1) O termo UO é definido sem qualquer limitação quanto à sua dimensão ou localização na empresa. Além disso, não são definidos quaisquer termos especiais para UO de uma determinada dimensão (divisões, departamentos, etc.). Isto porque não existe uma utilização consistente destes termos em empresas diferentes, ou até no interior de uma empresa ao longo do tempo. Assim a existência de uma unidade simples e de dimensões reduzidas, podendo corresponder a uma simples pessoa ou a uma estrutura mais complexa e de maiores dimensões, pode ser representada como uma UO. A estrutura de uma UO é representada como um conjunto de UO e de LIGAÇÕES DE GESTÃO; 2) O termo LIGAÇÃO DE GESTÃO conduz aos conceitos de UO de "alto-nível" e de "baixo-nível". dependendo de quais GEREM e quais SÃO GERIDAS; 3) Os termos "empresa" e "organização" não são definidos na ontologia, mas um utilizador da ontologia pode definir um ou o outro como uma UO de "alto-nível"; 4) Uma PESSOA pode corresponder, ou pertencer a mais do que uma UO, cada uma para uma função ou tarefa diferente. 5) Um PROPÓSITO essencial da maioria das UO é maximizar o desempenho em função dos OBJECTIVOS financeiros (e outros) da organização.

GERE	
Definição:	• A ACTIVIDADE de atribuir PROPÓSITOS e monitorizar a sua CONCLUSÃO.
Comentários:	1) Isto inclui a ALOCAÇÃO DE RECURSOS e o poder de dar AUTORIDADE; 2) Ainda inclui a gestão de pessoas e de UO, sendo reflectido pela natureza dos PROPÓSITOS que estão atribuídos e a ser monitorizados. 3) Isto dá origem a uma Relação assimétrica entre as entidades que são geridas e as que gerem. 4) Embora a actividade visível da gestão numa empresa possa ser efectuada entre PESSOAS (ou até MÁQUINAS), para as quais o PROPÓSITO atribuído e monitorizado está de acordo com as actividades da UO, será mais natural modelizar esta actividade como sendo efectuada entre UO.

ATRIBUIR	
Definição:	• Um tipo de ACTIVIDADE DE GESTÃO onde se dá a transferência de algo para um Agente (localizado num nível inferior).
Comentários:	• Não se define o que pode ser delegado (tarefa, autoridade, responsabilidade, etc.).

LIGAÇÃO DE GESTÃO	
Definição:	• Uma Relação onde um Agente GERE directamente outro Agente.
Comentários:	1) Uma sequência simples de Agentes directamente ligados através de LIGAÇÕES DE GESTÃO pode ser vista como uma cadeia de gestão. Mais formalmente, todas as cadeias de gestão possuem: • Um único Agente (nível mais baixo) que não GERE nenhum Agente; • Um único Agente (nível mais alto) que não é GERIDO por nenhum Agente; • Não existem ramificações (i.e., nenhum Agente GERE ou é GERIDO por mais de um Agente). 2) Uma UO no nível mias baixo da cadeia de gestão pode corresponder directamente a uma PESSOA. Os PROPÓSITOS de tal PESSOA podem ser semelhantes aos da UO, logo podem não necessitar de serem modelizados separadamente. Subindo na cadeia de gestão. os PROPÓSITOS de uma UO tendem a serem diferentes daqueles de uma PESSOA; 3) Como uma MÁQUINA pode ser vista como uma Entidade que é GERIDA ou GERE, pode ser considerada uma UO.

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL	
Definição:	• As LIGAÇÕES DE GESTÃO que relacionam um conjunto de UO.
Comentários:	1) Os exemplos mais comuns de ESTRUTURAS ORGANIZACIONAIS são hierárquicas, em matriz ou planas; 2) A co-gestão é uma situação onde uma UO é GERIDA por mais do que uma UO.

5.3.4 - Estratégia

O conceito central desta secção é PROPÓSITO que é algo que um Agente tem, ou constitui a razão principal para se executar um PLANO. Os PROPÓSITOS podem ser decompostos em PROPÓSITOS de alto e baixo nível através da relação AJUDA A CONCLUIR. FINALIDADE, VISÃO, META e OBJECTIVO são tipos especiais de PROPÓSITOS. Uma ESTRATÉGIA consiste num PLANO para se conseguir atingir um PROPÓSITO de alto nível.

Outros conceitos importantes que são introduzidos incluem: PLANEAMENTO ESTRATÉGICO, ACÇÃO ESTRATÉGICA, DECISÃO, SUPOSIÇÃO, FACTOR INFLUÊNCIA (CRITICO), FACTOR SUCESSO CRITICO E RISCO.

Seguidamente definem-se os conceitos relativos a esta área:

5.3.4.1 - Propósito

POSSUIDOR-PROPÓSITO	
Definição:	• A Função de um Agente na Relação POSSUI-PROPÓSITO.

OBJECTIVO	
Definição:	• Um PROPÓSITO com uma medida definida.
Comentários:	1) A Ideia que se quer transmitir é que é possível detectar a CONCLUSÃO de um OBJECTIVO.

PROPÓSITO	
Definição:	• Uma Função de um Estado numa das seguinte Relações: • POSSUI-PROPÓSITO: uma Relação entre um Agente e um Estado onde o Agente quer, tem a intenção de, ou é responsável pela CONCLUSÃO total ou parcial de um Estado; Nota: um Agente é geralmente uma PESSOA ou uma UO, no entanto não é de excluir um MÁQUINA; • A Relação entre um PLANO e um Estado, onde: • a EXECUÇÃO do PLANO resultará na CONCLUSÃO parcial ou total do Estado, e • um ou mais dos EFEITOS da especificação das ACTIVIDADES associadas com o PLANO são declarados serem as razões principais para EXECUTAR o PLANO. Exemplo: o PROPÓSITO de um PLANO é estar num determinado local numa determinada data.
Comentários:	1) Um PROPÓSITO pode ser decomposto em PROPÓSITOS mais detalhados através da Relação AJUDA A CONCLUIR; 2) Uma Responsabilidade pode ser vista como um tipo especial de PROPÓSITO. O ser responsável por implica que o PROPÓSITO é ATRIBUÍDO por outro Agente. Isto contrasta com o caso mais geral onde um Agente quer, ou pretende um PROPÓSITO da sua própria vontade. 3) Um PROPÓSITO é caracterizado pelo seguinte: • Mensurabilidade: o grau até onde se pode determinar objectivamente se foi alcançada uma CONCLUSÃO; • Horizonte temporal: curto, médio ou longo prazo; • Especificidade: qual o grau de detalhe de um PROPÓSITO. Relacionado com a mensurabilidade na medida em que PROPÓSITOS muito detalhados tendem a ser mensuráveis; • Prioridade Relativa: grau de desejo de conclusão com respeito a um Agente.

VISÃO, FINALIDADE e META	
Definição:	• Tipos de PROPÓSITOS

Comentários:	1) Podem ou não ser OBJECTIVOS. 2) Indicam-se a seguir diversas maneiras para estes termos serem especializados: • No que compete à Relação AJUDA A CONCLUIR que ordena PROPÓSITOS, a ordem tenderá a ser (partindo do nível mais baixo): OBJECTIVO, META, FINALIDADE e VISÃO; • Com respeito à mensurabilidade, a ordem tenderá a ser (a partir do mais mensurável): OBJECTIVO, META, FINALIDADE, VISÃO; • Com respeito ao horizonte temporal. a ordem será (partindo do horizonte de tempo mais curto): OBJECTIVO, META, FINALIDADE, VISÃO

CONCLUIR	
Definição:	• A realização de um Estado, i.e., torná-lo válido ou verdadeiro.
Comentários:	1) Quando o Estado é um PROPÓSITO, dir-se-á que está ser realizado.

AJUDA A CONCLUIR	
Definição:	• Uma Relação entre dois Estados, onde um deles contribui para ou facilita a CONCLUSÃO do outro Estado.
Comentários:	1) A Relação AJUDA A CONCLUIR é particularmente importante quando os Estados são PROPÓSITOS. Neste caso, A Relação AJUDA A CONCLUIR pode definir um rede acíclica de PROPÓSITOS, o que dá origem à noção de PROPÓSITOS de alto e baixo nível; 2) Os utilizadores da ontologia podem restringir o significado da Relação AJUDA A CONCLUIR de um modo mais preciso, ou até definirem mais significados. É objectivo da ontologia permitir isto ao mesmo tempo que fornece uma estrutura básica que pode ser compartilhada.

ESTRATÉGIA	
Definição:	• Um PLANO para CONCLUIR um PROPÓSITO de alto-nível.
Comentários:	1) A noção de alto-nível é com respeito à Relação AJUDA A CONCLUIR

PLANEAMENTO ESTRATÉGICO	
Definição:	• Uma ACTIVIDADE cujo PROPÓSITO é produzir uma ESTRATÉGIA

ACÇÃO ESTRATÉGICA	
Definição:	• Um SUBPLANO de uma ESTRATÉGIA

5.3.4.2 - Decisões, Factores, Suposições

DECISÃO	
Definição:	• O compromisso de um Agente em executar uma ACTIVIDADE.
Comentários:	1) A noção de compromisso aparece como sinónimo de "intenção", sendo distinto de "querer/desejar".

SUPOSIÇÃO	
Definição:	• Uma Função de um Estado numa Relação com um Agente onde o Agente toma o Estado por verdadeiro ou válido, sem saber no entanto se o é ou não.
Comentários:	1) Uma SUPOSIÇÃO pode ou não ser critica; 2) As SUPOSIÇÕES são utilizadas tipicamente durante o PLANEAMENTO e podem ser associadas com PLANOS.

SUPOSIÇÃO CRÍTICA	
Definição:	• Uma SUPOSIÇÃO que está associada ou é utilizada no PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.

SUPOSIÇÃO NÃO-CRÍTICA	
Definição:	• Uma SUPOSIÇÃO que não está associada ou não é utilizada num PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.

FACTOR INFLUÊNCIA	
Definição:	• Um Estado que é conhecido como sendo verdadeiro e que está dentro da área de interesse de um Agente

FACTOR INFLUÊNCIA CRÍTICO	
Definição:	• Um FACTOR INFLUÊNCIA que está associado ou é utilizado num PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.

FACTOR INFLUÊNCIA NÃO-CRÍTICO	
Definição:	• Um FACTOR INFLUÊNCIA que não está associado ou que não é utilizado num PLANEAMENTO ESTRATÉGICO.

FACTOR SUCESSO CRÍTICO	
Definição:	• Um PROPÓSITO declarado por um Agente para ser considerado crítico para o sucesso de um ou mais PROPÓSITOS de alto-nível.
Comentários:	1) O significado prático desta definição é que o FACTOR SUCESSO CRÍTICO fornece o núcleo central para o PLANEAMENTO ESTRATÉGICO; 2) É importante notar que a definição é um pouco arbitrária no sentido em que não existe nenhum conjunto de Atributos que possam determinar de um modo objectivo se um PROPÓSITO é um FACTOR SUCESSO CRÍTICO ou não.

RISCO	
Definição:	• Uma Função de um Estado numa Relação com um Agente onde este vê o Estado como uma potencial obstáculo para a CONCLUSÃO de um ou mais PROPÓSITOS daquele.

5.3.5 - Aspectos Temporais

O conceito de tempo não é específico de empresas mas é usado por estas. Nesta secção os conceitos principais são LINHA DE TEMPO e INSTANTE DE TEMPO, sendo este constituído pelo primeiro. Definem os conceitos de DURAÇÃO e INTERVALO DE TEMPO. Também se definem várias relações entre LINHA DE TEMPO e INSTANTE DE TEMPO.

Apresentam-se de seguida as definições para estes conceitos:

5.3.5.1 - Conceitos Básicos

LINHA DE TEMPO	
Definição:	• Uma sequência ordenada, contínua e infinita de INSTANTES DE TEMPO.

INSTANTE DE TEMPO	
Definição:	• Um determinado instante no tempo.
Comentários:	1) Um INSTANTE DE TEMPO pode existir independentemente de se saber onde se encontra localizado na LINHA DE TEMPO.

DATA CALENDÁRIO	
Definição:	• Um tipo de INSTANTE DE TEMPO caracterizada por ser representada como uma data, incluindo horas e minutos.
Exemplos:	• 23h45 10 Outubro 1995

INSTANTE DE TEMPO RELATIVO	
Definição:	• Um tipo de INSTANTE DE TEMPO caracterizado por ser representado por um deslocamento temporal a partir de uma origem.
Exemplos:	• Amanhã pode ser representado como "o dia a seguir ao de hoje".

5.3.5.2 - Durações e Intervalos

DURAÇÃO	
Definição:	• Uma distância absoluta entre dois INSTANTES DE TEMPO.

Comentários:	1) Uma DURAÇÃO será tipicamente medida nalguma forma de unidades (anos, meses, semanas, dias, etc.); 2) São casos especiais de DURAÇÃO: • Infinito: DURAÇÃO arbitrariamente elevada; • Delta: DURAÇÃO arbitrariamente pequena; • Zero DURAÇÃO de dimensão nula.

LIMITES DURAÇÃO	
Definição:	• Uma especificação de limites superior e inferior no comprimento temporal que compreende duas DURAÇÕES.
Exemplos:	• O tempo de processamento tem uma duração de uma a três semanas
Comentários:	1) Uma DURAÇÃO é um caso especial de LIMITES DURAÇÃO onde é requerido um comprimento temporal exacto. Isto pode ser representado fazendo com que os limites superior e inferior tenham a mesma DURAÇÃO.

INTERVALO DE TEMPO	
Definição:	• Um intervalo de tempo especificado como dois INSTANTES DE TEMPO, tendo como limites a distância entre os dois instantes de tempo.
Comentários:	1) Os limites implicam que o intervalo seja indefinido; não se sabe qual o seu comprimento ou em que posição da LINHA DE TEMPO estão localizados os INSTANTES DE TEMPO; 2) Este é um caso especial de um INTERVALO DE TEMPO: • Sempre: um intervalo que compreende toda a LINHA DE TEMPO, desde o infinito para o passado até ao infinito para o futuro.

5.3.5.3 - Relações temporais

Definem-se a seguir Relações úteis entre INSTANTES DE TEMPO:

ANTES	
Definição:	• Uma Relação entre dois INSTANTES DE TEMPO onde um precede o outro na LINHA DE TEMPO por uma distância mínima Delta.

MESMO OU ANTES	
Definição:	• Uma Relação entre dois INSTANTES DE TEMPO onde um precede o outro na LINHA DE TEMPO por uma distância mínima de Zero.
Comentários:	1) Se a distância for Zero, os dois INSTANTES DE TEMPO são idênticos.

DEPOIS	
Definição:	• Uma Relação entre dois INSTANTES DE TEMPO onde um sucede o outro na LINHA DO TEMPO com uma distância mínima de Delta.

MESMO OU DEPOIS	
Definição:	• Uma Relação entre dois INSTANTES DE TEMPO onde um sucede o outro na LINHA DO TEMPO com a distância mínima de Zero
Comentários:	1) Se a distância for Zero, os dois INSTANTES DE TEMPO são idênticos.

MESMO	
Definição:	• Uma Relação entre dois INSTANTES DE TEMPO onde a distância entre eles é Zero

DISTÂNCIA	
Definição:	• É especificada entre dois INSTANTES DE TEMPO como DURAÇÃO.

Seguidamente definem-se Relações úteis entre INTERVALOS DE TEMPO

TEMPO INÍCIO MAIS CEDO	
Definição:	• Um Atributo de um INTERVALO DE TEMPO cujo valor é um INSTANTE DE TEMPO RELATIVO que indica o tempo mais cedo onde se pode iniciar o INTERVALO DE TEMPO.

TEMPO INÍCIO MAIS TARDE	
Definição:	• Um Atributo de um INTERVALO DE TEMPO cujo valor é um INSTANTE DE TEMPO RELATIVO que indica o tempo mais tarde em que se pode iniciar o INTERVALO DE TEMPO.

TEMPO CONCLUSÃO MAIS CEDO	
Definição:	• Um Atributo de um INTERVALO DE TEMPO cujo valor é um INSTANTE DE TEMPO RELATIVO que indica o tempo mais cedo em que o INTERVALO DE TEMPO pode acabar.

TEMPO CONCLUSÃO MAIS TARDE	
Definição:	• Um Atributo de um INTERVALO DE TEMPO cujo valor é um INSTANTE DE TEMPO RELATIVO que indica o tempo mais tarde em que se pode iniciar o INTERVALO DE TEMPO.

INTERVALO ANTES	
Definição:	• Uma Relação entre dois INTERVALOS DE TEMPO onde um dos intervalos está colocado antes do outro.

INTERVALO DURANTE	
Definição:	• Uma Relação entre dois INTERVALOS DE TEMPO onde um dos intervalos é um subintervalo do outro.

INTERVALO SOBREPOSTO	
Definição:	• Uma Relação entre dois INTERVALOS DE TEMPO onde um dos intervalos se sobrepõe ao outro.

INTERVALO DISJUNTO	
Definição:	• Uma Relação entre dois INTERVALOS DE TEMPO onde os dois intervalos não se sobrepõem.

5.4 - Apresentação do Modelo

Seguidamente ir-se-á proceder à construção do modelo segundo a metodologia OMT. Assim, serão apresentados os modelos de objectos, dinâmico e funcional.

5.4.1 - Modelo de Objectos

Como a descrição do problema já foi estabelecida anteriormente através da construção da ontologia da empresa vai passar-se agora à identificação das classes de objectos, referindo as suas descrições, os seus atributos e as associações entre elas. O resultado será o modelo de objectos.

A identificação das classes, dos atributos, das associações e a sua descrição terá por base a ontologia da empresa definida anteriormente. Cada termo da ontologia é analisado na perspectiva de poder vir a ser considerado como uma classe válida. Este processo será conduzido para as áreas definidas em §5.3 (actividades, organização, estratégia e aspectos temporais) de modo a facilitar a sua elaboração. Mas antes será analisada a meta-ontologia.

É apresentado o modelo estabelecido para cada área sendo de seguida descrito a sua composição em termos de classes, atributos e associações.

5.4.4.1 - Meta-Ontologia

O modelo de objectos para a meta-ontologia é apresentado na fig. 5.1. Podem ser definidas as classes para os seguintes conceitos da meta-ontologia: entidade, agente, relação, função do agente e estado. De seguida apresentam-se as classes consideradas e as suas descrições respectivas.

Classe: ENTIDADE	
Descrição:	Representa algo de interesse que tem uma existência concreta no domínio que está a ser modelizado, nesta caso a empresa. Esta é formada por um conjunto de entidades. As entidades podem desempenhar funções numa relação e participar em relações com outras entidades. Uma entidade também pode ser vista como um atributo de outra entidade. Forma o conceito base da meta-ontologia. Uma entidade pode ser uma pessoa, um plano de produção, um departamento, etc.

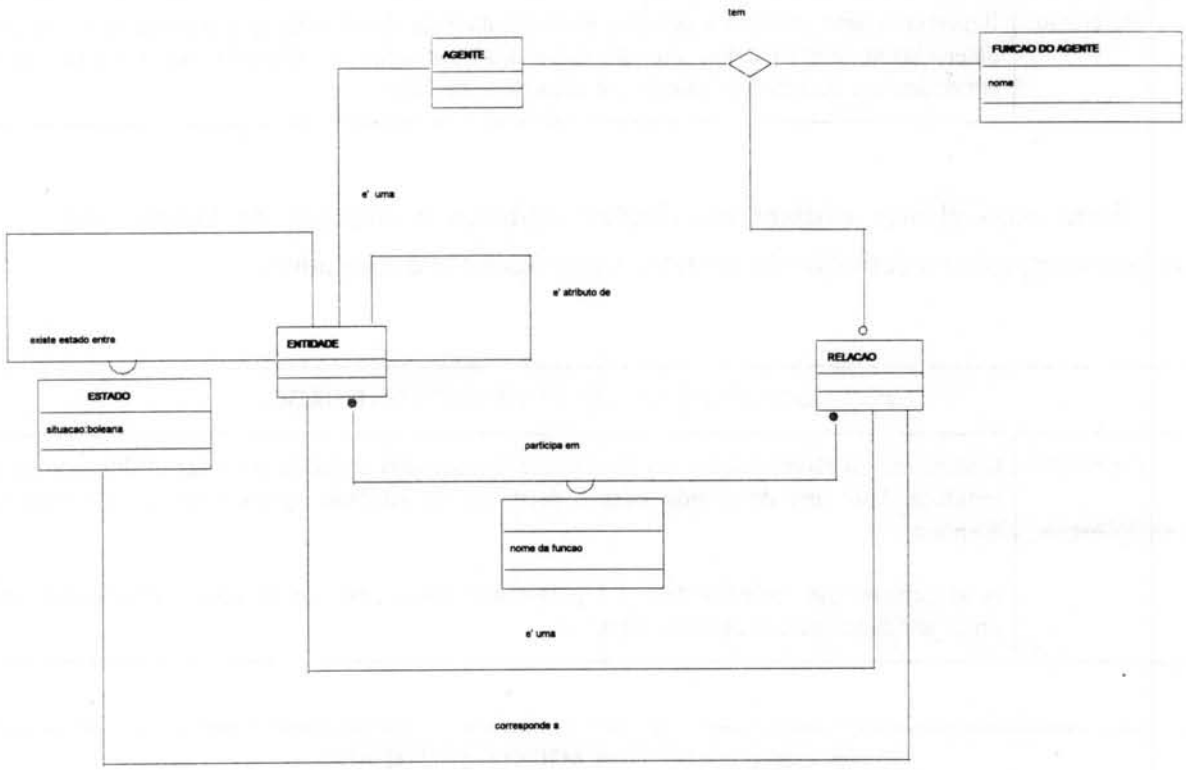


fig. 5.1 - Modelo de objectos para a meta-ontologia

Classe: RELAÇÃO	
Descrição:	Representa o modo como duas ou mais entidades se podem associar. Como se disse anteriormente, uma entidade pode ter uma função dentro de uma relação. Uma relação é por si só uma entidade que pode participar em mais relações.

Classe: AGENTE	
Descrição:	Representa uma entidade que desempenha uma determinada função numa relação. Um agente desempenha uma ou mais actividades na empresa e pode ou não ser considerado responsável por ela. Um agente pode ser entendido como um indivíduo ou como uma unidade organizacional.

Classe: Função do Agente	
Descrição:	Representa um tipo de função existente numa relação, de acordo com a qual o desempenho da própria função implica uma forma de acção ou de conhecimento. Assim, os tipos de entidades que desempenham este tipo de função (os agentes) estão limitados por este último requisito.

Classe: ESTADO	
Descrição:	Representa uma situação e consiste num conjunto de declarações que permite saber se uma determinada relação existe ou não entre duas entidades. A situação, ou a relação entre entidades tem apenas dois valores, ou verdadeira ou falsa.

Entre estas classes existem associações, atributos e atributos de ligação que no seu conjunto completam a definição do modelo. A sua descrição é a seguinte:

Associação "é atributo de" entre ENTIDADE e ENTIDADE	
Descrição:	Como vem na própria definição da classe entidade, uma entidade pode ser atributo de outra entidade. Isto vem de acordo com a definição de Atributo apresentada na ontologia da empresa. A associação tem multiplicidade 1:1 pois a uma unica entidade só pode corresponder uma única entidade que seja atributo daquela.

Associação "é uma" entre AGENTE e ENTIDADE	
Descrição:	Um agente pela sua própria definição corresponde a uma entidade. A associação tem multiplicidade 1:1 pois a um único agente só corresponde uma única entidade.

Associação "participa em" entre ENTIDADE e RELAÇÃO	
Descrição:	Uma entidade participa numa determinada relação com outras entidades, desempenhando nessa relação uma determinada função. O atributo de ligação "nome da função" indica qual é a função desempenhada pela entidade na relação. A associação tem multiplicidade M:N pois uma entidade pode participar em mais do que uma relação e várias entidades podem participar na mesma relação.

Associação "é uma" entre RELAÇÃO e ENTIDADE	
Descrição:	Da definição da classe relação vem que esta corresponde a uma entidade que pode participar em mais relações. A multiplicidade é de 1:1 pois a uma relação corresponde só uma entidade.

Associação "existe estado entre" entre ENTIDADE e ENTIDADE	
Descrição:	Esta associação pretende representar a existência ou não de um estado entre duas entidades através de uma associação modelizada como uma classe (a classe estado). Esta possui um atributo (situação) que indica se o estado existe ou não. A multiplicidade é de 1:1 pois um estado só existe entre duas entidades.

Associação "corresponde a" entre ESTADO e RELAÇÃO	
Descrição:	Um estado pela sua definição representa a existência de uma relação entre duas entidades. Através desta associação pretende-se saber qual o tipo de relação que existe entre as duas entidades que formam o estado. A multiplicidade é de 1:1 pois a um estado só corresponde uma única relação.

Associação "tem" entre AGENTE, FUNÇÃO DO AGENTE e RELAÇÃO	
Descrição:	Esta é uma associação ternária. Indica quais os agentes que desempenham uma função que implica uma forma de acção ou de conhecimento e a relação em que essa função ocorre. A classe função do agente possui o atributo "nome" para designar qual o nome da função que é desempenhada pelo agente respectivo. A multiplicidade é 1, excepto na classe relação em que pode ser 0 ou 1 pois nem todas as relações correspondem a funções de agente.

5.4.1.2 - Actividades, Planos e Recursos

O modelo de objectos para a área de actividades é apresentado na fig. 5.2.

As classes que foram definidas para esta área são as seguintes: agente, actividade, efeitos, pré-condição, intervalo de tempo, local e dono da actividade.

Classe: AGENTE	
Descrição:	Esta classe provém da definição da classe com o mesmo nome na meta-ontologia e será definida em maior pormenor na área correspondente à organização.

Classe: ACTIVIDADE	
Descrição:	Representa algo que é realizado durante um determinado intervalo de tempo na empresa. Uma actividade tem pré-condições que devem ser satisfeitas para a sua execução, produz efeitos no decorrer da sua execução ou quando da sua completação, pode ser desempenhada por um ou mais agentes que tenham capacidade e autoridade para a executar, pode ser decomposta em subactividades que no seu conjunto formam uma actividade de nível superior, tem um "dono" que é responsável pela sua execução. Uma actividade pode ser classificada em estratégica, táctica ou operacional dependendo do propósito a que se encontra associada, sendo esta classificação representada como uma generalização com as subclasses correspondentes ao tipo de actividade e a superclasse actividade. Nas outras áreas serão definidas mais propriedades desta classe.

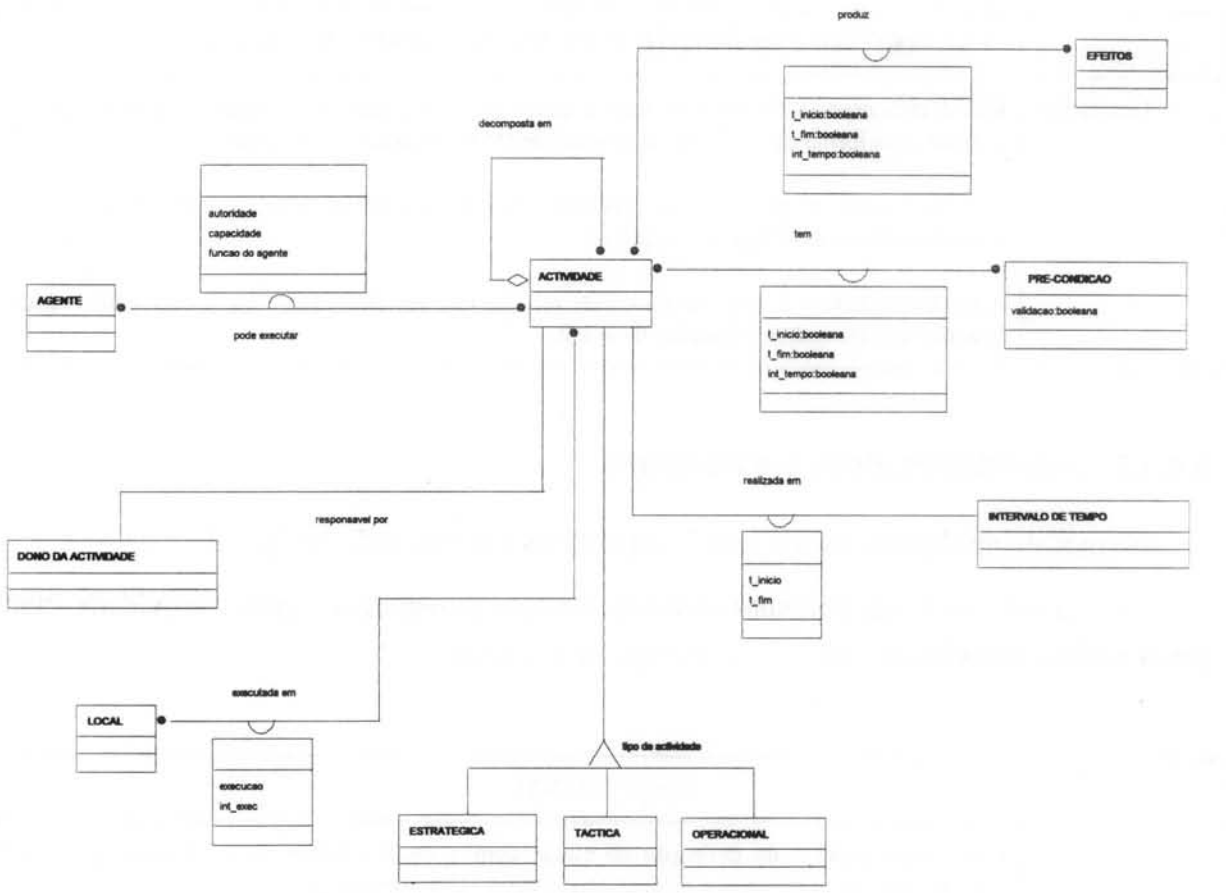


fig. 5.2 - Modelo de Objectos para a área de actividades.

Classe: EFEITOS	
Descrição:	Representa quais os efeitos que são gerados ou causados pela execução de uma actividade.

Classe: PRÉ-CONDIÇÃO	
Descrição:	Representa qual o conjunto de pré-condições que devem ser válidas para a execução da actividade. O atributo validação indica se a pré-condição correspondente é válida ou não.

Classe: INTERVALO DE TEMPO	
Descrição:	Esta classe encontra-se definida na área correspondente aos aspectos temporais.

Classe: LOCAL	
Descrição:	Representa o local físico ou conceptual onde é realizada a actividade.

Classe: DONO DA ACTIVIDADE	
Descrição:	Representa e caracteriza o responsável pelo decorrer da actividade.

Segue-se a descrição das associações, atributos e atributos de ligação que existem entre estas classes e que no seu conjunto completam a definição do modelo:

Associação "decomposta em" entre ACTIVIDADE e ACTIVIDADE	
Descrição:	Esta associação que de facto é uma agregação indica que uma actividade pode ser decomposta em uma ou mais subactividades, estando a conclusão da actividade dependente da conclusão de todas as suas subactividades. A multiplicidade é de 1:N pois uma actividade pode ser decomposta em uma ou mais subactividades.

Associação "realizada em" entre ACTIVIDADE e INTERVALO DE TEMPO	
Descrição:	Indica a duração correspondente à actividade. Os atributos de ligação t_inicio e t_fim permitem especificar qual os instantes de inicio e fim da actividade. A multiplicidade é de 1:1 pois a um actividade corresponde um único intervalo de tempo.

Associação "produz" entre ACTIVIDADE e EFEITOS	
Descrição:	Uma actividade produz no decorrer da sua execução ou quando da sua conclusão determinados efeitos. Estes podem ocorrer imediatamente antes de t_inicio, imediatamente a seguir a t_fim ou durante int_tempo. Estes parâmetros constituem atributos de ligação da associação. A multiplicidade é de M:N pois uma actividade pode produzir vários efeitos e um efeito pode corresponder a mais do que um actividade.

Associação "tem" entre ACTIVIDADE e PRÉ-CONDIÇÃO	
Descrição:	Uma actividade tem de obedecer a um conjunto de pré-condições para que possa ser executada. Do mesmo modo que para a relação "produz" as pré-condições podem ser válidas imediatamente antes de t_inicio, imediatamente a seguir a t_fim ou durante int_tempo. Estes parâmetros constituem atributos de ligação da associação. A multiplicidade é de M:N pois uma actividade pode ter várias pré-condições e um pré-condição pode corresponder a várias actividades.

Associação "executada em" entre ACTIVIDADE e LOCAL	
Descrição:	Indica o local onde a actividade é executada, seja este uma máquina, um programa, um departamento da empresa, etc. Os atributos de ligação execução e ini_exec indicam, respectivamente, se a actividade está ou não a ser executada e a data de inicio de execução. A multiplicidade é de M:N pois uma actividade pode ser executada em mais do que um local, mesmo sendo em instantes iguais (por exemplo um programa), e num local podem ser executadas várias actividades.

Associação "responsável por" entre	
Descrição:	Indica quais os responsáveis pelas actividades. A multiplicidade é de 1:1 pois uma actividade só tem um único responsável.

Associação "pode executar" entre ACTIVIDADE, AGENTE

Descrição:	Esta associação indica para um determinado agente se este tem autorização e capacidade para desempenhar uma determinada actividade, e qual a função que desempenha. Estas funções são estabelecidas pelos atributos de ligação "autoridade", "capacidade" e "função do agente", respectivamente. A multiplicidade é de M:N pois um agente pode executar várias actividades e uma actividade pode ser executada por vários agentes.

O modelo de objectos para planos e recursos é apresentado na fig. 5.3.

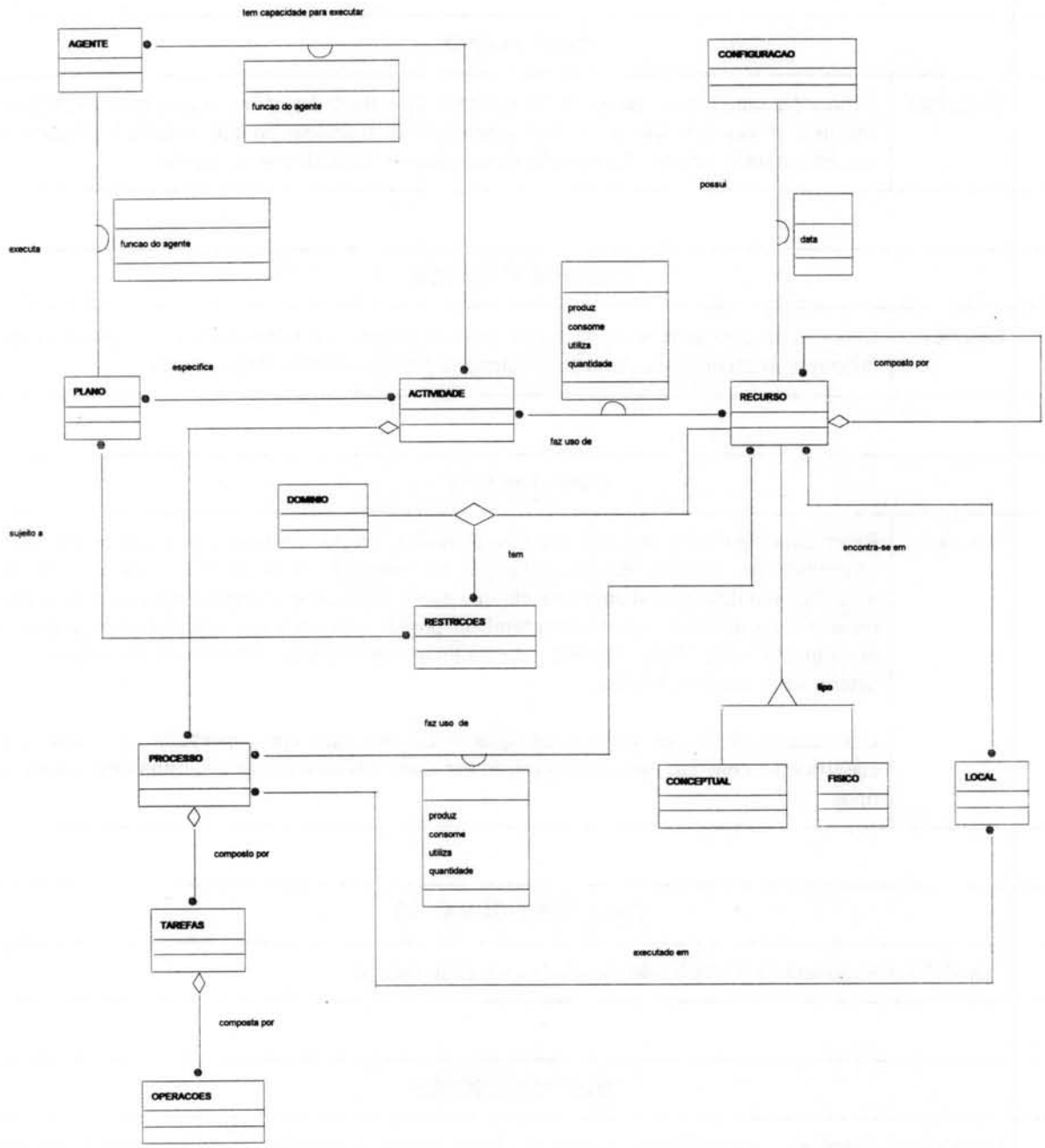


fig. 5.3 - Modelo de Objectos para planos e recursos.

Foram definidas as seguintes classes: agente, plano, actividade, recurso, configuração, restrições, domínio, local, processo, tarefas e operações. Estas são descritas a seguir:

Classe: AGENTE	
Descrição:	Esta classe provém da definição da classe com o mesmo nome na meta-ontologia e será definida em maior pormenor na área correspondente à organização.

Classe: PLANO	
Descrição:	Representa uma especificação de um conjunto de actividades com um determinado propósito em vista. A sua execução pode estar dependente de restrições no que respeita à utilização de um determinado recurso. A execução de um plano é realizada por um agente.

Classe: ACTIVIDADE	
Descrição:	Classe já descrita anteriormente. Neste contexto encontra-se relacionada com o plano e com a utilização de recursos da empresa. É composta por um conjunto de processos.

Classe: RECURSO	
Descrição:	Representa algo que é utilizado por uma actividade ou por um processo, podendo ser ou não consumido no decorrer da sua utilização ou produzir outros recursos. Um recurso tem associado um domínio ou ambiente em que este é utilizado e restrições aplicáveis ao próprio recurso e ao domínio. Um recurso também possui uma dada configuração para a qual foi programado num dado instante. Por último um recurso encontra-se localizado num determinado local da empresa. Um recurso pode ser classificado quanto ao seu tipo em conceptual ou físico. Esta classificação constitui uma generalização em duas subclasses com o mesma designação dos tipos.

Classe: CONFIGURAÇÃO	
Descrição:	Representa a configuração associada a um dado recurso.

Classe: RESTRIÇÕES	
Descrição:	Representa restrições que se aplicam a um recurso e ao domínio em que este se encontra inserido.

Classe: LOCAL	
Descrição:	Classe já definida anteriormente. Representa o local físico onde se encontra um recurso ou onde é realizado um processo.

Classe: DOMÍNIO	
Descrição:	Representa o domínio ou ambiente no qual se encontra inserido o recurso, o que vai condicionar a utilização do recurso por parte das actividades e dos processos.

Classe: PROCESSO	
Descrição:	Representa um conjunto relacionado de tarefas que são executadas com vista a obter um resultado. Um processo utiliza, modifica ou produz recursos. São executados num determinado local da empresa.

Classe: TAREFAS	
Descrição:	Representa um conjunto de operações que têm de ser concluídas para que a tarefa se dê por executada. Fazem parte de processos.

Classe: OPERAÇÕES	
Descrição:	Representa uma acção ou operação básica a realizar para a conclusão de uma determinada tarefa.

Segue-se a descrição das associações, atributos e atributos de ligação que existem entre estas classes e que no seu conjunto completam a definição do modelo:

Associação "executa" entre AGENTE e PLANO	
Descrição:	Especifica quais os agentes que executam um determinado plano e qual a sua função (atributo de ligação "função do agente"). A multiplicidade é de 1:1 pois um agente só pode executar um plano.

Associação "tem capacidade para executar" entre AGENTE e ACTIVIDADE	
Descrição:	Indica quais os agentes que têm capacidade para executar actividades e qual a função dos agentes (atributo de ligação "função do agente"). A multiplicidade é de M:N pois um agente pode executar várias actividades e uma actividade pode ser executada por mais do que um agente.

Associação "especifica" entre PLANO e ACTIVIDADE	
Descrição:	Um plano, pela sua definição, especifica uma determinada sequência de actividades. A multiplicidade é de M:N pois um plano especifica mais do que uma actividade e uma actividade pode estar especificada em planos diferentes.

Associação "faz uso de" entre ACTIVIDADE e RECURSO	
Descrição:	Uma actividade utiliza ou faz uso de um recurso. Os atributos de ligação produz, consome, utiliza e quantidade, indicam respectivamente, se a actividade produz um recurso, consome um recurso, utiliza um recurso e a quantidade que é consumida/produzida. A multiplicidade é de M:N pois um recurso pode ser utilizado por mais do que uma actividade e uma actividade pode utilizar mais do que um recurso.

Associação "possui" entre RECURSO e CONFIGURAÇÃO	
Descrição:	Um recurso possui uma determinada configuração que lhe foi atribuída. O atributo de ligação "data" indica em que altura é que a configuração do recurso foi modificada/atribuída. A multiplicidade é de 1:1 pois um recurso só pode ter uma dada configuração num dado instante.

Associação "composto por" entre RECURSO e RECURSO	
Descrição:	Um recurso pode ser composto por um ou mais recursos. Esta associação é uma agregação. A multiplicidade é de 1:N pois um recurso é formado por um ou mais recursos.

Associação "composta por" entre ACTIVIDADE e PROCESSO	
Descrição:	Uma actividade é composta por um ou mais processos (agregação). A multiplicidade é de 1:N pois uma actividade tem vários processos.

Associação "encontra-se em" entre RECURSO e LOCAL	
Descrição:	Indica o local onde um recurso se encontra. A multiplicidade é de M:N pois um recurso pode estar em mais do que um local e um local pode ter mais do que um recurso.

Associação "tem" entre RECURSO, DOMÍNIO e RESTRIÇÕES	
Descrição:	Esta associação ternária indica para um dado recurso um conjunto de restrições que lhe estão impostas, qual o domínio em que se encontra inserido e ainda para um dado domínio quais as restrições que são aplicáveis. A multiplicidade é múltipla na classe restrições pois tanto um recurso como um domínio podem ter várias restrições, mas um recurso corresponde a um só domínio.

Associação "composto por" entre PROCESSO e TAREFAS	
Descrição:	Um processo é composto por uma ou mais tarefas (agregação). A multiplicidade é de 1:N pois um processo tem várias tarefas.

Associação "composta por" entre TAREFAS e OPERAÇÕES	
Descrição:	Uma tarefa é composta por uma ou mais operações (agregação). A multiplicidade é de 1:N pois uma tarefa tem várias operações.

Associação "faz uso de" entre PROCESSO e RECURSO	
Descrição:	Um processo utiliza ou faz uso de um recurso do mesmo modo que uma actividade. Os atributos de ligação produz, consome, utiliza e quantidade, indicam respectivamente, se o processo produz um recurso, consome um recurso, utiliza um recurso e a quantidade que é consumida/produzida. A multiplicidade é de M:N pois um recurso pode ser utilizado por mais do que um processo e um processo pode utilizar mais do que um recurso.

Associação "sujeito a" entre PLANO e RESTRIÇÕES	
Descrição:	Um plano encontra-se sujeito a várias restrições que se encontram relacionadas com um recurso que esse plano pretenda utilizar. A multiplicidade é de M:N pois plano pode estar sujeito a várias restrições e uma restrição pode ser aplicável a mais do que um plano.

5.4.1.3 - Organização

O modelo de objectos para a área da organização é apresentado na fig. 5.4.

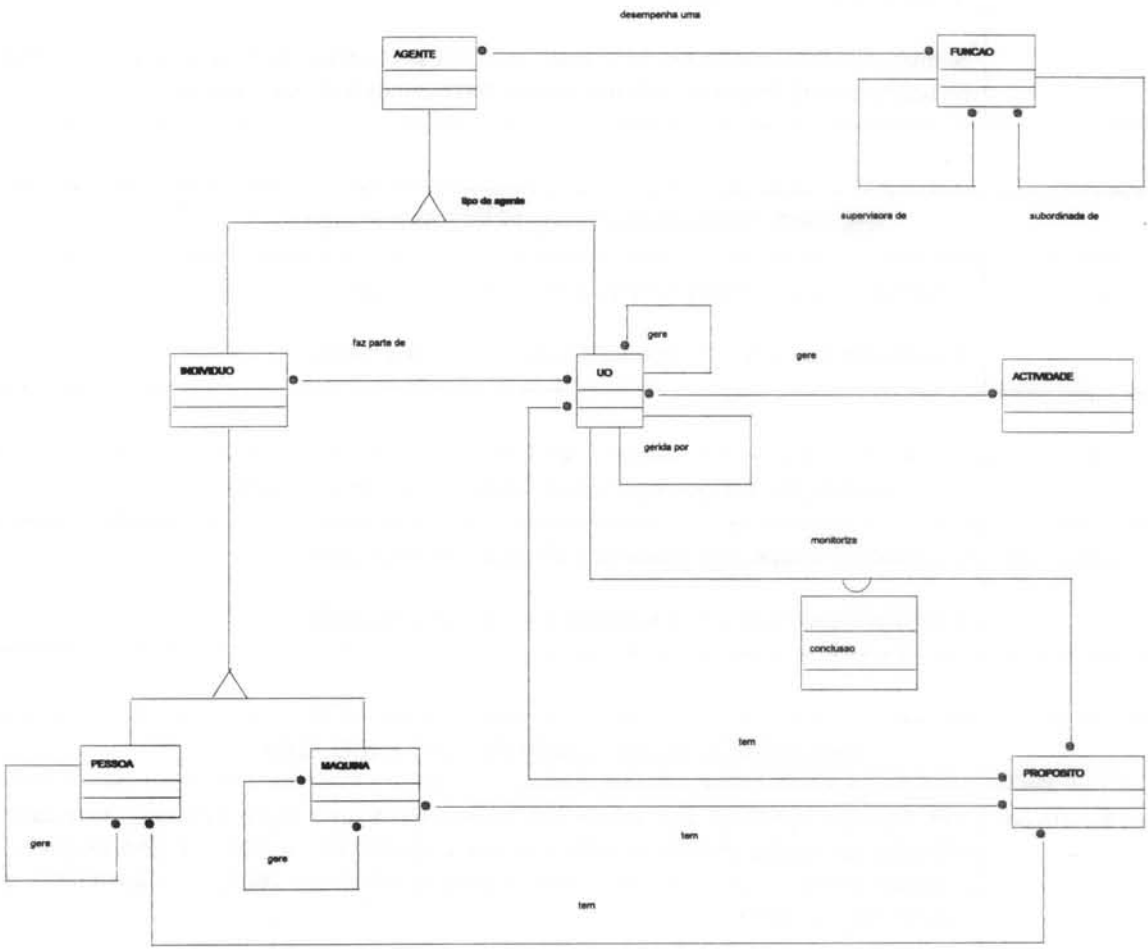


fig. 5.4 - Modelo de Objectos para a área da organização.

As classes que foram definidas para esta áreas são as seguintes: agente, função, actividade, propósito, indivíduo, pessoa, máquina e unidade organizacional (UO). A sua descrição é a seguinte:

Classe: AGENTE	
Descrição:	O conceito de agente pode ser entendido como uma entidade organizacional. Os agentes são os principais actuadores no sistema pois são quem desempenha as actividades. Um agente pode ser ou um indivíduo ou um grupo (unidade organizacional). O conceito de indivíduo abrange simultaneamente indivíduos humanos (pessoas), máquinas, sistemas automatizados, aplicações, etc. Pode-se então classificar um indivíduo em dois tipos: pessoa e máquina. As unidades organizacionais (UO) referem-se a estruturas organizacionais tais como departamentos, divisões, secções, projectos, equipas, etc. Os indivíduos fazem parte das UO. Os agentes além de desempenharem actividades, também desempenham funções.

Classe: FUNÇÃO	
Descrição:	Uma função é um conjunto coerente de elementos de um processo que são atribuídos a um agente como uma unidade de responsabilidade. As funções são atribuídas a um agente dependendo dos seus objectivos e das suas capacidades. Um agente pode desempenhar várias funções simultaneamente.

Classe: ACTIVIDADE	
Descrição:	Esta classe já foi definida.

Classe: PROPÓSITO	
Descrição:	Esta classe será definida na área da estratégia.

Classe: INDIVÍDUO	
Descrição:	Um indivíduo constitui um tipo de agente, é uma subclasse da superclasse agente (generalização). Representa qualquer tipo de entidade individual, seja ela uma pessoa, uma máquina, um programa, um sistema automatizado, etc. Um indivíduo pode fazer parte de uma UO.

Classe: PESSOA	
Descrição:	Representa um ser humano. É uma subclasse da superclasse indivíduo. As pessoas também desempenham actividades, pois no fundo também são um tipo de agente. Uma pessoa pode ser responsável por gerir um conjunto de outras pessoas.

Classe: MÁQUINA	
Descrição:	Representa um ser inanimado. Pode ser um programa, um equipamento, um sistema automatizado, etc. Tem a capacidade de desempenhar actividades que podem ou não ser também desempenhadas por pessoas. Uma máquina pode ser responsável por gerir um conjunto de várias máquinas.

Classe: UO	
Descrição:	As unidades organizacionais (UO) referem-se a estruturas organizacionais tais como departamentos, divisões, secções, projectos, equipas, etc. Representa uma entidade cuja função é gerir o desempenho das actividades em concluir os propósitos para os quais foram designadas. Uma UO é caracterizada pela natureza dos seus propósitos, pelos indivíduos que fazem parte da UO e por outras UO que giram ou sejam geridas por uma UO. Uma UO é responsável pela monitorização da conclusão dos propósitos que lhe estão atribuídos. Constitui uma subclasse da superclasse agente (generalização).

As associações, atributos e atributos de ligação que existem entre estas classe são indicados a seguir.

Associação "desempenha uma" entre AGENTE e FUNÇÃO	
Descrição:	Um agente dependendo dos seus propósitos e das suas capacidades desempenha uma determinada função na empresa. A multiplicidade é de M:N pois um agente pode desempenhar várias funções e uma função pode ser desempenhada por mais do que um agente.

Associação "supervisora de" entre FUNÇÃO e FUNÇÃO	
Descrição:	Uma função é supervisora de outras funções quando existe uma dependência do tipo estrutural entre elas, i.e., decisões que tenham de ser tomadas por parte das funções subordinadas carecem de uma autorização por parte da função supervisora. A multiplicidade é de 1:N pois uma função é supervisora de uma ou mais funções, mas uma função não pode ter duas funções supervisoras.

Associação "subordinada de" entre FUNÇÃO e FUNÇÃO	
Descrição:	Uma função é subordinada de várias funções quando existe uma dependência funcional entre elas, i.e., a função subordinada depende da conclusão das funções às quais se encontra ligada, para conseguir atingir a sua própria conclusão. A multiplicidade é de 1:N pois uma função é subordinada de uma ou mais funções, mas uma função não pode ter duas funções subordinadas.

Associação "gere" entre UO e UO	
Descrição:	Uma UO gere uma ou mais UO. A multiplicidade é de 1:N pois uma UO pode gerir várias UO, mas uma UO não pode ser gerida por mais do que uma UO.

Associação "gerida por" entre UO e UO	
Descrição:	Identifica qual a UO que é gerida por outra UO. A multiplicidade é de 1:1 pois uma UO só pode ser gerida por outra UO.

Associação "gere" entre UO e ACTIVIDADE	
Descrição:	Uma UO gere o desempenho de várias actividades. A multiplicidade é de M:N pois uma UO gere várias actividades e uma actividade pode ser gerida por mais do que uma UO.

Associação "monitoriza" entre UO e PROPÓSITO	
Descrição:	Um UO monitoriza a conclusão de um ou mais propósitos que lhe estejam atribuídos. O atributo de ligação "conclusão" permite saber se o propósito foi ou não concluído. A multiplicidade é de 1:N pois uma UO pode monitorizar vários propósitos mas o mesmo propósito não pode ser monitorizado por mais de uma do que uma UO.

Associação "tem" entre UO e PROPÓSITO	
Descrição:	Identifica os propósitos que estão atribuídos a uma UO. A multiplicidade é de M:N pois uma UO pode ter vários propósitos e um propósito pode estar atribuído a mais do que uma actividade.

Associação "faz parte de" entre INDIVÍDUO e UO	
Descrição:	Um indivíduo faz parte de uma UO. A multiplicidade é de M:N pois um indivíduo pode fazer parte de várias UO, e uma UO pode conter mais do que um indivíduo.

Associação "gere" entre PESSOA e PESSOA	
Descrição:	Uma pessoa gere ou é responsável por outras pessoas. A multiplicidade é de 1:N pois uma pessoa pode gerir várias pessoas, mas uma pessoa não pode ser gerida por mais do que uma pessoa.

Associação "gere" entre MÁQUINA e MÁQUINA	
Descrição:	Uma máquina gere ou é responsável por outras máquinas. A multiplicidade é de M:N pois uma máquina pode gerir várias máquinas e uma máquina pode ser gerida por outras máquinas.

Associação "tem" entre PESSOA e PROPÓSITO	
Descrição:	Uma pessoa tem um determinado propósito associado à função que desempenha na empresa. A multiplicidade é de M:N pois uma pessoa pode ter vários propósitos e um propósito pode ser o mesmo para diferentes pessoas.

Associação "tem" entre MÁQUINA e PROPÓSITO	
Descrição:	Uma máquina tem um determinado propósito associado à função que desempenha na empresa. A multiplicidade é de M:N pois uma máquina pode ter vários propósitos e um propósito pode ser o mesmo para diferentes máquinas.

5.4.1.4 - Estratégia

O modelo de objectos para a área da estratégia é apresentado na fig. 5.5.

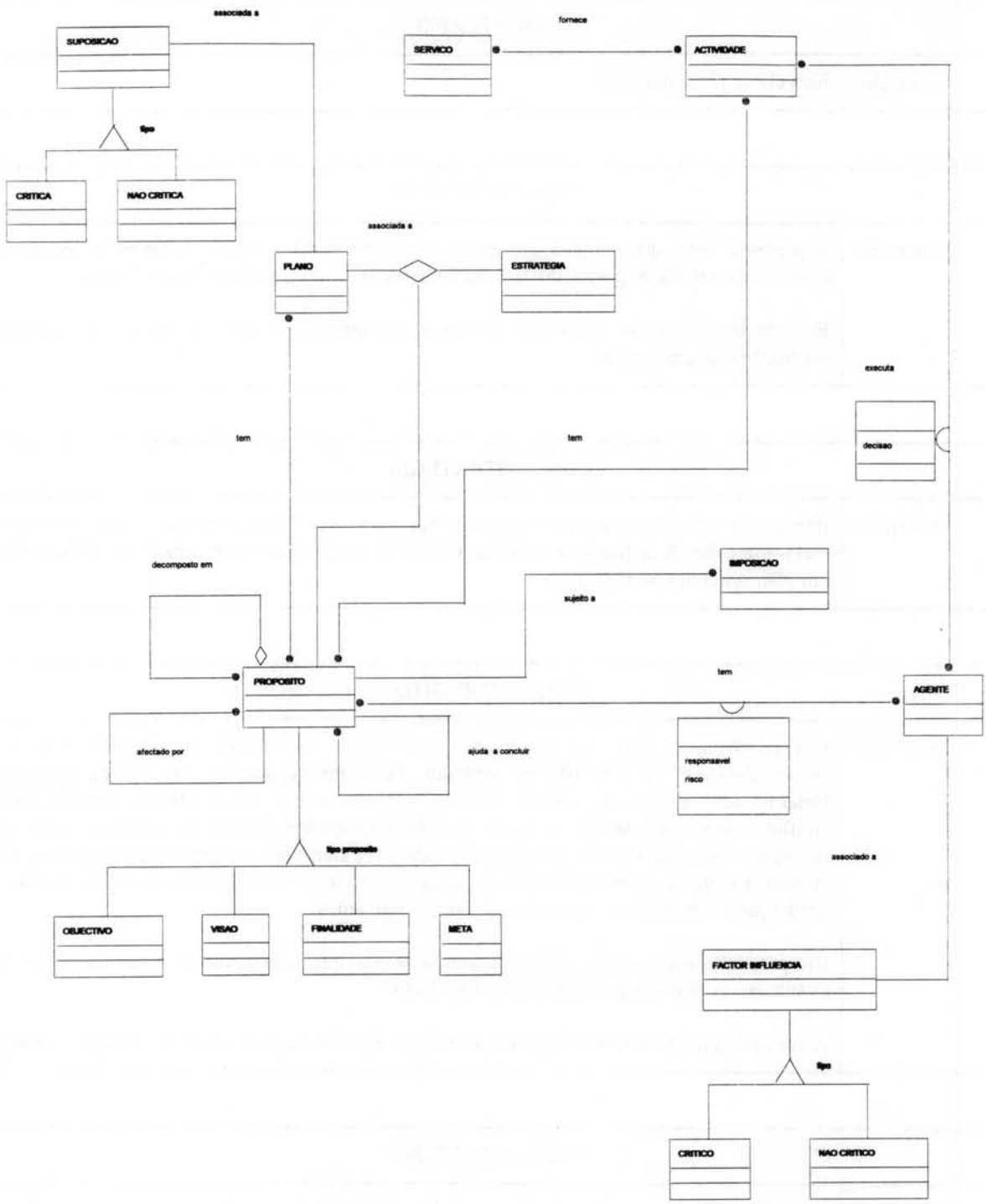


fig. 5.5 - Modelo de Objectos para a área de estratégia.

Para esta área foram consideradas as seguintes classes que se descrevem a seguir: plano, suposição, estratégia, propósito, imposição, agente, factor influência, actividade e serviço.

Classe: PLANO	
Descrição:	Esta classe já foi definida.

Classe: SUPOSIÇÃO	
Descrição:	Representa uma determinada suposição sobre uma determinada situação e encontra-se associada a um plano, pois é utilizada na elaboração de um planeamento estratégico. Existem dois tipos de suposições, critica e não critica que são subclasses da superclasse suposição (generalização).

Classe: ESTRATÉGIA	
Descrição:	Representa uma designação para um plano que permite concluir um propósito de alto-nível ou meta-propósito. A estratégia é definida a partir de um plano e é o resultado da elaboração de um planeamento estratégico.

Classe: PROPÓSITO	
Descrição:	Um propósito é algo que um plano pode ajudar a concluir ou de algo que é da responsabilidade de uma UO em concluir. Pode ser decomposto em outros propósitos. Determinados propósitos podem não ser completamente independentes. Podem existir conflitos entre eles devido ao facto de diferentes agentes dentro da empresa terem uma percepção diferente sobre o problema que está a ser analisado. Os propósitos também podem colaborar entre si de modo a atingirem o que pretendem. Um propósito pode ser alcançado desde que as imposições sobre este possam ser satisfeitas. Um propósito pode ser classificado segundo os seu tipos originando uma generalização com as subclasses: objectivo, visão, finalidade e meta. A noção de propósito é essencial para a empresa. Esta existe porque há um propósito a atingir.

Classe: IMPOSIÇÃO	
Descrição:	A realização dos propósitos ditados pelas entidades responsáveis, está dependente da existência de imposições que se colocam sobre o funcionamento da empresa. Uma imposição constitui um motivo funcional que deve ser satisfeito pela empresa. Ao contrário de um propósito uma imposição é formulada em termos de propriedades mensuráveis e de acções da empresa.

Classe: AGENTE	
Descrição:	Esta classe já foi definida.

Classe: FACTOR INFLUÊNCIA	
Descrição:	Representa uma situação que é tida como verdadeira e que se encontra associada a um agente. Tem uma generalização segundo o seu tipo em duas subclasses: crítico e não crítico.

Classe: ACTIVIDADE	
Descrição:	Esta classe já se encontra definida.

Classe: SERVIÇO	
Descrição:	Representa o tipo de serviço que é fornecido por um actividade.

A seguir descrevem-se as associações, atributos e atributos de ligação existentes para as classes definidas anteriormente.

Associação "associada a" entre SUPOSIÇÃO e PLANO	
Descrição:	Uma suposição encontra-se associada a um plano, pois é utilizada por este na elaboração de um planeamento estratégico. A multiplicidade é de 1:1 pois a um plano só se encontra associada uma suposição e vice-versa.

Associação "associada a" entre PLANO, ESTRATÉGIA e PROPÓSITO	
Descrição:	Esta associação ternária pretende representar a ligação que existe entre uma estratégia que é definida como um plano para ajudar a concluir um meta-propósito. A multiplicidade é 1 em todas as classes existe uma correspondência unívoca entre todas, uma estratégia esta associada a um só plano e ambos tem um único propósito.

Associação "tem" entre PLANO e PROPÓSITO	
Descrição:	Um plano tem um determinado propósito a atingir. A multiplicidade é de M:N pois um plano pode ter vários propósitos e vice versa.

Associação "decomposto em" entre PROPÓSITO e PROPÓSITO	
Descrição:	Um propósito pode ser decomposto em vários subpropósitos (agregação). A multiplicidade é de 1:N pois um propósito é constituído por vários subpropósitos.

Associação "afectado por" entre PROPÓSITO e PROPÓSITO	
Descrição:	Determinados propósitos podem não ser completamente independentes. Podem existir conflitos entre eles devido ao facto de diferentes agentes dentro da empresa terem uma percepção diferente sobre o problema que está a ser analisado. Assim um propósito pode ser afectado por um ou mais propósitos. A multiplicidade é de 1:N pois um propósito é afectado por um ou mais propósitos.

Associação "ajuda a concluir" entre PROPÓSITO e PROPÓSITO	
Descrição:	Como o próprio nome indica um processo pode ajudar na conclusão de um ou mais propósitos. A multiplicidade é de M:N pois um processo ajuda na conclusão de vários processos e vice versa.

Associação "sujeito a" entre PROPÓSITO e IMPOSIÇÃO	
Descrição:	Um propósito pode ser alcançado desde que as imposições sobre este possam ser satisfeitas. Assim, encontra-se sujeito a imposições. A multiplicidade é de 1:N pois um propósito pode estar sujeito a várias imposições.

Associação "tem" entre AGENTE E PROPÓSITO	
Descrição:	Um agente tem um propósito associado no desempenho da sua função. Os atributos de ligação "responsável " e "risco" indicam respectivamente, se o agente é ou não responsável pelo propósito e se existe um risco ou obstáculo para atingir o propósito pelo agente respectivo. A multiplicidade é de M:N pois um agente pode ter vários propósitos e vice-versa.

Associação "tem" entre ACTIVIDADE e PROPÓSITO	
Descrição:	Uma actividade do mesmo modo que um agente também tem um propósito na sua execução. A multiplicidade é de M:N pois uma actividade pode ter vários propósitos e vice-versa.

Associação "associado a" entre FACTOR INFLUÊNCIA e AGENTE	
Descrição:	Indica qual o factor de influência (situação) que se encontra associada a um agente em particular. A multiplicidade é de 1:1 pois a um agente só corresponde um factor de influência e vice-versa.

Associação "executa" entre AGENTE e ACTIVIDADE	
Descrição:	Um agente executa um actividade tendo um compromisso em executá-la que é exemplificado através do atributo de ligação "decisão", que especifica se o agente tem ou não intenção em realizar a actividade. A multiplicidade é de M:N pois um agente pode desempenhar várias actividades e vice-versa.

Associação "fornece" entre ACTIVIDADE e SERVIÇO	
Descrição:	Uma actividade fornece serviços no decorrer da sua execução. A multiplicidade é de M:N pois uma actividade pode fornecer vários serviços e vice-versa

5.4.1.5 - Aspectos Temporais

O modelo de objectos para a área dos aspectos temporais é apresentado na fig. 5.6.

Foram definidas nesta áreas as classes: instante de tempo, linha de tempo, intervalo de tempo, duração e relativo.

Classe: INSTANTE DE TEMPO	
Descrição:	Representa um determinado instante de tempo. Tem uma especialização (generalização) em duas subclasses: data e relativo.

Classe: LINHA DE TEMPO	
Descrição:	Representa uma sequência ordenada, contínua e infinita de instantes de tempo.

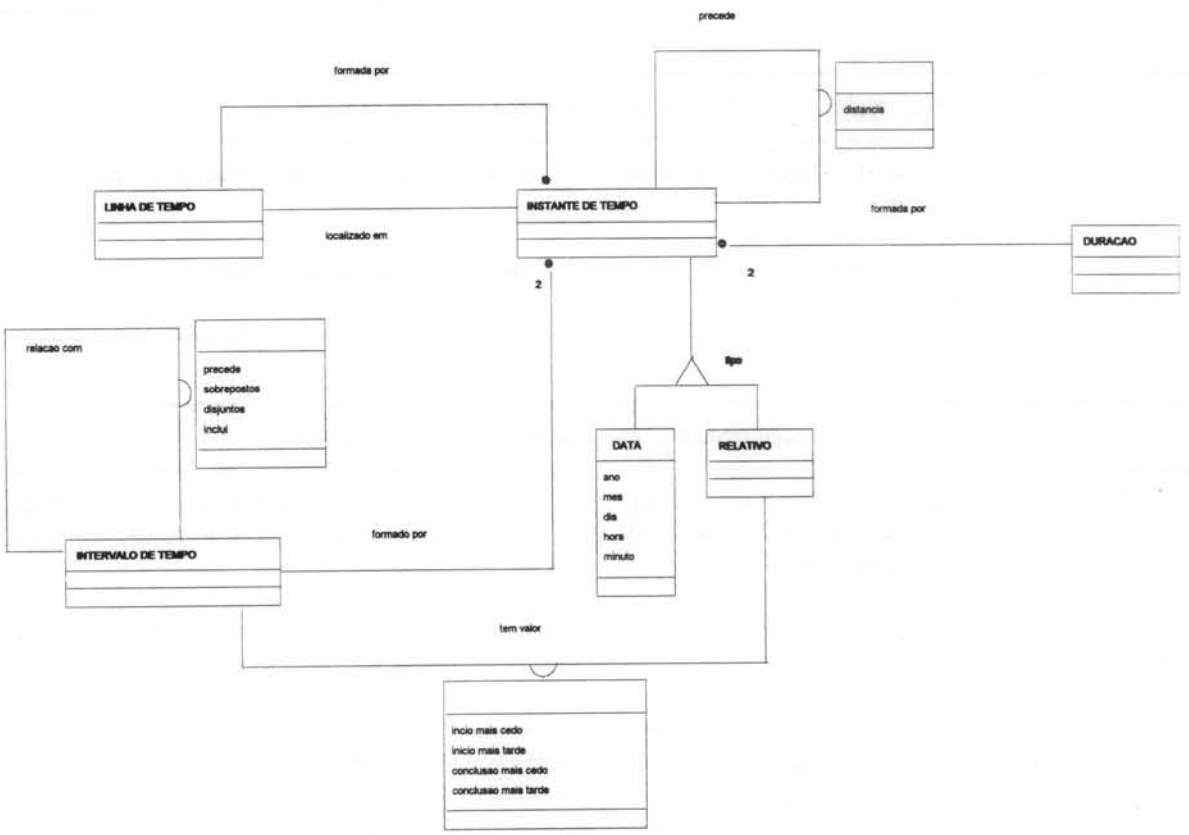


fig. 5.6 - Modelo de Objectos para a área dos aspectos temporais.

Classe: INTERVALO DE TEMPO	
Descrição:	Representa um intervalo de tempo especificado entre dois instantes de tempo.

Classe: DURAÇÃO	
Descrição:	Representa uma distância absoluta entre dois instantes de tempo.

Classe: RELATIVO	
Descrição:	Representa um instante de tempo caracterizado por ser representado por um deslocamento temporal a partir da origem.

A seguir estão descritas as associações, atributos e atributos de ligação existentes entre as classes.

Associação "precede" entre INSTANTE DE TEMPO e INSTANTE DE TEMPO	
Descrição:	Indica uma relação temporal de precedência entre instantes de tempo em que essa precedência é indicada pelo valor do atributo de ligação "distância". A multiplicidade é de 1:1 pois um instante de tempo precede só outro instante de tempo.

Associação "formada por" entre INSTANTE DE TEMPO e DURAÇÃO	
Descrição:	Indica que uma determinada duração (distância absoluta) é formada por dois instantes de tempo específicos. A multiplicidade é de 1:2 pois a uma duração correspondem dois instantes de tempo.

Associação "formado por" entre INTERVALO DE TEMPO e INSTANTE DE TEMPO	
Descrição:	Indica que um intervalo de tempo é formado por dois instantes de tempo. A multiplicidade é de 1:2 pois a um intervalo de tempo correspondem dois instantes de tempo.

Associação "localizado em" entre INSTANTE DE TEMPO e LINHA DE TEMPO	
Descrição:	Especifica em que local da linha de tempo se encontra localizado um determinado instante de tempo. A multiplicidade é de 1:1 pois a um instante de tempo corresponde somente uma localização na linha de tempo.

Associação "formada por" entre LINHA DE TEMPO e INSTANTE DE TEMPO	
Descrição:	Uma linha de tempo é formado por uma sequência ordenada, contínua e infinita de instantes de tempo. A multiplicidade é de 1:N pois uma linha de tempo é formada por vários instantes de tempo.

Associação "relação com" entre INTERVALO DE TEMPO e INTERVALO DE TEMPO	
Descrição:	Indica uma relação entre dois intervalos de tempo que é definida pelos atributos de ligação: precede, sobrepostos, disjuntos e inclui. A multiplicidade é de 1:1 pois é uma associação entre dois intervalos de tempo.

Associação "tem valor" entre INTERVALO DE TEMPO e RELATIVO	
Descrição:	Indica qual o instante de tempo relativo em que se pode iniciar ou concluir um intervalo de tempo, sendo o tipo de acção definido pelos atributos de ligação da associação.

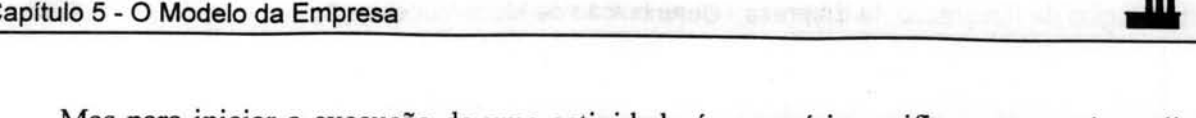
5.4.2 - Modelo Dinâmico

Para a construção do modelo dinâmico deve em primeiro lugar descrever-se quais os tipos de acções que podem ocorrer para as classes de objectos que têm um comportamento dinâmico, para se ter uma primeira ideia de como associar eventos e estados. Assim ir-se-á descrever o comportamento dinâmico do sistema em termos gerais.

O funcionamento da empresa é ditado pela prossecução de determinados propósitos, que na sua globalidade podem ser agrupados num único meta-propósito. A definição de uma estratégia pretende através do uso de planos conseguir atingir esse meta-propósito. À tarefa de elaborar uma estratégia chama-se planeamento estratégico. Antes de elaborar o planeamento estratégico devem avaliar-se as suposições críticas associadas ao plano e os factores de influência críticos associados aos agentes.

No fim da elaboração da estratégia tem-se que especificar quais os planos que estão associado ao meta-propósito. A actividade de planeamento tem a função de elaborar planos. Seguidamente têm que atribuir-se propósitos aos planos elaborados. Na definição dos propósitos devem ter-se em conta as imposições a que estes estão sujeitos. Deve ser feita uma análise das restrições existentes no que respeita aos recursos para verificar a executabilidade dos planos definidos.

Um plano especifica um conjunto de actividades e é executado por agentes. Ora estes só podem executar uma actividade se tiverem autoridade para tal. Deve ser realizada uma atribuição de autoridades para cada agente que vai executar um actividade. Os factores de risco associados a um agente em relação à conclusão de um propósito também devem ser verificados. Seguidamente devem-se atribuir a cada agente as actividades que estes podem executar.



Mas para iniciar a execução de uma actividade é necessário verificar se as pré-condições para a execução desta estão válidas e também a disponibilidade dos recursos que a actividade vai utilizar. Antes de se verificar a disponibilidade dos recursos deverá ter sido feita uma alocação prévia destes às actividades. Por fim se estas condições se verificarem poder-se-á executar a actividade e os respectivos processos, tarefas e operações que são suas partes constituintes.

Durante a execução da actividade, esta pode utilizar um recurso, pode consumi-lo ou então produzir outro recurso. A execução da actividade também produz efeitos consoante estes estão definidos para ocorrerem imediatamente depois esta ser iniciada ou imediatamente antes de terminar ou durante a sua execução.

Quando se dá a conclusão de uma actividade deve informar-se o agente responsável por essa actividade da sua conclusão. Quando todas as actividades de um plano que tenha sido atribuído a um agente tenham sido concluídas, este deve informar da conclusão do propósito.

Esta descrição do comportamento dinâmico resulta no modelo que é apresentado nas figuras 5.7, 5.8 e 5.9, sendo esta um detalhe de um estado na fig. 5.8.

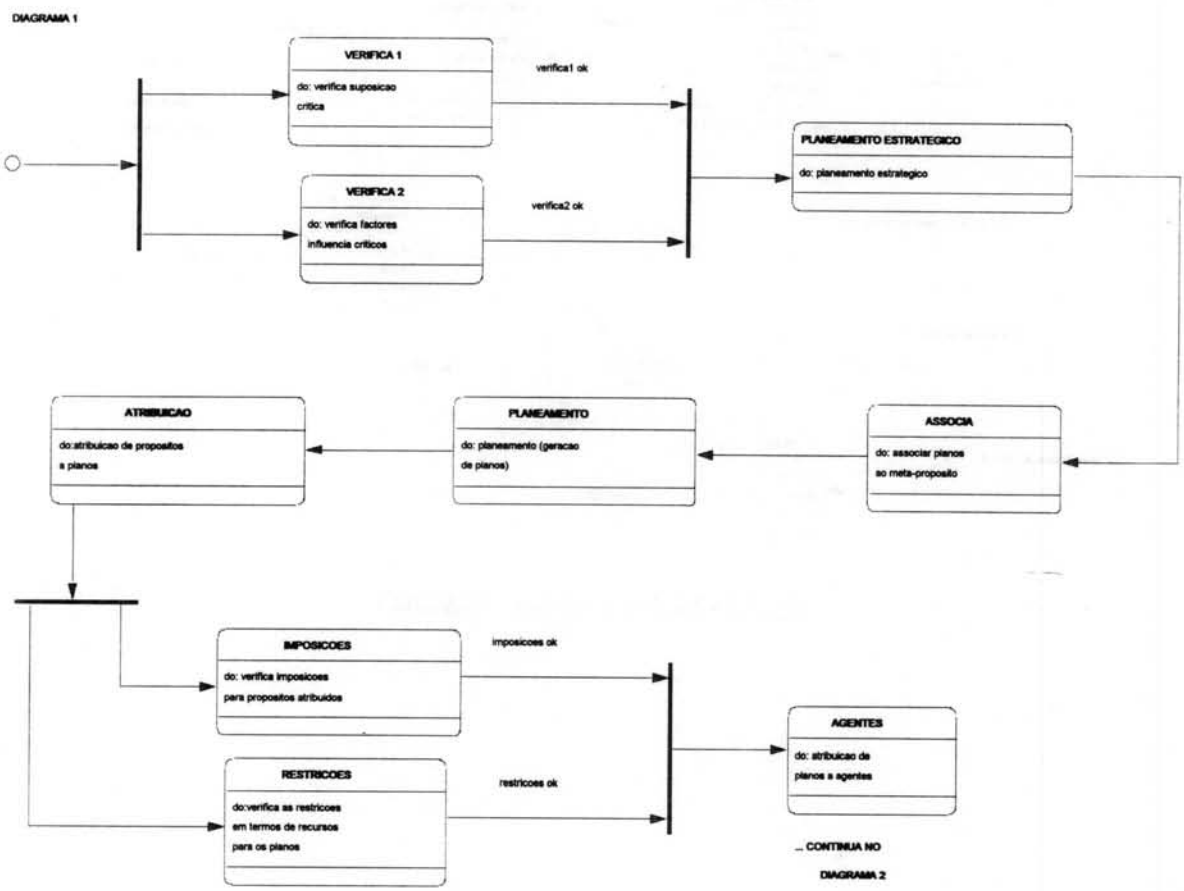


fig. 5.7 - Modelo dinâmico - diagrama 1

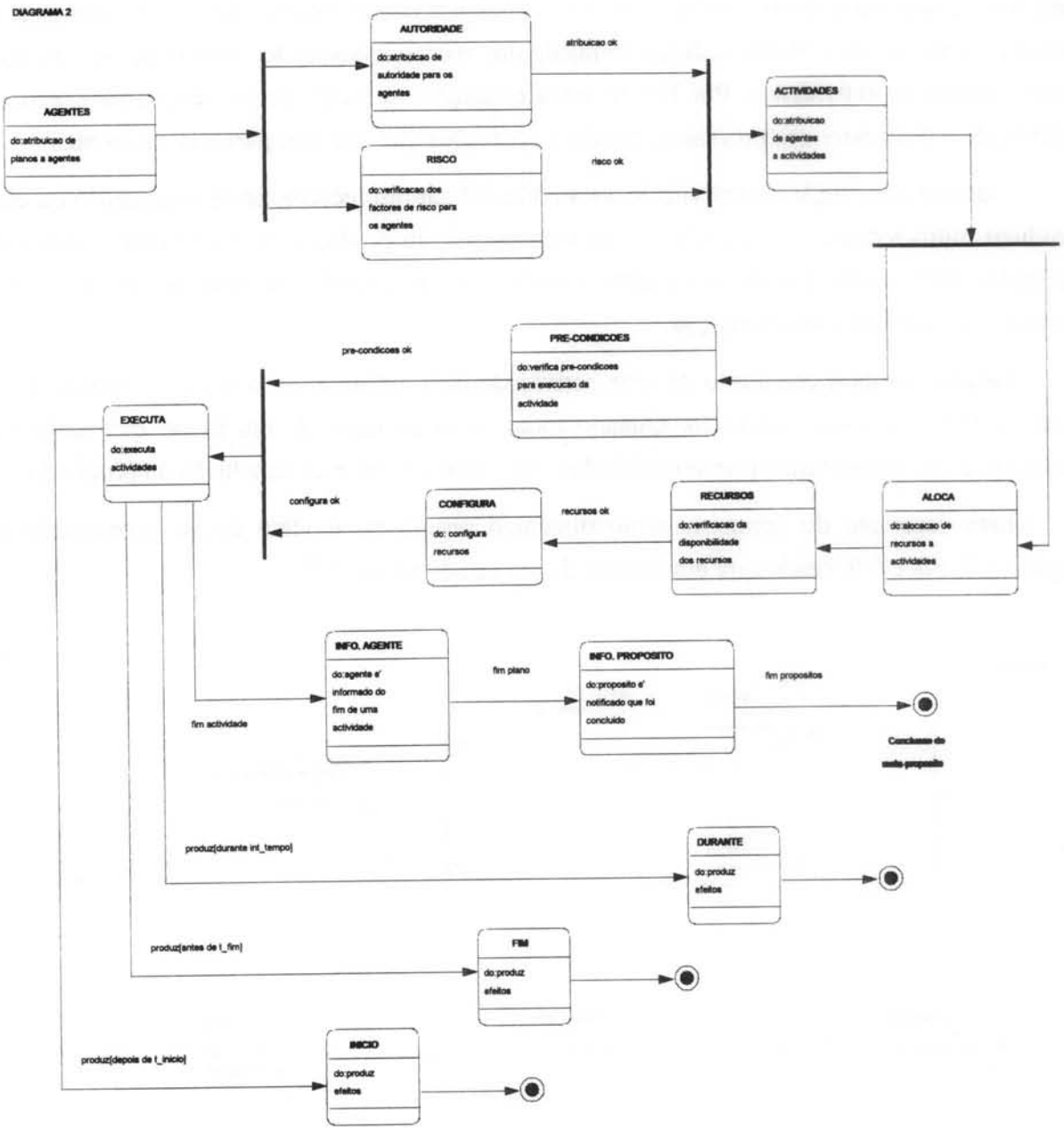


fig. 5.8 - Modelo dinâmico - diagrama 2

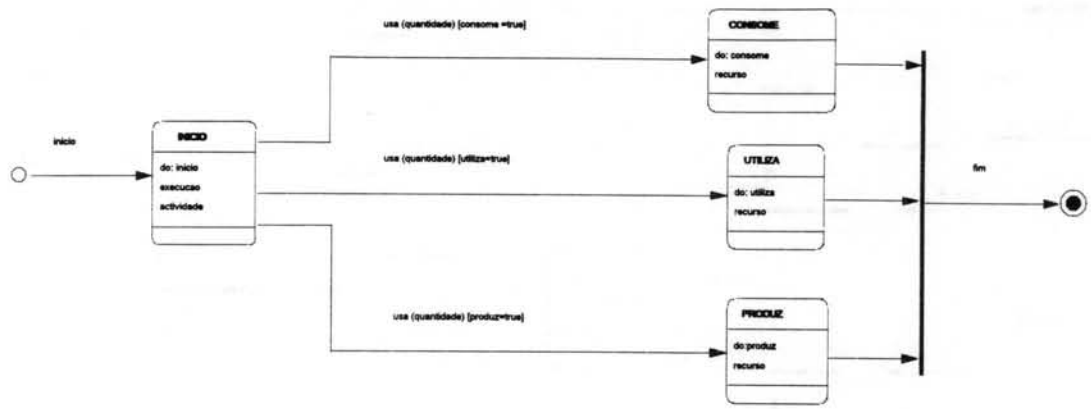


fig. 5.9 - Modelo dinâmico - pormenor do estado executa.

5.4.3 - Modelo Funcional

O modelo funcional constitui a última etapa da elaboração do modelo. A construção do modelo funcional passa pela identificação dos valores que dependem de outros valores e das funções que os relacionam. Os processos num fluxo de dados correspondem às actividades ou acções nos diagramas de estado no modelo dinâmico. Os fluxos num diagrama de fluxo de dados correspondem a objectos ou a valores de atributos num diagrama de objectos.

Com base nestas considerações iniciais é obtido o modelo funcional apresentado nas figuras 5.10, 5.11 e 5.12.

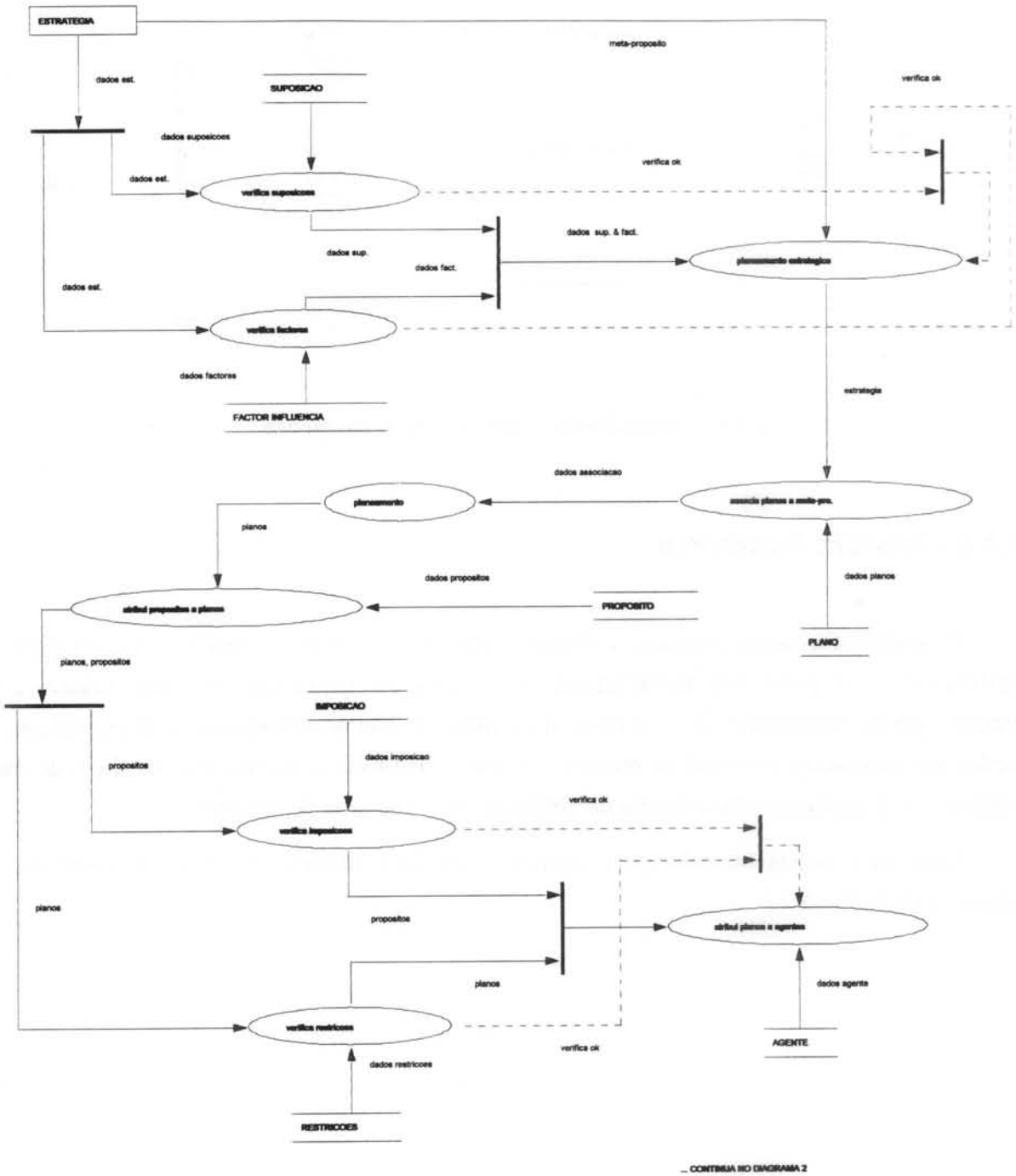


fig. 5.10 - Modelo funcional - diagrama 1

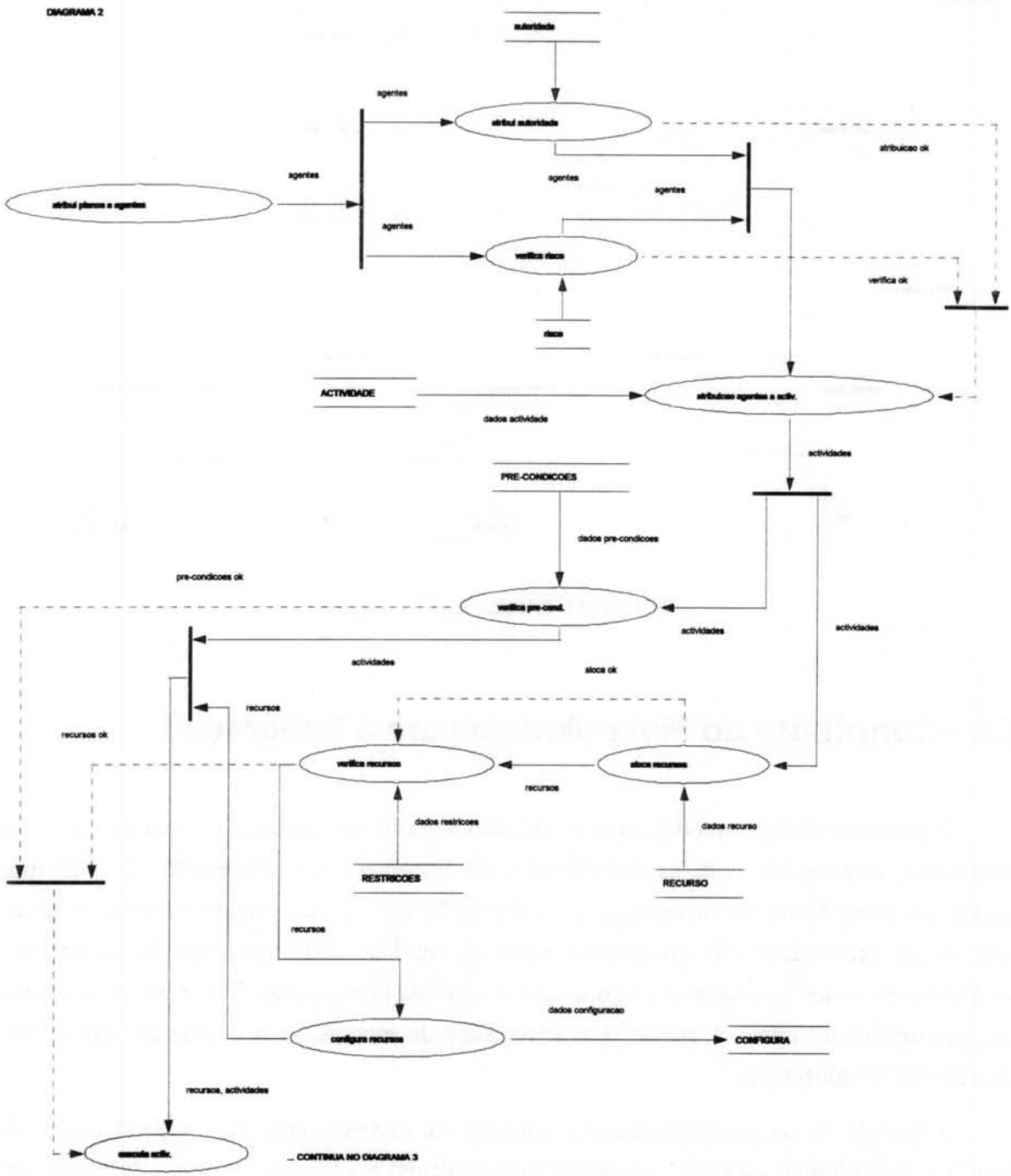


fig. 5.11 - Modelo funcional - diagrama 2

7

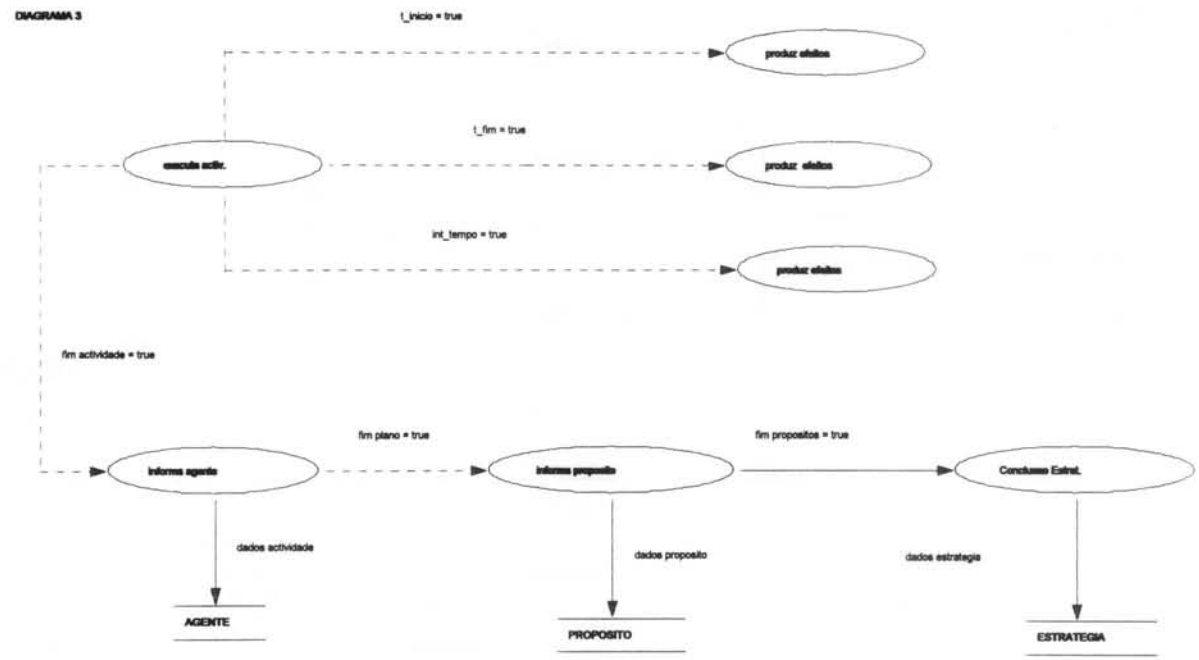


fig. 5.12 - Modelo funcional - diagrama 3

5.5 - Contributo do Meta-Modelo para a Integração

O conceito de meta-modelo que é definido a partir do conceito de modelo da empresa encontra-se relacionado com as necessidades de integração da informação. O meta-modelo requer um mecanismo de abstracção e modelização para a sua implementação, baseado no conceito de meta-dados que incorporam numa só entidade dados (informação da empresa) e conhecimento sobre estes (como a informação é utilizada na empresa). Este permite implementar um mecanismo de apoio à gestão das actividades da empresa e à conversão das diferentes concepções de informação.

O modelo da empresa apresentado constitui um meta-modelo, pois cada elemento deste, devido à metodologia utilizada (orientada para objectos) e segundo a própria definição de um objecto, incorpora numa mesma entidade dados e conhecimento sobre estes. Através do meta-modelo todos os conceitos e componentes da empresa e as suas ligações semânticas encontram-se definidas num meta-nível que vai funcionar como uma referência para todas as aplicações que poderão existir na empresa. Os modelos para cada área de actividade, ou domínio, podem ser assim definidos utilizando o meta-modelo, sendo os componentes do modelo instâncias das abstracções definidas no meta-modelo. O meta-modelo funciona assim como um mecanismo de modelização subjacente que realiza a ligação entre os diferentes modelos.

Para se garantir a consistência sintáctica e semântica da informação que é manipulada pelo meta-modelo é necessário que este tenha sido definido a partir de uma ontologia da empresa.

A necessidade da utilização da ontologia para o modelo tem a sua justificação na própria empresa pois esta é composta por várias áreas de actividades diferentes onde se utilizam diferentes conceitos e termos. Logo surge a necessidade do estabelecimento de uma linguagem comum, na sua sintaxe e semântica, para todas as áreas, de modo a se eliminarem ambiguidades nos termos e conceitos. A ontologia é o mecanismo indicado para satisfazer este requisito. Deste modo a construção do modelo deve ter por base uma ontologia da empresa, que, aliada à metodologia orientada para objectos, permite conceber um modelo da empresa com uma consistência elevada a nível sintáctico e semântico.

5.6 - Exemplo Prático

Um caso prático de aplicação é apresentado a seguir e pretende contribuir para a melhoria do desempenho de uma aplicação (software) de apoio à decisão no planeamento da produção, integrada no projecto ESPRIT 7096 - CCE-CNMA, que foi implementada na fábrica de transformadores industriais da EFACEC

Durante o desenvolvimento desta aplicação (no decorrer do projecto) foram utilizados apenas métodos correntes de programação estruturada como etapa prévia à organização em objectos. Assim, a aplicação e o próprio ambiente em que se encontra integrada (fábrica), podem vir a recolher benefícios da aplicação do meta-modelo que foi apresentado.

5.5.1 - Descrição do Problema

Vai-se proceder à descrição em traços gerais dos requisitos para a aplicação em causa, e das interacções com outras aplicações existentes na fábrica.

Assim o objectivo do desenvolvimento da aplicação (daqui em diante referida por "pdp") consistia em fornecer uma ferramenta de ajuda ao planeamento de alto-nível ou mestre da produção (*Master Production Planning* - MPP), das ordens de fabrico (OF's) a serem lançadas na fábrica.

As OF's são formadas a partir das encomendas dos clientes. Uma encomenda pode ser constituída por vários tipos de transformadores industriais (TI's) em quantidades diferentes. Da encomenda são originadas encomendas-posição que correspondem a um só tipo de TI. A partir

destas e dependendo do número de TI's da encomenda-posição são originadas uma ou mais OF's. Se o número de TI's for superior a 20, por exemplo 27, são originadas duas OF's, uma com 20 e outra com 7 TI's.

Cada OF tem associada uma data de entrega que corresponde à data de entrega da respectiva encomenda ou encomenda-posição, não podendo excede-la, salvo em certos casos muito particulares. Uma OF também contém informação sobre o tipo de TI a produzir, a quantidade a produzir, características de produção mais importantes para o TI e qual o cliente que a originou.

As OF's podem já estar lançadas na fábrica, ou podem estar planeadas ou não planeadas. Existe um tipo especial de OF's que são as OF para stock. Estas não formam parte de uma encomenda de um cliente mas são originadas pela necessidade de repor os stocks de TI, quando tal se julga necessário, por exemplo quando o nível do stock desce abaixo de um valor recomendado ou quando se prevê a ocorrência de uma encomenda a médio prazo de modo a antecipar a produção dos TI's. Existem assim dois factores que levam ao lançamento de uma OF para stock: os níveis recomendados e as previsões de encomendas.

A unidade básica de planeamento é a semana. O horizonte de planeamento é ditado assim em semanas. Concretamente, para se executar uma OF o tempo médio é de 7 semanas, a menos que seja dito o contrário em vista de condições excepcionais. O planeamento para a semana seguinte e posteriores, é realizado no fim da semana actual. Assim podem-se planear OF's para semanas posteriores de tal modo que é ainda possível realizar alterações sobre estas OF's já planeadas mas ainda não lançadas. Nas OF's que estão lançadas não é possível efectuar qualquer alteração.

Existem um conjunto de factores a ter em conta quando do planeamento das OF's (e que se relacionam com estas) que podem conduzir a um melhor desempenho do fabrico. Assim temos, por prioridade decrescente:

- Semelhanças de fabrico entre OF's;
- Cor atribuída aos TI's na OF;
- Prioridade associada a uma OF;
- Ter ou não em conta margens de segurança que são estabelecidas para uma dada OF aquando do planeamento em função dos atrasos existentes nas equipas da fábrica, jogando assim na antecipação da produção.

Outro factor importante a ter em conta é a carga existente na fábrica para que quando se realize o planeamento não se exceda a capacidade da fábrica.

O objectivo é assim escalonar as diferentes OF's a serem lançadas para a fabrica tendo em conta aquelas que já estão lançadas, a carga actual da fábrica, os factores acima referidos, a data de entrega e os atrasos existentes nas equipas.

5.5.2 - Construção do Modelo

Como se pretende somente demonstrar a utilização prática do conceito de meta-modelo, sendo a sua implementação um trabalho a desenvolver futuramente, só será apresentado o modelo de objectos, deixando os modelos dinâmico e funcional para uma análise mais cuidada num trabalho futuro.

São identificadas as seguintes classes cuja definição se encontra explícita na descrição do problema: ordem de fabrico (OF), encomenda, transformador, cliente, stocks, atrasos e planeamento.

O modelo é apresentado nas figura 5.13.

5.7 - Conclusão

Para a construção do modelo da empresa que servirá de base para o desenvolvimento de ferramentas que irão contribuir para a integração desta, é necessário que existam estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os elementos funcionais da empresa, ou seja, uma ontologia.

Assim é estabelecida uma ontologia para servir de base para a construção do modelo, fornecendo todos os conceitos, relações e termos necessários para a sua completa definição.

Para a construção da ontologia é realizada uma análise grosseira do domínio em que esta vai ser aplicada (a empresa), procurando identificar conceitos e relações básicas de uma forma informal. Seguidamente é feita um análise segundo as principais áreas de actividade da empresa, identificando-se da mesma forma os conceitos e relações.

O conceito de meta-ontologia é introduzido como requisito para a própria ontologia, pois é a partir da meta-ontologia que são definidos os termos da ontologia.

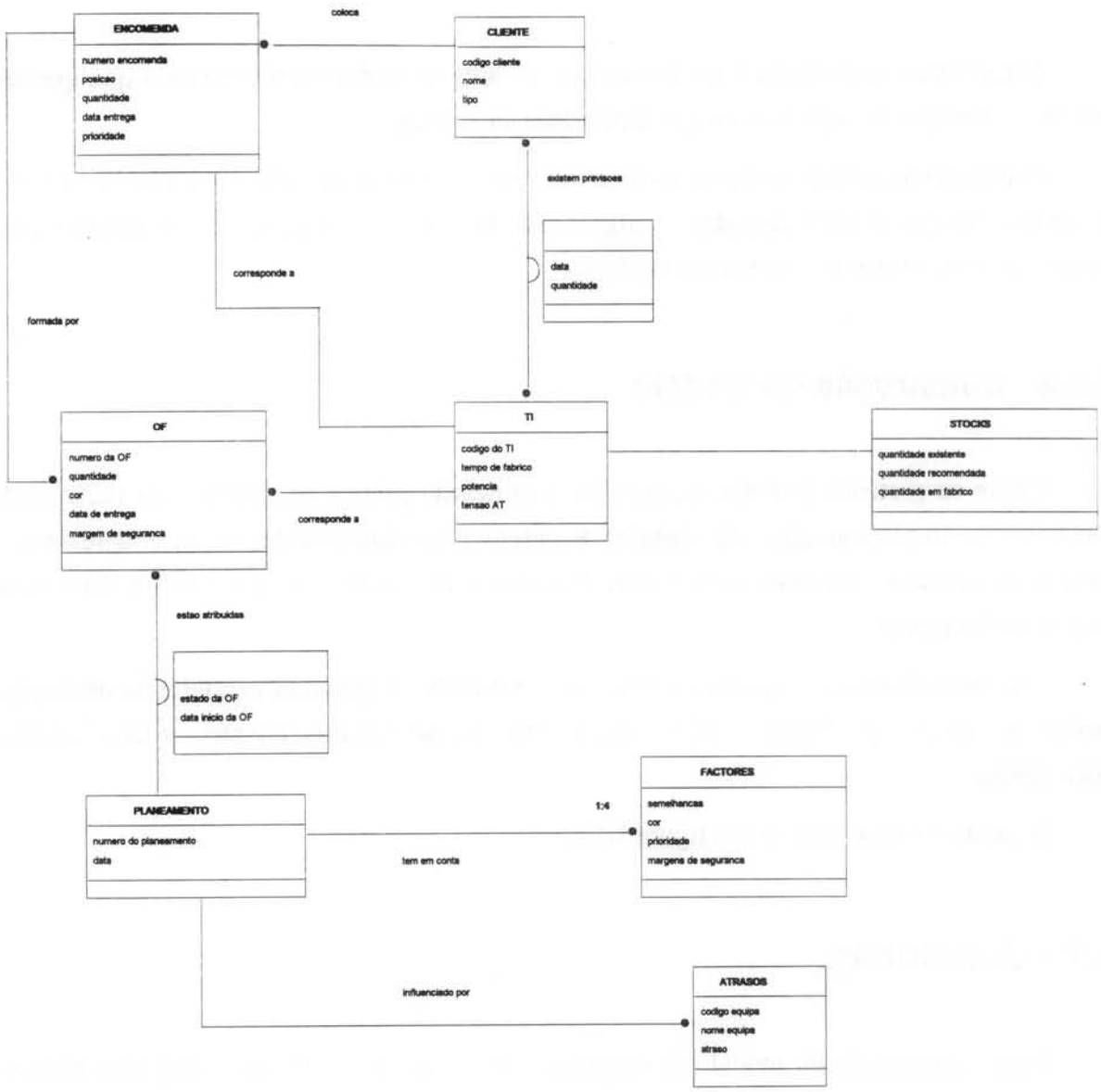


fig. 5.13 - Modelo de objectos do pdp

Por fim é realizada a fase final do processo de aquisição da ontologia, onde se atribuem termos aos conceitos e relações identificados anteriormente, apresentando-se definições para estes numa forma mais pormenorizada e concisa. Este processo é seguido para as respectivas áreas de actividade da empresa: actividades, plano, capacidade, recursos; organização; estratégia; aspectos temporais.

Tendo por base a ontologia e a meta-ontologia definidas anteriormente vai ser construído o modelo da empresa (modelo de objectos, modelo dinâmico e modelo funcional).

Capítulo 6

Conclusões e Perspectivas de Desenvolvimento

As tendências que se fizeram sentir no mercado ao longo das últimas décadas aliadas à crescente e constante evolução da tecnologia fizeram com que a produção das empresas fosse ditada por uma grande variedade de produtos, em lotes reduzidos, com tempo de vida curto, uma qualidade elevada e reduzido número de encomendas repetidas. Originou-se assim um mercado em constante e rápida mutação.

Em vista desta evolução e das condições sócio-económicas que actualmente se verificam tem vindo a aumentar a competitividade das empresas no mercado, o que tem um efeito derivativo na empresa, e em particular nos sistemas de fabrico, que para responderem de um modo eficaz a esta acção necessitam de efectuar uma reestruturação das suas actividades para não perderem a sua posição competitiva.

Esta reestruturação não pode ser realizada de um modo *ad-hoc*, antes pelo contrário deve ser planeada cuidadosamente, pois envolve investimentos elevados em face das alterações derivadas da sua implementação e deve ser controlada de modo a não provocar rupturas no processo produtivo da empresa. Assim, a alteração da própria estrutura da empresa e a introdução de novos elementos (equipamentos, aplicações) no processo, vem dificultar a reestruturação, pois é necessário que a própria organização se adapte, ela mesma, à evolução.

A maioria das empresas é caracterizada por um processamento das suas actividades de um modo distribuído, que se tem vindo a acentuar em face do processamento centralizado, tanto no que diz respeito às trocas de informação, como ao controlo e à própria estrutura. Existe também uma elevada heterogeneidade a nível dos equipamentos responsáveis pelas actividades. Isto vem dificultar o processo da reestruturação pois a complexidade do sistema vem aumentada, não só pela distribuição das actividades mas também pelo conjunto de diferentes equipamentos que

formam parte da empresa. Aumentam assim os requisitos a nível de controlo e de comunicação (transferências de informação).

A realização da reestruturação passa antes de tudo por se estabelecer uma base em que todas as actividades e elementos (e suas relações) que formam uma empresa possam comunicar entre si de um modo eficiente, i.e., que exista um nível de compreensão comum. Assim, deve ser evitada a mera aplicação dos computadores e tecnologias de automação a tarefas discretas. Estas necessitam de estarem integradas em ambientes distribuídos e heterogéneos que possam interagir entre si para suportar os requisitos que lhe são exigidos. Esta integração não deve acontecer somente no interior da empresa mas também entre diferentes empresas.

De modo a se maximizarem os benefícios que se podem obter através da integração devem ser seguidos um conjunto de princípios básicos. Assim, a transferência de informação entre diferentes processos e/ou actividades, equipamento, departamentos e entre empresas deve ser realizada dum modo transparente para as partes envolvidas. Torna-se assim necessário que cada elemento inserido no ambiente distribuído e heterogéneo de informação que é a empresa, tenha um mesmo universo de discurso que todos os outros. Surge assim a necessidade da adopção de uma linguagem comum para todos os elementos da empresa, i.e., uma norma de comunicação (*standard*), que permitirá um fluxo de informação consistente (sintaxe e semântica) entre os diferentes agentes envolvidos nas actividades da empresa.

Também se torna necessário o desenvolvimento de ferramentas (aplicações) que permitam efectuar a gestão das alterações duma forma dinâmica e incremental e que tenham uma visão global da empresa permitindo o controlo sobre todas os processos envolvidos no desempenho da sua actividade.

Este é um requisito apontando pelos fabricantes em face da maioria dos sistemas flexíveis de fabrico actuais que só apresentam um certo grau de flexibilidade para aquelas tarefas de fabrico que têm semelhanças nos seus requisitos operacionais. Se as tarefas são alteradas ligeiramente, este tipo de equipamentos não conseguem ter um desempenho eficiente em face de novas situações [Yan, 95]. Isto leva muitas vezes a um custo elevado, a um baixo nível de eficiência e a um elevado tempo de produção de cada vez que se introduzem produtos novos.

Esta inflexibilidade pode ser resolvida através de uma nova abordagem baseada em sistemas de fabrico modulares e reconfiguráveis através de ferramentas de software, permitindo a um sistema de fabrico ter uma flexibilidade em software e hardware através da reconfiguração.

Mas o desenvolvimento de ferramentas, a necessidade de flexibilidade, a existência de um universo de discurso comum para todas as aplicações, o controlo da introdução de novas tecnologias, a competitividade do mercado, o ambiente distribuído em termos de controlo e processamento da informação e a heterogeneidade dos equipamentos existentes na empresa,

formam no seu todo um conjunto de requisitos que têm um objectivo comum, a integração da empresa.

Neste contexto são abordados e analisados os principais conceitos que emergiram ao longo destes últimos anos, desempenhando um papel fundamental na realização da integração da empresa.

O primeiro destes conceitos, que se designa por integração da empresa (*Enterprise Integration* -EI), foca a sua análise na partilha consistente da informação e no escalonamento coerente das tarefas sobre o conjunto de todos os agentes distribuídos que desempenham tarefas num conjunto interelacionado de problemas no interior da empresa. O seu objectivo é optimizar o desempenho de todas as actividades da empresa através de uma gestão eficiente de todos os agentes envolvidos. Este conceito tem por base uma representação abstracta e estruturada dos objectos que constituem o sistema e das suas interacções, representação esta que se designa como modelo da empresa.

As dificuldades que se opõem à integração relacionam-se com a constante evolução da tecnologia e da incorporação destas alterações da tecnologia na empresa (de um modo controlado), de modo a esta permanecer competitiva e não se originarem rupturas no sistema.

O conceito de modelo da empresa, ou modelização de uma empresa (*Enterprise Modelling* - EM) encontra-se intimamente ligado ao conceito anterior. Pela sua definição o modelo da empresa é o meio mais eficiente para recolher duma forma concisa toda a informação acerca do funcionamento da empresa [Eirich, 92], logo sendo a EI baseada no modelo (representação abstracta da empresa), este conceito (EM) funciona como um *input* para o processo de integração, fornecendo para isso o modelo da empresa.

O modelo da empresa tem por objectivo descrever a sua estrutura, os objectivos e o conjunto de tarefas a desempenhar, obtendo um melhor desempenho no posicionamento e alinhamento das estratégias e na gestão da evolução e das alterações ao nível dos sistemas que a compõem.

É realizada uma caracterização completa deste conceito dada a sua relevância para o processo de integração. Assim são descritos os principais motivos para a sua utilização, as suas características, dificuldades de implementação e principais requisitos, não esquecendo de referir os critérios a seguir para a concepção do modelo e medidas para o melhorar, assim como as características a observar por ferramentas que possibilitem a sua utilização. É ainda definido o conceito de meta-modelo.

A construção do modelo da empresa é algo de muito importante para uma organização, mas que também encara sérios problemas no que respeita à sua utilização. Além de ter que

obedecer a vários requisitos e critérios na sua concepção de modo a ser eficiente, a sua implementação na empresa aparenta ser difícil, mas simultaneamente esta não o pode dispensar se quiser sobreviver e permanecer competitiva. O rápido crescimento e alteração da tecnologia tem uma acção derivativa na empresa que deve responder com uma acção integrativa através do modelo, sem o qual poderá incorrer em decisões ineficientes e com custos elevados.

O seguinte conceito relaciona-se com a integração da informação, pois esta, associada ao desenvolvimento verificado nas tecnologias da informação, tem vindo a assumir cada vez maior importância para a realização dos objectivos da empresa. É cada vez mais necessário manipular e controlar informação de uma forma eficiente pois a capacidade de resposta dos sistemas assim o exige.

A informação na empresa encontra-se organizada em bases de dados que conheceram uma evolução diferente dependendo da área da empresa em que eram aplicadas, tendo aderido a diferentes concepções, embora sendo baseadas na mesma tecnologia de informação.

Actualmente as BD's tradicionais já não conseguem dar resposta à constante evolução das tecnologias. Assim aparece o conceito de meta-dados, e baseadas neste as MBD's que incluem informação sobre os dados e também conhecimento sobre os mesmos, tornando-se num conceito muito poderoso para se obter a integração da informação.

Neste contexto são referidos as principais dificuldades que levaram ao aparecimento e desenvolvimento das MBD's. É apresentada uma arquitectura concorrente que inclui um sistema de informação baseado numa meta-base de dados, que permite efectuar trocas de informação sobre meta-dados e ainda assegurar a actualização destes num sistema distribuído sem a necessidade da existência de um gestor central, fornecendo uma arquitectura de sistemas abertos.

A implementação de uma MBD constitui assim um ponto fundamental para se conseguir realizar a integração da informação numa empresa.

O conceito de meta-modelo que é definido a partir do conceito de modelo da empresa encontra-se relacionado com as necessidades de integração da informação. O meta-modelo consiste num mecanismo de abstracção e modelização que assenta no conceito de meta-dados que incorporam numa só entidade dados (informação da empresa) e conhecimento sobre estes (como a informação é utilizada na empresa). Este permite implementar um mecanismo de apoio à gestão das actividades da empresa e à conversão das diferentes concepções de informação. Como a informação se encontra organizada segundo meta-dados, o meta-modelo facilita a gestão distribuída dos sistemas de informação (organizados segundo meta-bases de dados).

Um dos requisitos para a construção do modelo da empresa é existência de estruturas sintácticas e semânticas comuns a todas os elementos da empresa, i.e., uma ontologia da empresa.

Uma ontologia da empresa representa uma descrição formal das entidades que a formam e das suas: propriedades, relações, restrições e do seu comportamento, constituindo uma terminologia partilhada para os elementos de interesse na empresa (domínio de aplicação), em conjunto com definições precisas acerca dos significados de cada um dos termos.

O principal objectivo da ontologia é permitir a união das funções da empresa, quer a nível de pessoas quer a nível de sistemas computacionais, do seu conhecimento e das ferramentas. Uma das suas principais vantagens é a possibilidade de se recorrer ao seu uso para a construção de modelos da empresa reutilizáveis.

São descritas quais as principais vantagens decorrentes da sua utilização na empresa e definidas as etapas a seguir para a sua construção. É ainda abordada a sua aplicação na empresa em conjunção com o modelo desta.

Pode-se assim visualizar o modelo da empresa como o ponto central de todo o processo de integração. O conceito de integração da empresa tem por base uma representação abstracta dos elementos que formam a empresa e das suas interacções, i.e., um modelo. O conceito de modelização da empresa é a própria base do modelo, ou seja onde este se origina e é derivado. A integração da informação passa pela organização desta em meta-dados (armazenados em MBD's) que por sua vez são manipulados através de um meta-modelo que tem por base a mesma organização da informação. A ontologia fornece uma estrutura sintáctica e semântica comum a partir da qual é derivado o modelo.

Todos os passos a seguir no sentido da integração da empresa passam pela construção do modelo. Mas para a sua construção deve ser seguida uma metodologia que tenha em conta todos os requisitos e critérios que estão associados ao modelo, para além do ambiente em que este vai estar inserido, a empresa.

As Metodologias Orientadas para Objectos (MOO) constituem a abordagem apropriada para a concepção do modelo de uma empresa. Para além das vantagens sobre as metodologias tradicionais orientadas às funções ou aos dados, conseguem satisfazer a maior parte dos requisitos que foram estabelecidos para o modelo da empresa. Por outro lado, as MOO revelam ser adequadas para um sistema de computação distribuída como o é inerentemente uma empresa, contribuindo de uma forma clara para implementar um Ambiente de Computação Distribuída Orientado para Objectos (ACDOO). As MOO implementam o conceito de distribuição de um modo transparente quando aplicadas a uma empresa. Isto reforça a ideia da adequação das MOO para a elaboração do modelo da empresa.

No entanto, deve analisar-se qual das MOO's existentes é a mais adequada no contexto da integração da empresa para a concepção do modelo. A sua determinação não se revela um processo fácil devido à não existência de um standard que defina uma MOO "ideal". O processo passa pela consideração de várias perspectivas como a complexidade e dimensão da aplicação e a satisfação dos seus principais requisitos. A análise é o factor fundamental no processo de desenvolvimento de uma aplicação e a sua incorrecta realização pode levar a deficiências no produto final.

Tendo em conta estes factores, foi entendido utilizar a metodologia definida por Rumbaugh baseada na técnica de modelização por objectos (*Object Modelling Technique* - OMT), para a concepção do modelo da empresa.

Para a construção do modelo da empresa que servirá de base para o desenvolvimento de ferramentas que irão contribuir para a integração desta, é necessário que existam estruturas sintácticas e semânticas comuns a todos os elementos funcionais da empresa, ou seja, uma ontologia, como já se teve oportunidade de referir.

Assim é estabelecida uma ontologia para servir de base para a construção do modelo, fornecendo todos os conceitos, relações e termos necessários para a sua completa definição.

A necessidade da utilização da ontologia para o modelo tem a sua justificação na própria empresa. Esta é composta por várias áreas de actividades diferentes onde se utilizam diferentes "engenharias", existindo igualmente elevadas trocas de informação e de conhecimento entre áreas. Existe deste modo uma autêntica "torre de Babel" no que respeita à semântica das aplicações existentes. Logo surge a necessidade do estabelecimento de uma linguagem comum (em sintaxe e semântica) para todas as áreas com as vantagens daí decorrentes. Assim, não existirão ambiguidades quando se faz referência a um determinado termo, pois o seu significado encontra-se perfeitamente definido através da ontologia. Deste modo a construção do modelo deve ter por base uma ontologia da empresa, que, aliada à metodologia orientada para objectos, permite conceber um modelo da empresa com uma consistência elevada a nível sintáctico e semântico.

Para a construção da ontologia é realizada uma análise grosseira do domínio em que esta vai ser aplicada (a empresa), procurando identificar conceitos e relações básicas de uma forma informal. Seguidamente é feita um análise segundo as principais áreas de actividade da empresa, identificando-se da mesma forma os conceitos e relações.

O conceito de meta-ontologia é introduzido como requisito para a própria ontologia, pois é a partir da meta-ontologia que são definidos os termos da ontologia.

Por fim é realizada a fase final do processo de aquisição da ontologia, onde se atribuem termos aos conceitos e relações identificados anteriormente, apresentando-se definições para estes numa forma mais pormenorizada e concisa. Este processo é seguido para as respectivas áreas de actividade da empresa: actividades, plano, capacidade, recursos; organização; estratégia e aspectos temporais.

Tendo por base a ontologia e a meta-ontologia definidas anteriormente é construído o modelo da empresa utilizando a metodologia OMT, sendo apresentados os modelos correspondentes a esta metodologia: o modelo de objectos, o modelo dinâmico e o modelo funcional.

É apresentado um caso prático de aplicação mostrando a necessidade de melhoria no desempenho de uma aplicação já existente e a integração de conceitos a nível das divisões de fabrico e do planeamento. Este tem por base uma aplicação (software) de apoio à decisão no planeamento da produção, integrada no projecto ESPRIT 7096 - CCE-CNMA, que foi implementada na fábrica de transformadores industriais da EFACEC. No desenvolvimento desta aplicação foram utilizados apenas métodos correntes de programação estruturada como etapa prévia à organização em objectos. Assim, a aplicação e o próprio ambiente em que se encontra integrada (fábrica), podem vir a recolher benefícios da aplicação do meta-modelo que foi apresentado.

O modelo da empresa apresentado constitui um meta-modelo, pois cada elemento deste, devido à metodologia utilizada (orientada para objectos) e segundo a própria definição de um objecto, incorpora numa mesma entidade dados e conhecimento sobre estes. Através do meta-modelo todos os conceitos e componentes da empresa e as suas ligações semânticas encontram-se definidas num meta-nível que vai funcionar como uma referência para todas as aplicações que poderão existir na empresa. Os modelos para cada área de actividade, ou domínio, podem ser assim definidos utilizando o meta-modelo, sendo os componentes do modelo instâncias das abstracções definidas no meta-modelo. O meta-modelo funciona assim como um mecanismo de modelização subjacente que realiza a ligação entre os diferentes modelos.

A partir deste podem então ser implementadas as ferramentas que contribuirão para o processo de integração da empresa.

Por fim, importa tecer algumas considerações acerca de possibilidades de implementação e de perspectivas de desenvolvimentos futuros ou trabalhos a desenvolver nesse sentido.

Quanto ao primeiro, a implementação prática (desenvolvimento de uma determinada aplicação) do meta-modelo apresentado requer sua aplicação a um caso real, que permitirá estabelecer, a partir do meta-modelo, o modelo específico para esse caso. Seguindo a metodologia OMT devem cumprir-se as etapas de desenvolvimento da aplicação: a análise, a

concepção do sistema, a concepção de objectos e finalmente a implementação. A primeira e a segunda etapas existem já a nível da implementação na aplicação da EFACEC. A linguagem de programação (C *standard*) é que não é do tipo orientado para objectos. O exemplo apresentado no capítulo 5 constitui a base para o desenvolvimento de um trabalho futuro de implementação.

Quanto a desenvolvimento futuros na área da integração da empresa ainda existe um longo caminho a percorrer apesar da constante evolução da tecnologia e dos trabalhos que actualmente decorrem nesse sentido.

Assim é necessário o desenvolvimento de métodos que permitam integrar modelos de informação (esquemas de bases de dados, estruturas de bases de conhecimentos, modelos das actividades da empresa) desenvolvidos separadamente. Uma primeira abordagem a este problema pode ser encontrada em [Huhns, 93].

Em [Fraser, 95] é apresentada uma arquitectura de integração dos sistemas de uma empresa que serve de base para a definição de um conjunto de ferramentas com o objectivo de contribuírem para a integração. Esta arquitectura fornece uma estrutura modular dentro da qual os vários componentes da empresa podem funcionar como suporte para os utilizadores no desempenho das suas tarefas.

O meta-modelo deve ser revisto, nomeadamente a ontologia que lhe serve de base, de modo a garantir uma melhor adequação ao contexto da empresa, pois existem sempre alguns aspectos que não são detectados numa análise inicial. Um trabalho a desenvolver futuramente seria o de aplicar o meta-modelo a um caso real, e implementar uma aplicação (ferramenta) que serviria como complemento à sua validação.

Em termos de metodologias orientadas a objectos, deve existir um maior desenvolvimento neste campo no que respeita a definição de uma metodologia normalizada e completa (ver [Berard, 93c]) que possa servir de base para a maioria das aplicações e que incorpore todo o ciclo de desenvolvimento de uma aplicação. Estão a ser dados passos nesse sentido, nomeadamente por parte de duas metodologias muito populares, Booch e Rumbaugh, que vão ser unificadas. Em [Embley, 95] é descrita uma metodologia (OOSA - *Object Oriented Systems Analysis*) que é dedicada exclusivamente aos aspectos da análise. A aplicabilidade desta metodologia na concepção do modelo seria de considerar num próximo trabalho. Devido ao seu recente desenvolvimento (Julho de 1995) não foi possível considerá-la.

Da área da Inteligência Artificial também existem vários contributos para a integração. O conceito de agente inteligente consiste num processo (*software*) autónomo e que toma decisões baseadas em conhecimento local e que pode comunicar com outros agentes através de mensagens, colaborando no desempenho de uma determinada tarefa comum.

Este conceito tem vindo a conhecer uma identificação com o conceito de objecto definido pelas MOO's. Um objecto possui um estado, um comportamento e uma identidade própria. Através da implementação de operações sobre os objectos é definido o seu comportamento, o que especifica o conjunto de acções e decisões que este pode tomar no ambiente em que se encontra inserido. Os objectos comunicam com outros objectos por intermédio de mensagens, que contêm as operações que estes vão executar. Existe assim uma analogia entre os dois conceitos, de tal modo que um agente inteligente pode ser implementado recorrendo ao conceito de objecto. O conceito de agente que contribui deste modo para a integração da empresa no que respeita ao processamento da informação e tomada de decisões.

Ainda desta área esperam-se desenvolvimentos nos sistemas e bases de dados de conhecimento de forma a contribuírem para a integração do conhecimento com a restante informação presente na empresa.

De referir como exemplo uma ferramenta desenvolvida pela AT&T, designada por METIS e que é segundo [AT&T, 95]: "o sistema de modelização da empresa mais compreensivo disponível actualmente". Neste momento existem um conjunto de ferramentas em andares intermédios e a serem desenvolvidas que permitem basear a integração da empresa na metodologia apresentada. Esta ferramenta fornece um sistema gráfico de modelização orientada a objectos que permite descrever todas as estruturas, processos, componentes da empresa e as relações entre estes, permitindo ainda utilizar simulação para visualizar o comportamento dinâmico desta. A visualização da empresa é realizada em vários níveis de detalhe, conforme a s necessidades do utilizador.

O modelo estabelecido tem uma grande flexibilidade pois:

- Pode ser construído sob qualquer nível da estrutura da empresa: estratégico, táctico ou operacional;
- Qualquer aspecto da empresa pode ser modelizado: organização, processos, produto, objectivos, etc.;
- Podem-se ter várias perspectivas ("vistas") de qualquer aspecto da empresa;
- Permite efectuar simulações sobre o comportamento dinâmico da empresa.

As suas áreas de aplicação podem ser resumidas nas seguintes: operações de planeamento estratégico e comercial, reengenharia dos processos da empresa, simplificação das tarefas,

engenharia concorrente, modelização de processos, produto e da organização, modelização dos sistemas de informação e modelização do conhecimento.

Para concluir, é de referir que este trabalho contribui para o aprofundamento de conhecimentos nas áreas da integração de sistemas de fabrico, metodologias orientadas para objectos, meta-modelização e ontologias.

Referências

[Agbayani, 92] Agbayani, N., Sriram, D., Jayachandran, P.,
"An Object Oriented Framework for Steel Frame Design: Implementation Issues",
Computing Systems in Engineering,
Vol. 3, No. 5, pp. 571-587, 1992.

[AT & T, 95] AT & T,
"AT & T Enterprise Modelling",
AT & T, Versao 1,
Mai. 1995.

[Asai, 94] Asai, K., Takashima, S.,
Manufacturing Automation Systems and CIM Factories,
Chapman & Hall, 1994.

[Bauer et all, 91] Bauer, A., Bowden, R., Browne, J., Duggan, J. and Lyons, G.,
Shop Floor Control Systems - From design to implementation,
Chapman & Hall, 1991.

[Berard, 93a] Berard, E. V.,
"Basic Object-Oriented Concepts",
The Object Agency, Inc, 1993.

[Berard, 93b] Berard, E. V.,
"Object-Oriented Methodologies",
The Object Agency, Inc, 1993.

[Berard, 93c] Berard, E. V.,
"A Comparison of Object-Oriented Development Methodologies",
The Object Agency, Inc, 1993.

[Berard, 92a] Berard, E. V.,
"Abstraction, Encapsulation, and Information Hiding",
Berard Software Engineering, Inc, 1992.

[Berard, 92b] Berard, E. V.,
"Motivation for an Object-Oriented Approach to Software Engineering",
Berard Software Engineering, Inc, 1992.

[Bernus, 93] Bernus, P., Nemes, L., Morris, R.,
"Possibilities and Limitations of Reusing Enterprise Models (New Requirements for Enterprise Engineering Tools)",
1993.

[Birrel e Ould, 85] Birrel, N., D., Ould, M., A.,
A Practical Handbook for Software Development,
Cambridge University Press, New York, 1985

[Blank et all, 83] Blank, J., Drummen, M., M., H., Gersteling, H., Janssen, T., G., M., Krijger, M., J., Pelger, W., D.,
Software Engineering: Methods and Techniques,
John Wiley & Sons, New York, 1983

[Böszörményi, 95] Böszörményi, L., Stopper, A.,
"A Distributed, Object-Oriented Simulation System based on Hints",
in Breitenecker, F., Husinsky, I., editors, Proceedings of the 1995 Eurosim Conference, EUROSIM'95, Vienna, Austria,
Elsevier Science Publishers, pág. 297-302, 1995

[CCE-CNMA, 94a] CCE-CNMA Consortium,
"Introduction to the CIME Computing Environment - A Platform for the Creation and Execution of Industrial Applications",
ESPRIT Project CCE-CNMA 7096,
1994.

[Coad e Yourdon, 91] Coad. P., Yourdon, E.,
Object-Oriented Analysis,
Prentice Hall, 1991, 2nd edition.

[DEC, 92] DEC
"PDES/STEP - The Critical Manufacturing Industry Standard of the Nineties",
White Paper, Digital Equipment Corporation - DEC, Electronics/Aerospace IBU,
Abr. 1992

[De Marco, 78] De Marco, T.,
Structured Analysis and System Specification,
Yourdon Press, New York, 1978

[Dic. 1] Free On-Line Dictionary of Computing
URL: http://wombat.doc.ic.ac.uk/

[Dic. 2] Hypertext Webster Interface
URL: http://c.gp.cs.cmu-edu:5103/prog/webster?

[Dilworth, 92] Dilworth, J. B.,
McGraw-Hill International Editions - Management Series:
Operations Management - Design, Planning, and Control for Manufacturing and Services,
McGraw-Hill, 1992.

[DoI, 81] Report on the Study of an Ada-based System Development Methodology, Volume I,
Department of Industry, London, England, 1981.

[Eirich, 92] Eirich, P.,
"Enterprise Modelling: Issues, Problems and Approaches",
Reports of the International Conference on Entrepise Integration Technology (ICEIMT) Special Interest Groups,
Jun. 1992.

[Embley et all, 95] Embley, D. W., Jackson, R., B., Woodfield, S., N.,
"OO Systems Analysis: Is It or Isn't It?",
IEEE Software,
Jul. 1995, pag. 19 - 33.

[Fadel, 94] Fadel, F., G., Fox, M., S., Grüninger, M.,
"A Generic enterprise Resource Ontology",
Proceedings of the Third IEEE Worshop on Enabling Technologies: Infrastructure for Collaborative Enterprises, Morgantown, West Virginia (WET ICE'94),
IEEE Computer Science Press, Abr. 1994.

[Fox, 92a] Fox, M. S., Grüninger, M., Zhan, Y.,
"Enterprise Engineering: an Information Systems Perspective",
1992.

[Fox, 92b] Fox, M. S.,
"The TOVE Project - Towards a Common-Sense Model of the Enterprise",
Department of Industrial Engineering, University of Toronto, 1992.

[Fox, 94] Fox, M. S., and Grüninger, M.,
"Ontologies for Enterprise Integration",
Proceedings of the Second International Conference on Cooperative Information Systems, CoopIS-94 Area: Research,
1994.

[Fox, 95] Fox, M. S., Barbuceanu, M., Grüninger, M.,
"An Organisation Ontology for Enterprise Modelling - Preliminary Concepts for Linking Structure and Behaviour",
Fourth Workshop on Enabling Technologies-Infrastructures for Collaborative Enterprises, West Virginia University,
1995.

[Fox et all, 93] Fox, M. S., Chionglo, J. F., Fadel, F. G.,
"A Common-Sense Model of the Enterprise",
Proceedings of the Industrial Engineering Research Conference,
1993.

[Fraser, 94] Fraser, J.,
"Managing Change through Entreprise Models",
Presented at: Expert Systems 94, the Fourteenth Annual Technical Conference of the British Computer Society Specialist Group on Expert Systems, Cambridge, UK,
Dec. 1994,
and also at: Applications and Innovations in Expert Systems II, SGES Publications, 1994.

[Fraser, 95] Fraser, J., and Tate, A.,
"The Enterprise Tool Set - An Open Enterprise Architecture",
Artificial Intellingence Applications Institute, University of Edingburgh,
1995.

[Freeman e Wasserman, 82] Freeman, P., Wasserman, A., I.,
Software Development Methodologies and Ada (Methodman),
Department od Defense Ada Joint Program Office, Arlington, Virginia,1982.

[Groover, 87] Groover, M. P.,
Automation, Production Systems, and Computer Integrated Manufacturing
Prentice-Hall International, Inc., 1987.

[Gruber, 93a] Gruber, T., R.,
"A Translation Approach to Portable Ontology Specificatons",
Knowledge Acquisition, 2:199-220, 1993

[Gruber, 93b] Gruber, T., R.,
"Towards Principles for the Design of Ontologies used for Knowledge Sharing",
Technical Report KSL-93-04, Knowledge Systems Laboratory,
Stanford University, 1993.

[Grüninger, 94a] Grüniger, M., and Fox, M. S.,
"The Design and Evaluation of Ontologies for Enterprise Engineering",
Workshop on Implemented Ontologies, European Workshop on Artificial Inteligence 1994, Amsterdam, NL,
Mai. 1994.

[Grüninger, 94b] Grüniger, M., and Fox, M. S.,
"The Role of Compentency Questions in Enterprise Engineering",
Proceedings of the IFIP WG5.7 Workshop on Benchmarking - Theory and Practice, Trondheim, Norway,
Ago. 1994.

[Grüninger, 95a] Grüninger, M., Pinto, J. A.,
"A Theory of Complex Actions for Enterpise Modelling",
Working Notes AIII Spring Symposium Series 1995: Extending Theories of Action: Formal Theory and Pratical Applications, Stanford,
Mar. 1995.

[Grüninger, 95b] Grüniger, M., and Fox, M. S.,
"Methodology for the Design and Evaluation of Ontologies",
Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing, ISCAI-95, Montreal,
Abr. 1995.

[Hodgson, 93] Hodgson, B.,
"Object Oriented Systems Development",
Department of Information Systems, Monash University, Australia,
Set. 1993

[Hong, 93] Hong, S., Goor, G. van den, Brinkkemper,
"A Formal Approach to the Comparison of Object-Oriented Analysis and Design Methodologies",
Proceedings of the 26th Hawai International Conference on System Sciences,
Jan. 1993, Vol. IV, pp. 689-698.

[Hsu, 91] Hsu, C., Bouziane, M., Rattner, L., and Yee, L.,
"Information Resource Management in Heterogeneous, Distributed Environments: A Metadatabase Approach",
DSES Technical Report, Rensselaer Polytechnic Institute, IEEE Transactions on Software Engineering,
Feb. 1991.

[Hsu, 92] Hsu, C., Bouziane, M., Babin, G., Cheung, W., Rattner, L., Rubenstein, A., and Yee, L.,
"The Metadatabase Approach to Integrating and Managing Manufacturing Information Systems",
Third International Conference on CIM,
Mai. 1992.

[Hsu, 94] Hsu, C., Tao, Y-C., Bouziane, M., Babin, G.,
"Paradigm Translations in Integrating Manufacturing Information Using a Metamodel : The TSER Approach",
1994.

[Huhns, 93] Huhns, M. N., Jacobs, N., Ksiezyk, T., Shen, W-M., Singh, M. P., and Cannata, P. E.,
"Enterprise Information Modeling and Model Integration in Carnot",
Microelectronics and Computer Technology Corporation - Information Systems Division,
1993.

[Hutt, 94] Hutt, A. T. F.,
Object Management Group - OMG:
Object Analysis and Design - Description of Methods,
John Wiley & Sons, Inc, 1994.

[ICEIMT, 92] Working Group 2,
"Characterizing the Need for EI",US/EC ICEIMT Workshop III, Nov.1992.

[Loucopoulos, 91] Loucopoulos, P., Theodoulidis, B., Pantazis, D.,
"Business Rules Modelling: Conceptual Modelling and Object -Oriented Specifications",
Information Systems Group - Department of Computation, UMIST,1991.

[Loucopoulos, 94] Loucopoulos, P., and Kavakli, E.,
"Enterprise Modelling and the Teleological Approach to Requirements Engineering",
Department of Computation, UMIST,
1994.

[Jackson, 75] Jackson, M., A.,
Principles of Program Design,
Academic Press, New York. 1975

[Jo et all, 93] Jo, H., H., Parsaei, H., R., Sullivan, W.,G.,
"Principles of Concurrent Engineering",
in Parsaei, H. R., Sullivan, W. G., editors,
Concurrent Engineering - Contemporary issues and modern design tools,
Chapman & Hall, 1993.

[Jones, 80] Jones, C., B.,
Software Development - A Rigorous Approach,
Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey,
1980.

[Mark, 94] Mark, W.,
"Ontology as Knowledge Base Architecture",
Locheed Artificial Intelligence Center,
1994.

[McGuire, 93] McGuire, J., G., Kuokka, D., R., Weber, J., C., Tenenbaum, J., M., Gruber, T., R., Olsen, G., R.,
Annual Report of SHADE: Knowledge-Based Technology for the Re-Engineering Problem, Journal of Concurrent Engineering: Applications and Research (CERA), 1(2),
Set. 1993.

[Özsu, 91] Özsu, M. T., Valduriez, P.,
Principles of Distributed Database Systems,
Prentice-Hall International Editions, 1991.

[Petrie, 92] Petrie, C.,
"International Conference on Entrepise Integration Technology (ICEIMT)",
Jun. 1992.

[Petrie, 93] Petrie, C.,
"The Redux Server",
Proceedings 1st Internetional Conference on Intelligent and Cooperative Information Systems (ICICIS),
1993.

[Rembold, 93] Rembold, U., Nnaji, B. O., Storr, A.,
Computer Integrated Manufacturing and Engineering,
Addison-Wesley Publishing Company, 1993.

BIBLIOTECA F.E. PORTO

[Rumbaugh, 91] Rumbaugh, J., Blaha, M., Premerlani, W., Eddy, F., Lorensen, W., Object-Oriented Modelling and Design, Prentice-Hall International, Inc, 1991.

[Scheer, 91] Scheer, A-W., CIM - Towards the Factory of the Future , 2nd Edition Springer-Verlag, 1991.

[Schmid et all, 94] Schmid, F., Creux, S., Martin, A., *"Human-Centred Computer Integration in Manufacturing"*, Schmid, F., Evans, S., Ainger, A. W. S., Grieve, R. J., editors, Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on People and Computers - Applying an Anthropocentric Approach to Integrated Production Systems and Organisations: Computer Integrated Production Systems and Organizations - The Human-Centred Approach, Springer-Verlag, pág. 71-88, 1994.

[Schmidt, 95a] Schmidt, D. C., Vinoski, S., *"Object Interconnections - Introduction to Distributed Object Computing (Column 1)"*, C++ Report Magazine, Jan. 1995.

[Schmidt, 95b] Schmidt, D. C., Vinoski, S., *"Object Interconnections - Modelling Distributed Object Applications (Column 2)"*, C++ Report Magazine, Feb. 1995

[Senehi, 91] Senehi, M. K., Barkmeyer, E., Luce, M., Ray, S., Wallace, E. K., and Wallace, S., *"Manufacturing Systems Integration - Initial Architecture Document"*, United Sates Department of Commerce, NIST (National Institute for Standars and Technology), NISTIR 4682, Set. 1991.

[Senehi, 92] Senehi, M. K., Wallace, S., Luce, M. E., *"Manufacturing Systems Integration - An Architecture for Manufacturing Systems Integration"*, United Sates Department of Commerce, NIST (National Institute for Standars and Technology), in Proceedings of the Manufacturing International Conference, Dallas, TX, 1992.

[Sventek, 92] Sventek, J., *"The Distributed Application Architecture"*, Hewlett-Packard Company, 1992.

[Tham, 92a] Tham, K., D.,
"Pera: Enterprise Modelling",
Enterprise Integration Laboratory, University of Toronto, 1992

[Tham, 92b] Tham, K., D.,
"CIM-OSA: Enterprise Modelling",
Enterprise Integration Laboratory, University of Toronto,
1992

[Uschold et all, 95] Uschold, M., King, M., Moralee, S., Zorgios, Y.,
"The Enterprise Ontology",
Enterprise Project,
Jun. 1995.

[Uschold, 95] Uschold, M.,
"Towards a Methodology for Building Ontologies",
Artificial Intelligence Applications Institute, University of Edinburgh, Presented at: "Workshop on Basic Ontological Issues in Knowledge Sharing",
Jul. 1995.

[Warnier, 74] Warnier, J., -D,
Logical Construction of Programs,
Van Nostrand Reinhold Company,
New York, 1974.

[Woobe, 94] Woobe, W.,
"Prospects for Anthropocentric Production Systems in Europe",
Schmid, F., Evans, S., Ainger, A. W. S., Grieve, R. J., editors,
Proceedings of the NATO Advanced Study Institute on People and Computers - Applying an Anthropocentric Approach to Integrated Production Systems and Organisations: Computer Integrated Production Systems and Organizations - The Human-Centred Approach,
Springer-Verlag, pág. 49-58, 1994.

[Yan, 95] Yan, Xiu-Tian,
"An Advanced Simulation Environment for Modular Manufacturing Systems",
in Breitenecker, F., Husinsky, I., editors,
Proceedings of the 1995 Eurosim Conference, EUROSIM'95, Vienna, Austria,
Elsevier Science Publishers, pág. 1017-1022, 1995

[Zhang, 94] Zhang, H-C., Alting, L.,
Computerized Manufacturing Process Planning Systems,
Chapman & Hall, 1994.