

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS PONTA GROSSA
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
VIII CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E
MANUTENÇÃO

PAULO SÉRGIO PARANGABA IGNACIO

FERRAMENTAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

MONOGRAFIA

PONTA GROSSA

2012

PAULO SÉRGIO PARANGABA IGNACIO

FERRAMENTAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

Trabalho de Monografia apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Especialista em Gestão Industrial: Produção e Manutenção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Flavio Trojan

PONTA GROSSA

2012



Ministério da Educação
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CAMPUS PONTA GROSSA
Diretoria de Pesquisa e Pós-Graduação



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

FERRAMENTAS PARA MODELAGEM E SIMULAÇÃO DE PROCESSOS

por

Paulo Sergio Parangaba Ignacio

Esta monografia foi apresentada no dia 15 de dezembro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de ESPECIALISTA EM GESTÃO INDUSTRIAL: PRODUÇÃO E MANUTENÇÃO. O candidato foi argüido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Dr. Rui Tadashi Yoshino (UTFPR)

**Prof. Dr. Antonio Augusto de Paula
Xavier (UTFPR)**

Prof. Dr. Flavio Trojan (UTFPR)
Orientador

Visto do Coordenador:

Prof. Dr. Guataçara dos Santos Junior

Coordenador CEGI-PM
UTFPR – Câmpus Ponta Grossa

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte dessa importante fase de minha vida. Portanto, desde já peço desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas que fazem parte do meu pensamento e de minha gratidão.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Flavio Trojan, pela sabedoria com que me guiou nesta trajetória.

Aos meus colegas de sala.

A Secretaria do Curso, pela cooperação.

Gostaria de deixar registrado também, o meu reconhecimento à minha família, pois acredito que sem o apoio deles seria muito difícil vencer esse desafio.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização desta pesquisa.

RESUMO

IGNACIO, Paulo Sérgio Parangaba. **Título do trabalho:** Ferramentas para Modelagem e Simulação de Processos. 2012. Número total de folhas 36. Monografia da Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2012.

Este artigo desenvolve um estudo comparativo entre as diferentes ferramentas para se fazer a representação, modelagem e simulação de processos industriais. As ferramentas são divididas em dois grupos: métodos formais e métodos descritivos. Os métodos formais são mais precisos e complexos na sua utilização, e dentro deste grupo, destaca-se a modelagem de processos utilizando redes de petri. O formalismo torna a rede de petri, uma poderosa técnica de modelagem na representação dos processos e permite um rastreamento minucioso de cada etapa da operação.

Palavras-chave: Ferramentas para Modelagem Organizacional. Modelagem de Processos. Linguagens de Modelagem. Redes de Petri.

ABSTRACT

IGNACIO, Paulo Sérgio Parangaba. **Title of the working:** Tools for Modelling and Simulation of Process. 2012. Número total de folhas 36. Monografia da Especialização em Gestão Industrial: Produção e Manutenção - Federal Technology University - Parana. Ponta Grossa, 2012.

This article develops a comparative study among the different tools to do the representation, modelling and simulation of industrial processes. The tools are divided in two groups: formal methods and descriptive methods. The formal methods are more accurate and complex in their use, and inside of this group, it stands out the modelling organizational using petri nets. The formalism turns the petri net, in a powerful modelling technique in the processes representation, and it allows a meticulous research of each stage of the operation.

Keywords: Tools for Modelling Organizational. Modelling of Processes. Languages of Modelling. Petri Nets.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Processo de gerenciamento da organização.....	11
Figura 2 – Ciclo de desenvolvimento da organização.....	12
Figura 3 – Componentes do método.....	13
Figura 4 – Planta de um nível simples.....	15
Figura 5 – Níveis de controle.....	16
Figura 6 – Decomposição da estrutura.....	18
Figura 7 – Modelagem <i>framework</i> CIMOSA.....	20
Figura 8 – Construção CIMOSA.....	20
Figura 9 – Infra-estrutura de integração.....	21
Figura 10 – Elementos do modelo.....	23
Figura 11 – Componentes do sistema MO ² GO.....	24
Figura 12 – Estrutura da ferramenta.....	24
Figura 13 – Fases da metodologia GRAI.....	25
Figura 14 – Conceito global do modelo GRAI.....	26
Figura 15 – <i>Framework</i> com formalismo da modelagem.....	27
Figura 16 – Representação de um diagrama UML.....	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 FRAMEWORK E ABORDAGEM PROPOSTA PARA A MODELAGEM.....	10
3 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE MODELAGEM.....	12
3.1 MÉTODOS FORMAIS.....	14
3.1.1 Redes de Petri.....	14
3.1.2 Especificação de Sistemas de Eventos Discretos.....	15
3.1.3 Statecharts.....	16
3.2 MÉTODOS DESCRITIVOS.....	17
3.2.1 IDEF.....	17
3.2.2 CIMOSA.....	19
3.2.3 IEM.....	22
3.2.4 GRAI.....	24
3.2.5 UML.....	25
4 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE MODELAGEM.....	31
5 MAPEAMENTO DOS CONCEITOS DE PROCESSOS DE NEGÓCIO EM REDES DE PETRI.....	32
6 CONCLUSÕES.....	34
REFERÊNCIAS.....	34

1 INTRODUÇÃO

Para ser competitiva, uma organização precisa adaptar-se continuamente às mudanças do mercado. O aumento global da competição está forçando as organizações a reduzir o tempo para lançar novos produtos e oferecer preços competitivos. Diversidade, flutuações de demanda, a vida curta dos produtos devido à introdução freqüente de novas necessidades, além do aumento nas expectativas do cliente em termos de qualidade e tempo de entrega, é atualmente um dos principais desafios com que a organização têm que negociar para manter competitividade e ficar no mercado (BUSETTI & SANTOS, 2006).

Recentemente, devido aos avanços rápidos da informática, novos paradigmas têm surgido, tais como: CIM, JIT, produção enxuta, engenharia simultânea (MERTINS & JOCHEM, 2005).

Para Pidd (1998), um modelo é uma representação externa e explícita de parte da realidade, vista pela pessoa que deseja usar aquele modelo para entender, mudar, gerenciar e controlar parte daquela realidade.

Para atender as atuais necessidades de uma organização é necessário modelar essa organização, a fim de representar fluxos, tendências, características implícitas, além da monitoração dos processos de forma individualizada. A modelagem é uma técnica para representar e entender a estrutura organizacional e seu comportamento, analisar processos empresariais e também apoiar a reengenharia desses processos.

Assim, essa monografia tem por objetivo, desenvolver um estudo comparativo entre algumas das diferentes ferramentas utilizadas na representação, modelagem e simulação de processos e destacar uma das ferramentas de modelagem que proporcione maior incremento ao processo produtivo, por meio dos estudos da engenharia de produção, oriundos da aplicação dessa ferramenta específica de modelagem.

2 FRAMEWORK E ABORDAGEM PROPOSTA PARA A MODELAGEM

Medição, coleta de dados e informações sobre o desempenho de processos são atividades essenciais do gerenciamento de uma organização. Como a

informação é convertida em informação percebida, todos os níveis hierárquicos podem então definir ações nos seus respectivos domínios de gerenciamento, assim através de um modelamento pelo sistema denominado *core* (núcleo), conforme ilustrado na figura 1, pode-se gerenciar.

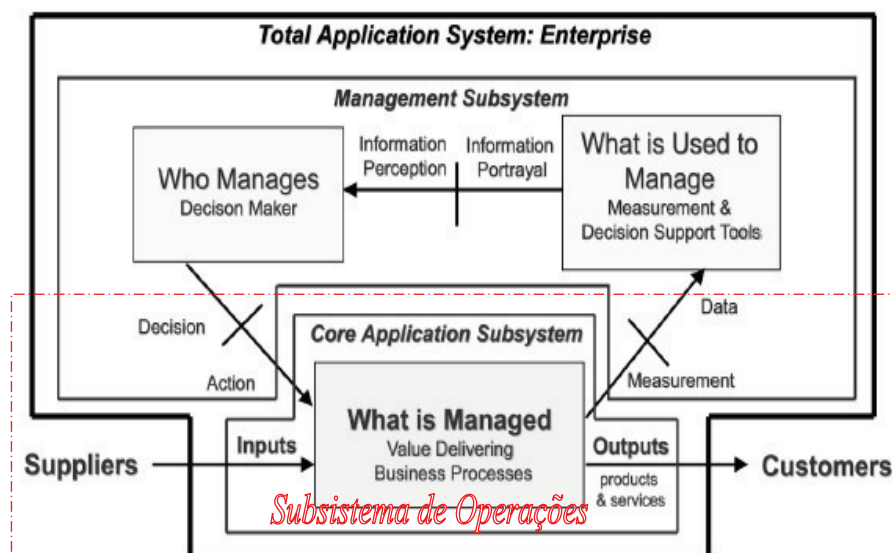


Figura 1 – Processo de gerenciamento da organização

Fonte: Souza *et al.* (2005)

Este *framework* é dividido em três subsistemas, são eles: subsistema de gestão, subsistema de interface e subsistema de operações. O foco deste trabalho é o subsistema de operações. O objetivo principal é gerar uma biblioteca a partir de um conjunto de especificações. Outros objetivos são montar modelos de referência, fazer a análise estrutural e a análise qualitativa (SOUZA *et al.*, 2005).

A base para a abordagem de desenvolvimento deste trabalho está apresentada na figura 2, também ilustrado por Buseti e Santos (2006), onde o desenvolvimento de sistemas para controle de processos é caracterizado por três fases:

- ✓ modelagem,
- ✓ síntese e,
- ✓ implementação.

Na fase de modelagem é selecionado das bibliotecas de subsistemas e especificações, um conjunto de modelos para representar um sistema real e aplicações. Na fase de síntese, estes modelos irão gerar os módulos supervisores. Na fase de implementação, os três níveis de estruturas de controle (módulos

supervisores, sistemas de produção e operações) são integrados e gradualmente implementados em três passos: simulação, simulação e inserção de controle e tecnologia de comunicação (CCT), e execução.

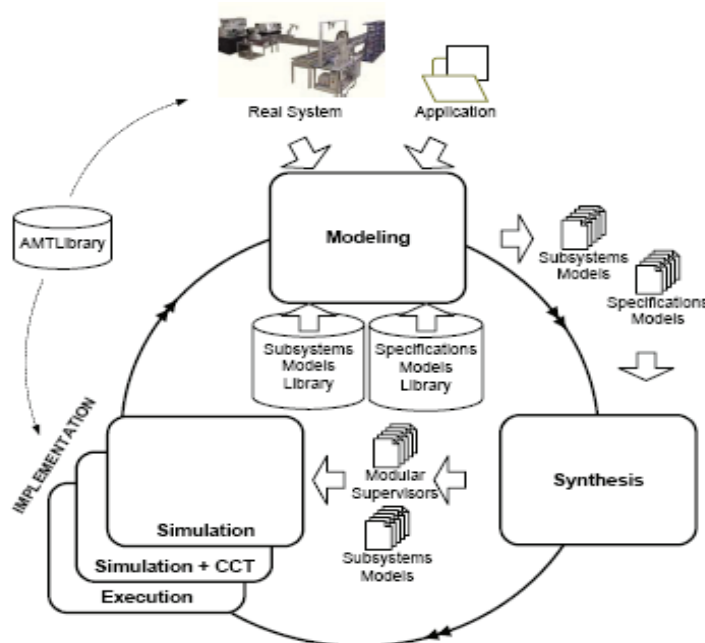


Figure 2: Ciclo de desenvolvimento de sistemas de controle para processos

Fonte: Buseti & Santos (2006)

O controle do sistema desenvolvido acontece ciclicamente em três fases: modelagem, síntese, e implementação. Desta maneira, o desenvolvimento permite uma revisão contínua dos resultados obtida em cada passo. Fazendo isto, o projetista pode receber uma aplicação nova (por exemplo, uma necessidade em reconfigurar os processos) e seleciona a nova especificação ou modelo de subsistema que vai adequar-se a esta aplicação nova (BUSETTI & SANTOS, 2006).

3 DESCRIÇÃO DOS MÉTODOS DE MODELAGEM

Existem várias ferramentas disponíveis para auxiliar a modelagem de um sistema Kettinger listou mais de 100. Estas ferramentas são capazes de modelar muitos aspectos diferentes de um sistema em vários níveis de detalhamento.

Muitos dos sistemas podem ser vistos como sistemas a eventos discretos (DES), por exemplo: *manufacturing systems*, *business processes*, *suplly chains*. Estes sistemas são complexos e difíceis de entender e operar eficazmente. Por causa de sua grande versatilidade, flexibilidade e poder, a simulação é amplamente

utilizada nas pesquisas técnicas de operações. A simulação, teoricamente, tem um grande potencial para ajudar na compreensão e operação destes sistemas. Pode-se categorizar as ferramentas em dois métodos, conforme Ryan e Heavey (2006):

- Métodos formais: são métodos que tem uma base formal e numerosos *softwares* de implementações destes métodos.
- Métodos descritivos: são métodos que tem uma pequena ou nenhuma base formal e são principalmente implementações de *software*.

Um método pode ser pensado como um procedimento para fazer algo, pode ser descrito formalmente como, consistindo de três componentes, figura 3 (MAYER *et al.*, 1995).

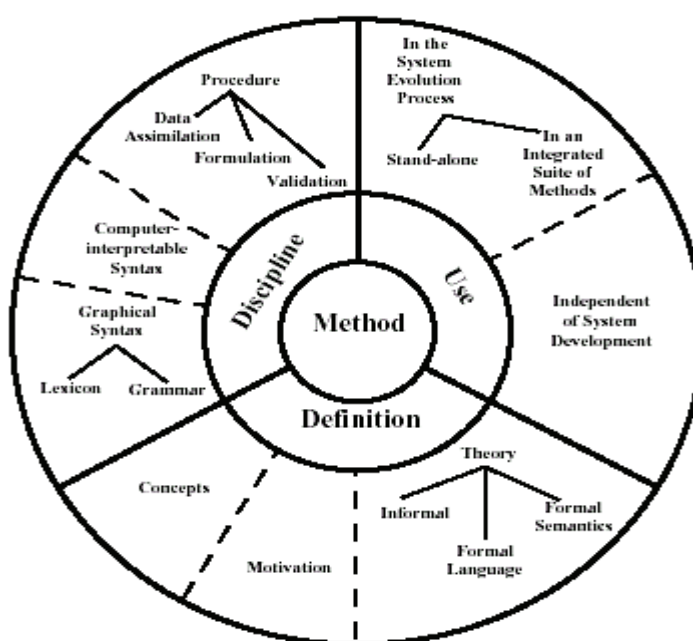


Figura 3 – Componentes do Método

Fonte: Mayer, Crump, Fernandes, Keen, Painter (1995)

Cada método tem:

- definição
- disciplina
- usos

A definição de método é estabelecida caracterizando as motivações básicas do método, conceitos e usos. A definição de método é estabelecida caracterizando as motivações básicas do método, conceitos e fundamentos teóricos. A componente de definição é desenvolvida através de métodos que criam princípios. A componente de disciplina inclui a sintaxe do método e o procedimento pelo qual o método é

aplicado. A componente de uso caracteriza como aplicar o método em situações diferentes.

1.1 MÉTODOS FORMAIS

1.1.1 Redes de Petri (PN)

A teoria de redes de Petri é aplicada no projeto e análise de sistemas que possuem simultaneidade, paralelismo, assincronismo, distribuição ou comportamento estocástico (LIN et al., 2005).

Redes de Petri é um formalismo matemático baseado em alguns objetos simples, relações e regras capazes de representar sistemas muito complexos (RYAN & HEAVEY, 2006).

Pode ser representada, por uma quintupla, para representar o comportamento e propriedades estruturais do sistema, e dispõe de uma ferramenta gráfica para visualizar a modelagem, figura 4.

$PN = (P, T, I^+, I^-, M_0)$, onde:

- (1) $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ conjunto finito de lugares,
- (2) $T = \{t_1, t_2, \dots, t_n\}$ conjunto finito de transições,
- (3) I^- é a função de incidência de entrada definida em $P \times T$,
- (4) I^+ é a função de incidência de saída definida em $T \times P$,
- (5) M_0 é o estado marcado inicial definido em P .

Redes de Petri tem sido utilizada por ser uma ferramenta de modelagem e análise para sistemas de hardware/software de computador, processos industriais e controle de sistemas, sistema de administração do conhecimento e do processamento da informação (LIN et al., 2005).

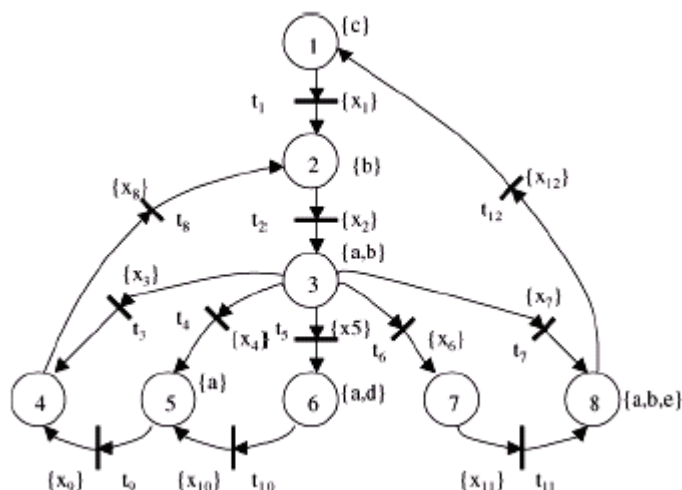


Figura 4 – Planta de um nível simples

Fonte: Holloway, Gong, Ashley (2006)

O formalismo também forma a base de várias ferramentas que modelam processos, e tem sido utilizado na área de workflow/business. Redes de Petri pode modelar e representar com muita precisão um sistema real, porém, em sistemas reais, normalmente a modelagem é muito grande e complexa tornando-se difícil para uma pessoa não especializada entender o modelo (RYAN & HEAVEY, 2006).

1.1.2 Especificação de Sistemas de Eventos Discretos (DEVS)

O formalismo dos DEVS desenvolvido por Zeigler Kofman (2004) e Ryan e Heavy (2006), permite representar todos os sistemas de comportamento de entrada/saída, pode ser descrito por uma sucessão de eventos, com a condição que o estado tem um número definido de mudanças em qualquer intervalo finito de tempo. Desta maneira, sistemas modelados por redes de Petri, statecharts, gráficos de eventos, e até equações diferenciais podem ser vistos como casos particulares de modelos de DEVS (KOFMAN, 2004). Este formalismo foi usado para apoiar o projeto e simulação de arquiteturas de computador, redes de comunicações e sistemas industriais. Tem uma representação formal de sistemas de eventos discretos, porém, a representação matemática proposta é difícil de compreender sem um conhecimento detalhado do formalismo (RYAN & HEAVY, 2006). O modelo DEVS tem um processo de trajetória do evento de entrada e de acordo com a trajetória e suas condições iniciais, provocará um evento de trajetória de saída. Um DEVS é definido pela seguinte estrutura (BARROS & ZEIGLER, 1997; KOFMAN, 2004):

$M = (X, Y, S, \partial_{int}, \partial_{ext}, \lambda, t_a)$, onde:

- (1) X é o conjunto de eventos de entrada,
- (2) Y é o conjunto de eventos de saída,
- (3) S é o conjunto de valores de estado,
- (4) ∂_{int} , ∂_{ext} , λ e t_a são funções que definem a dinâmica do sistema.

1.1.3 Statecharts

Statecharts é baseado na anotação introduzida por Harel Ryan e Heavy (2006) e Marty et al. (1998). Um diagrama de statechart é composto de vários elementos básicos, estados e transições. Estes diagramas de statechart são usados para mostrar o fluxo de controle ou sucessões de estados que um sistema pode proceder como resultado de eventos discretos (RYAN & HEAVY, 2006). A estrutura de controle do Statecharts é feita em cinco níveis (MARTY et al., 1998). A figura 5 ilustra estes níveis:

- ✓ Nível 4 – (planejamento) aspectos administrativos e de planejamento.
- ✓ Nível 3 – (programação) parâmetros e recursos disponíveis no sistema
- ✓ Nível 2 – coordenação das células de manufatura
- ✓ Nível 1 – controle de máquinas
- ✓ Nível 0 – sensores e atuadores

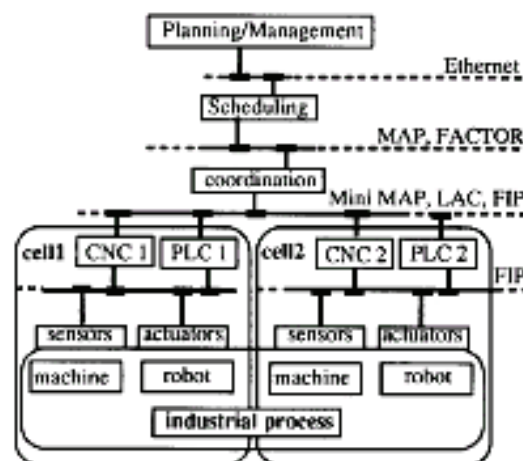


Figura 5 – Níveis de controle

Fonte: Marty et al. (1998)

3.2 MÉTODOS DESCRITIVOS

3.2.1 IDEF

IDEF é um grupo de métodos de modelagem, que podem ser usados para descrever operações em uma organização. Foi desenvolvido para o ambiente industrial, existem dezesseis métodos (DÍEZ, 2004):

- ✓ IDEF0: Function Modelling
- ✓ IDEF1: Information Modelling
- ✓ IDEF1X: Data Modelling
- ✓ IDEF2: Simulation Model Desing
- ✓ IDEF3: Process Description Capture
- ✓ IDEF4: Obejct-Oriented Desing
- ✓ IDEF5: Ontology Description Capture
- ✓ IDEF6: Desing Rationale Capture
- ✓ IDEF7: Information System Audit Method
- ✓ IDEF8: User Interface Modelling
- ✓ IDEF9: Scenario-Driven IS Desing
- ✓ IDEF10: Implementation Architeture Modelling
- ✓ IDEF11: Information Artefact Modelling
- ✓ IDEF12: Organisation Modelling
- ✓ IDEF13: 3-Schema Mapping Desing
- ✓ IDEF14: Network Desing

IDEF0 é uma técnica de modelagem baseada numa combinação de gráficos e textos que representam à organização para que se tenha a compreensão, o suporte para análises, suporte para sistemas de projeto e integração de atividades. O modelo IDEF0 é composto de uma série hierárquica de diagramas que gradualmente exibem níveis crescentes de detalhe que descreve funções e suas interfaces dentro do sistema, figura 6 (INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING, 1993).

O modelo de IDEF0 reflete como funções de um sistema se relacionam. Quando usado de um modo sistemático, ele provê um sistema que cria aproximação para:

- a) Análise dos sistemas projetados de todos os níveis, para sistemas compostos de pessoas, máquinas, materiais, computadores e informações de todas as variedades;
- b) Produzir documentação de referência, simultaneamente com o desenvolvimento, para servir como base para integrar novos sistemas ou sistemas melhorar os existentes;
- c) Comunicação entre analistas, desenhistas, usuários e gerentes;
- d) Coalizão de times, permitindo que seja alcançada a compreensão;
- e) Gerenciamento de projetos grandes e complexos que usam medidas qualitativas;
- f) Prover uma arquitetura de referência para a análise da organização, da informação e gerenciamento de recursos.

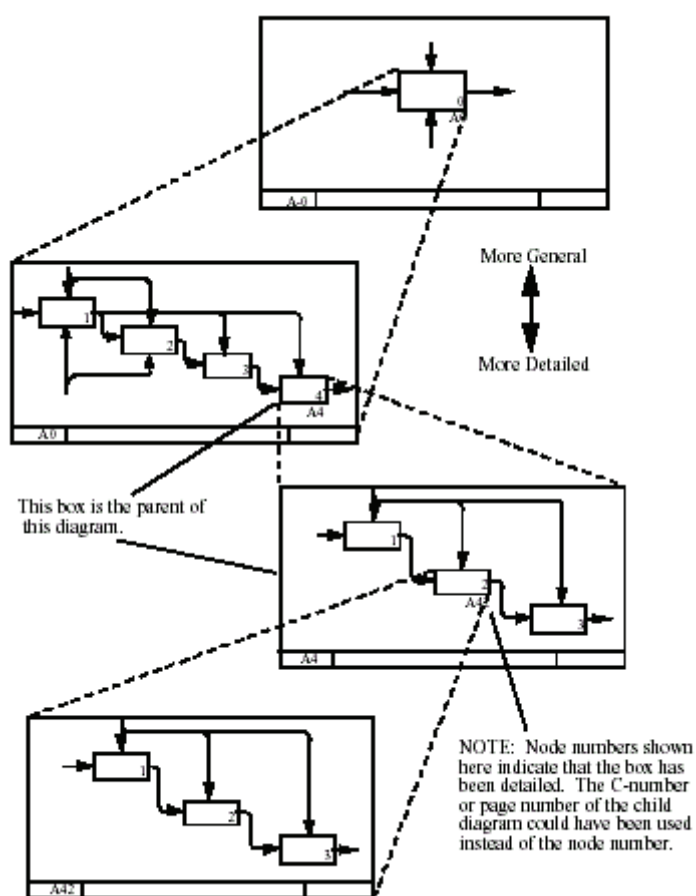


Figura 6 – Decomposição da Estrutura

Fonte: Integration definition for function modeling (1993)

No IDEF3, a descrição de processo é desenvolvida usando duas estratégias de aquisição de conhecimento: estratégia centrada no processo e estratégia centrada no objeto. A estratégia centrada no processo organiza o processo do conhecimento com foco nas relações temporais, causais e lógicas dentro de um cenário. A estratégia centrada no objeto organiza o processo do conhecimento com foco em objetos e mudanças de procedimento dentro um único cenário ou múltiplos cenários (Mayer, Menzel, Painter, Witte, Blinn, Perakath, 1995). O IDEF3 permite a representação da transição de estados de um sistema a eventos discretos, porém o modelo de controle não é representado graficamente (RYAN & HEAVY, 2006).

3.2.2 CIMOSA

CIMOSA é uma arquitetura de sistemas abertos para integração da organização. Foi desenvolvida para computação integrada a manufatura (CIM).

Seu objetivo é prover a indústria com (BERIO, VERNADAT, 2001):

- ✓ um *framework* de modelagem organizacional, representando operações de negócios, suporte à análise e projeto, e conduzindo à um modelo executável de organização.
- ✓ integração da infra estrutura, usada para apoiar a aplicação e integração de negócios, bem como a execução e implementação do modelo para controlar e monitorar as operações organizacionais.
- ✓ uma metodologia para ser usada ao longo do ciclo de vida do sistema e ajudar os usuários a desdobrar o programa de CIM.

O *framework* CIMOSA da figura 7 mostra a estrutura da CIMOSA, esta estrutura trabalha com uma modelagem genérica, parcial ou particular para um mesmo nível e é apoiada por diferentes visões do modelo organizacional. O conceito de visões permite trabalhar com subconjuntos do modelo no lugar do modelo completo. CIMOSA possui a definição de quatro visões diferentes de modelagem: função, informação, recurso, organização (RYAN, HEAVY, 2006) e (KOSANKE, 1995).

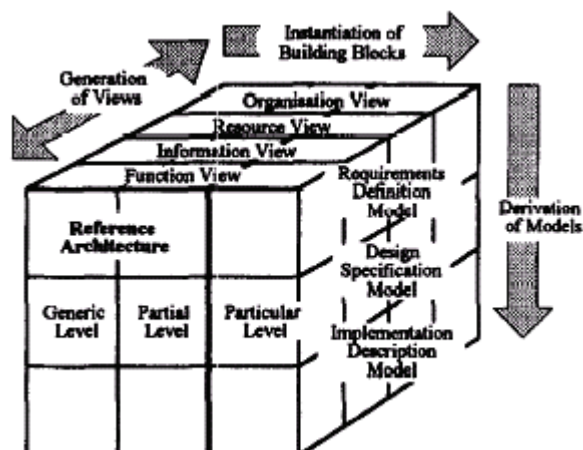


Figura 7 – Modelagem *Framework* CIMOSA

Fonte: Kosanke (1995)

A figura 8 mostra os blocos básicos da construção de um modelo de organização com a CIMOSA. Processos, eventos e atividades organizacionais são objetos de classificação que descrevem a funcionalidade e procedimentos da operação da organização. Entradas e saídas das atividades organizacionais definem as informações e recursos necessários, são objetos organizacionais. Elementos organizacionais são definidos em termos de responsabilidades e autorizações para processos, funcionalidades, informações, recursos e organização, são estruturados

Structuring Concepts	Structuring Constructs				
Meta Model	CIMOSA Object Class Generic Building Block Building Block Type				
Object Class	Domain and Business Process Event	Enterprise Activity	Enterprise Object	Capability Set Resource (Functional Entity)	Organisation Cell/Unit
Element	Behavioural Rules Structure	Functional Operation	Information Element	Capability Resource Component	Organisation Element
CIMOSA Business Modelling Constructs					

Figura 8 – Construção CIMOSA

Fonte: Kosanke (1995)

em unidades organizacionais ou células (KOSANKE, 1995).

A integração da infra-estrutura prevê o uso de IT para modelagem organizacional, controle operacional e monitoração de ambientes heterogêneos vejam figura 9. Controle e execução da implementação do modelo está previsto na entidade de *Business*, que recebe os eventos e cria ocorrências relacionadas aos processos. Controle de processos, gerenciamento de recursos e controle de atividade, são elementos da entidade de *Business*, analisa e modela os conteúdos, nomeia os recursos, identifica a informação necessária e faz a comunicação com as entidades *Common*, *Information*, *Presentation*, estas entidades controlam as comunicações via rede, acesso aos bancos de dados e comunicação entre pessoas e máquinas.

O gerenciamento destas entidades é necessário para gerenciar a integração da infra-estrutura.

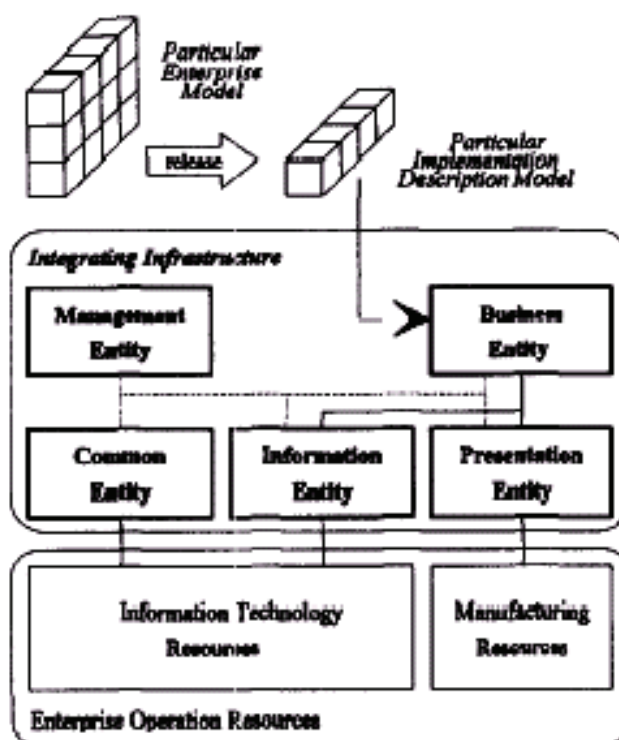


Figura 9 – Infra-estrutura de Integração

Fonte: Kosanke (1995)

Podem ser distinguidos três tipos de fluxos dentro de qualquer organização com CIMOSA:

- ✓ fluxo de controle, define o *workflow*, e descreve os procedimentos da organização;
- ✓ fluxo material, define o fluxo de produtos ou componentes físicos;
- ✓ fluxo de informação, define o fluxo de objetos de informação e decisões.

Estes fluxos podem ser modelados separadamente ou em conjunto. É recomendado começar a modelagem separadamente com o fluxo de controle, depois se junta o fluxo material e finalmente analisa o fluxo de informação. O fluxo de informação pode ser mais especializado tendo um fluxo de documento, um fluxo de dados ou um fluxo de decisão. Os processos organizacionais podem ser classificados na CIMOSA como (BERIO, VERNADAT, 2001):

- ✓ 'processos bem-estruturados', processos que tem uma seqüência de passos conhecida e determinada;
- ✓ 'processos semi-estruturados', processos que tem uma seqüência de passos parcialmente conhecida.

3.2.3 IEM

O método IEM (modelagem integrada da organização) trabalha com a técnica orientada a objeto para descrever informações e funções de objetos com uma visão simples de modelo de um sistema de manufatura integrado. O core da estrutura do modelo contém as visões, modelo de processos de negócios e modelo de informações. No modelo, os processos industriais e todas as atividades que estão relacionadas à produção são descrito por funções e processos de negócios que recorrem a objetos.

A base para o desenvolvimento do modelo é uma descrição individual da empresa e formada pelas classes de objeto: produto, recurso e ordem. Todas as tarefas, a organização do processo, os dados, as instalações de produção e todos os componentes do sistema de informação são registrados em qualquer nível de detalhe (MERTINS & JOCHEM, 2001).

A visão de modelo organizacional enfatiza as tarefas e processos empresariais que são executados nos objetos; a visão de modelo de informações enfatiza as estruturas e características que descrevem objetos. A figura 10 mostra uma avaliação dos elementos de modelagem do IEM. O modelo orientado a objeto

pode construir e modelar diferentes tipos de organização (MERTINS & JOCHEM, 2005).

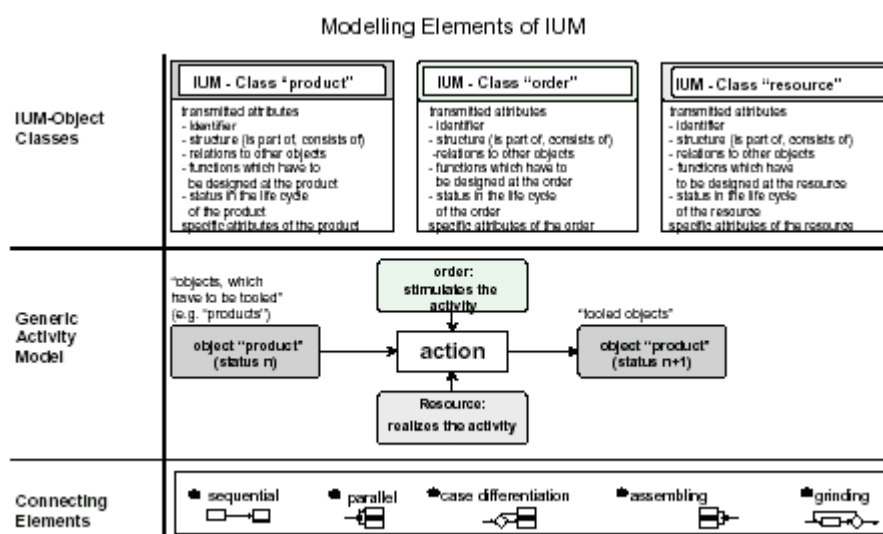


Figura 10 – Elementos do Modelo

Fonte: Mertins, Jochem (2005)

MO²GO é uma ferramenta de modelagem que trabalha com o método de IEM da figura 11. A ferramenta é utilizada para descrever, analisar e aperfeiçoar estruturas operacionais e processos organizacionais permite descrever e analisar, produtos, recursos, ordens e os processos organizacionais relacionados. As vantagens do uso desta ferramenta incluem a sistematização do planejamento e otimização dos processos e a reutilização dos modelos organizacionais para todos os projetos e visões que interessam ao planejamento, aos sistemas de informação, ao controle, administração da qualidade e ao desenvolvimento organizacional. A ferramenta possui gráficos e documentos de texto, baseados na comunicação entre os documentos dos participantes (MERTINS & JOCHEM, 2001). O propósito é ter diretórios estruturados de tudo que foi modelado, funções, objetos, a documentação e os gráficos. Você pode gerar documentos também unificados de acordo com ISO 9000, automaticamente. Isto reduz o processo de certificação significativamente. A figura 12 mostra a estrutura desta ferramenta (MERTINS et al., 1997).

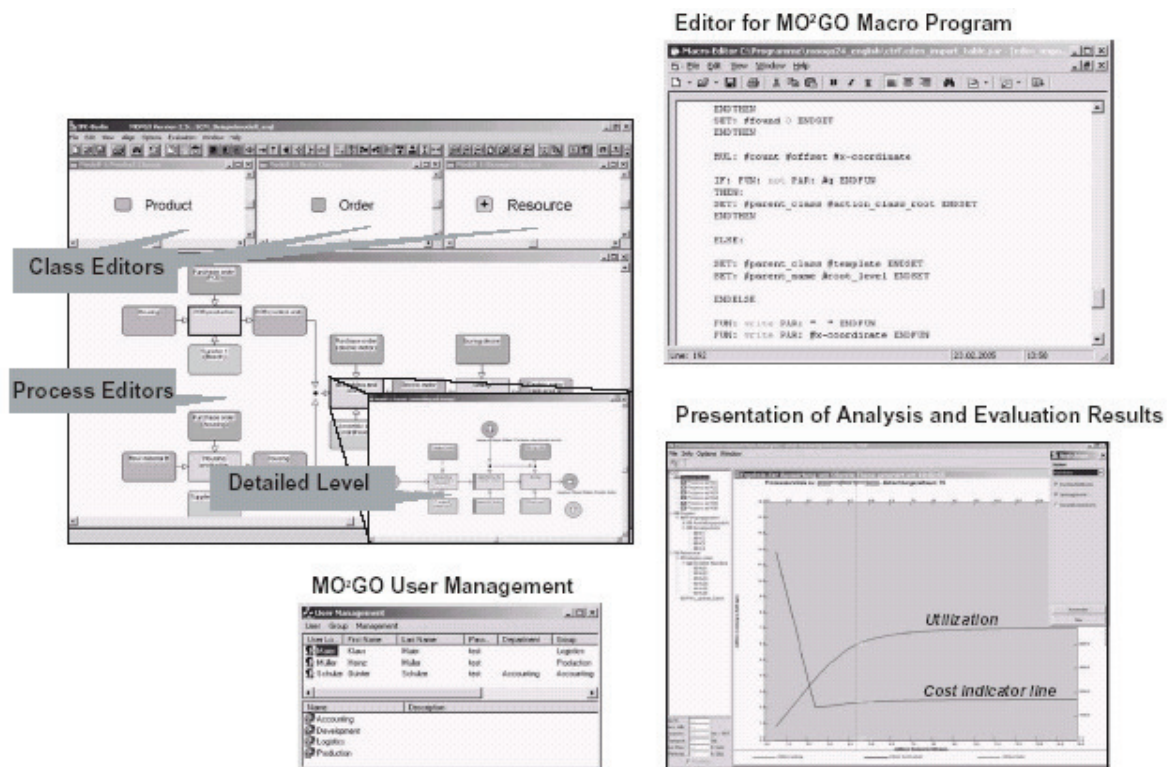


Figura 11 – Componentes do sistema MO²GO

Fonte: Mertins, Jochem (2005)

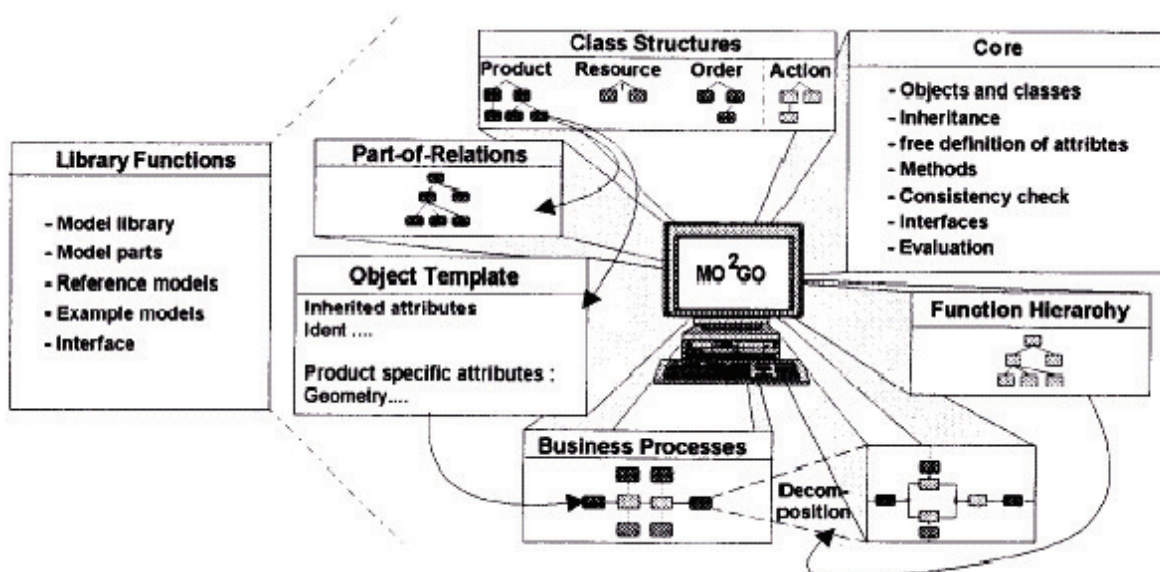


Figura 12 – Estrutura da ferramenta

Fonte: Mertins, Jochem, Jäkel (1997)

3.2.4 Método de GRAI

A metodologia de GRAI é considerada como uma técnica de modelagem organizacional.

Uma das principais características da metodologia de GRAI é permitir processamento de ações de melhoria, por exemplo, reengenharia, definição e implementação de indicadores de desempenho, sempre usando o mesmo modelo. Outra característica é a metodologia é satisfatória para empresas industriais como também para empresas de serviços (GIRARD, DOUMEINGTS, 2004).

A figure 13, mostra os vários passos da metodologia de GRAI em duas dimensões: o eixo horizontal dá as várias fases do ciclo de vida e o eixo vertical dá os vários níveis de abstração a partir do nível operacional para o nível conceitual.

Esta figura mostra a necessidade de trabalhar em um modelo conceitual para transformar o sistema operacional de produção existente (DOUMEINGTS, DUCQ, 2001).

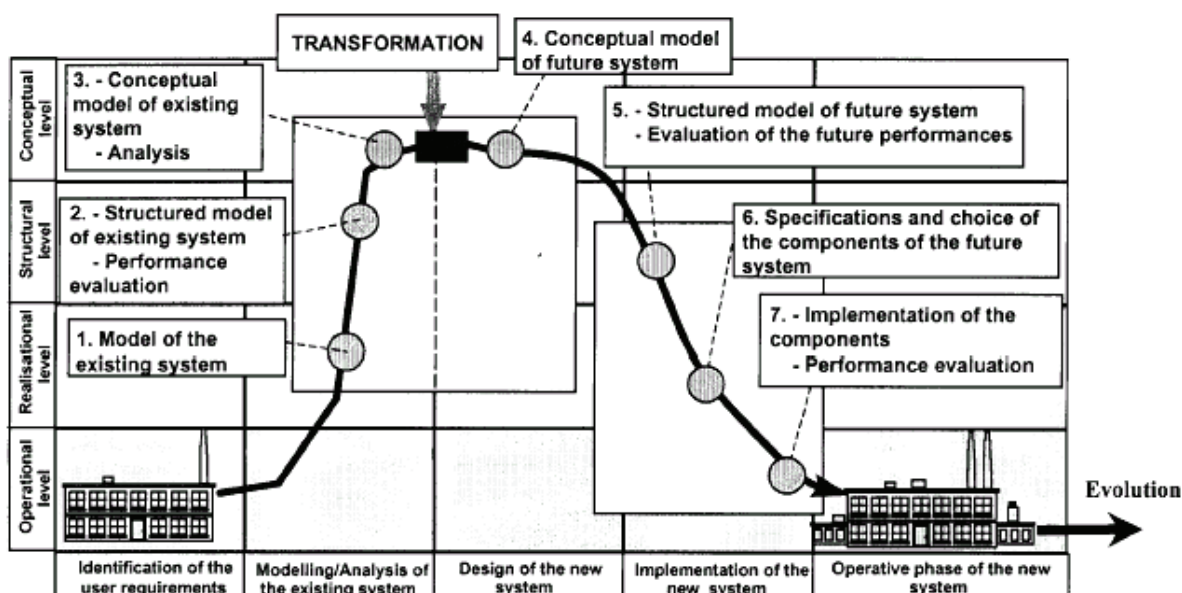


Figura 13 – Fases da metodologia GRAI

Fonte: Doumeingts, Ducq (2001)

No nível conceitual, o modelo de GRAI é uma estrutura recursiva, veja a figura 14, é composto de três sistemas: o sistema físico, o sistema de decisão e sistema de informação.

O sistema físico transforma matérias-primas, ou componentes, em produtos de produção, criando um fluxo então de materiais pelos meios físicos (equipamento, máquinas, etc.) organizado de acordo com planos vários.

O Sistema de Decisão (DS) é dividido em dois eixos. Em um eixo vertical, é decomposto o DS conforme os tipos de decisões: estratégico, tático, operacional.

Em um eixo horizontal, estão os critérios de decomposição funcional, na figura 14, as funções principais de uma organização estão representadas. É importante a observação que a linha horizontal dá a visão de processo organizacional.

O sistema de informação contém toda a informação necessária para o sistema, deve ser estruturado de um modo hierárquico de acordo com a estrutura do sistema de decisão.

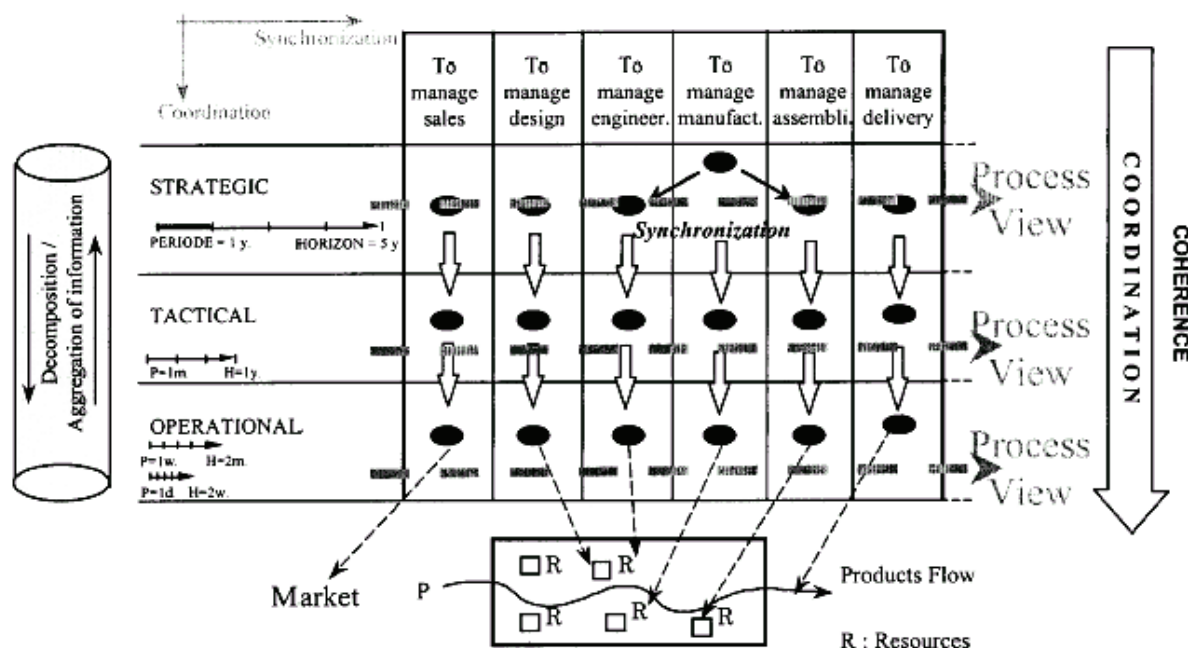


Figura 14 – Conceito global do modelo GRAI

Fonte: Doumeingts, Ducq (2001)

O formalismo da modelagem interessa ao sistema físico, ao sistema de decisão e ao sistema de informação. Para o sistema físico, em uma primeira fase nós descrevemos as atividades de um ponto de vista estático. Diagramas de ação e S/R (*Stock /Resource*) são utilizados. Para o procedimento dinâmico, transformamos estes modelos para poder usar as ferramentas de simulação. Para o sistema de decisão nós usamos o GRAI *grid* ao nível global e o GRAI *net* ao nível detalhado. Isto identifica os tomadores de decisão, responsabilidade e autoridade, unindo os tomadores de decisão com a decisão tomada.

O formalismo descreve o sistema de informação e modelagem de *entity/relationship*, veja a figura 15.

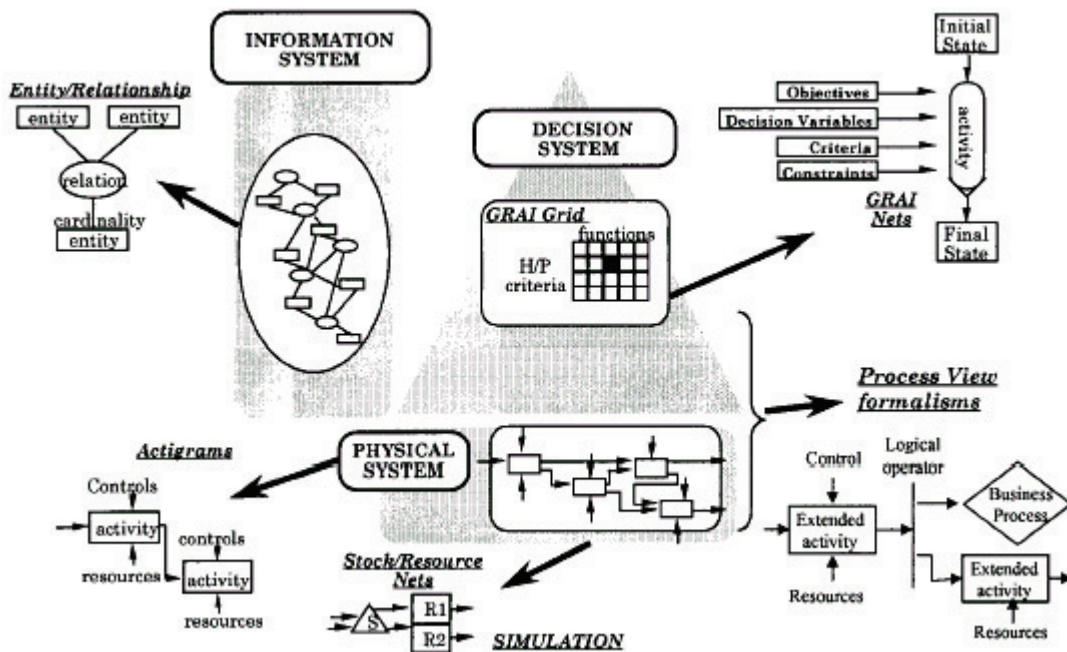


Figura 15 – Framework com o formalismo da modelagem

Fonte: Doumeingts, Ducq (2001)

3.2.5 UML

UML são as iniciais de Unified Modeling Language, que em português significam linguagem de modelagem unificada. A UML é a padronização da linguagem de desenvolvimento orientado a objetos para visualização, especificação, construção e documentação de sistemas. A UML se propõe a ser a linguagem definitiva para modelagem de sistemas orientado a objetos, por ser unificada esta facilita que grupos de desenvolvimentos de software interpretem de uma maneira correta e sem ambigüidades modelos gerados por outros analistas ou grupos de desenvolvimento (BOOCH, *et al.*, 1998).

As metas estabelecidas pelos desenvolvedores da UML são:

- ✓ Modelar sistemas (não apenas software) usando conceitos de orientação a objetos.
- ✓ Estabelecer um conjunto explícito de artifícios conceituais e executáveis.
- ✓ Direcionar as seqüências de edições, inerentes em sistemas complexos.

- ✓ Criar uma linguagem de modelagem utilizável tanto por humanos quanto por máquinas.

A UML está destinada a ser dominante, como uma linguagem de modelagem usada pela indústria. Ela possui uma grande variedade de aplicações; é construída baseada em uma tecnologia comprovadamente bem estabelecida para modelagem de sistemas, e possui o suporte necessário para conseguir esta padronização no mundo real. A UML é também amplamente documentada com meta modelos da linguagem, e com uma especificação formal da semântica da linguagem.

A UML é usada para modelar sistemas, que podem possuir uma diversidade muito grande. Pode ser usada também em diferentes estágios de desenvolvimento de um sistema, desde a especificação dos requerimentos até os testes de um sistema finalizado.

Tipos diferentes de sistemas:

A meta da UML é descrever qualquer tipo de sistema, em termos de diagramas de orientação a objeto. Naturalmente, o uso mais comum é a criação de modelos de sistemas de software, mas a UML pode também ser utilizada para descrever sistemas mecânicos sem qualquer software, ou a organização de um negócio.

Existem cinco fases no desenvolvimento de sistemas: Análise dos requerimentos, Análise, Concepção, Programação e Teste (TRANORIS, THIRANBOULIDIS, 2006).

Análise dos Requerimentos:

A UML possui casos de uso para retratar os requerimentos do cliente. Um caso de uso é uma descrição de uma funcionalidade (uma utilização específica do sistema) que o sistema fornece. Através da modelagem de casos de uso, os atores internos que tem interesse no sistema são modelados de acordo com a funcionalidade que eles requerem do sistema. Os atores e casos de uso são modelados com relacionamentos, e tem suas associações de comunicações um com o outro dividido em hierarquias. Os atores e os casos de uso são descritas na forma e um diagrama de casos de uso na UML. Cada caso de uso é descrita em texto e especifica os requerimentos do cliente. O que ele ou ela espera do sistema sem considerar como a funcionalidade será implementada.

Análise:

O estágio de análise está relacionado com as abstrações primárias (classes e objetos) e mecanismos que estão presentes no domínio do problema. As classes que modelam estas abstrações e mecanismos são identificadas, juntamente com seus relacionamentos umas com as outras, e descritas em um diagrama de classe na UML. Colocações entre as classes para desempenhar casos de uso são também descritas, através de qualquer um dos modelos dinâmicos na UML. Na análise, somente as classes que estão no domínio do problema (conceitos do mundo real) são modelados - e não as classes técnicas que definem detalhes e soluções no sistema do software, como as classes de interface com o usuário, bancos de dados, comunicações, e assim por diante.

Concepção:

Na fase de concepção, o resultado da análise é expandido em uma solução técnica. Novas classes são adicionadas de forma a fornecer infra-estrutura técnica: A interface com o usuário, gerenciadores de bancos de dados para armazenamento de objetos nos bancos de dados, comunicações com outros sistemas, interfaces com dispositivos no sistema e outros. As classes do domínio do problema da análise são 'encaixadas' nesta infra-estrutura técnica, tornando possível modificar tanto o domínio do problema, quanto a infra-estrutura. A concepção do projeto resulta em uma detalhada especificação para a fase de construção.

Programação:

Na fase de programação ou construção, as classes definidas no estágio de concepção são convertidas em código utilizando alguma linguagem de programação orientada a objeto. Dependendo das características da linguagem adotada, esta pode ser uma tarefa mais difícil ou mais simples. Recomenda-se quando realizar as análises e conceber os modelos em UML a tentar vislumbrar mentalmente os modelos em código. Entretanto chegar a conclusões muito cedo sobre o código pode ser contra produtivo para a criação de modelos mais simples e corretos. A programação é um estágio à parte, durante a qual os modelos são convertidos em código.

Teste:

Um sistema é normalmente testado em unidades de teste, testes de integração e testes de aceitação. Estas unidades de teste são classes individuais de um grupo de classes, e são tipicamente realizadas pelo programador. Os testes de integração reúnem componentes e classes a fim de verificar se elas cooperam com

as especificações. Os sistemas de teste enxergam o sistema como uma ‘caixa preta’ e validam se o sistema possui a funcionalidade final como a esperada por um usuário final. O teste de aceitação, conduzido por um consumidor para verificar se o sistema satisfaz os requerimentos é semelhante ao teste do sistema. Os diferentes times de testes utilizam diferentes diagramas UML como base de seu trabalho. Testes de unidade usam diagramas e especificações de classes. Testes de integração tipicamente utilizam diagramas de componentes e diagramas de colaboração, e testes de sistema implementam diagramas de casos de uso para validar se o sistema responde como inicialmente definido nestes diagramas.

Quando você faz modelagem, você simplifica a realidade para um melhor entendimento do sistema em desenvolvimento. Em UML você desenvolve seus modelos a partir de blocos distintos tais como: classes, interfaces, colaborações, componentes, dependências, generalizações, associações, etc. Os diagramas são meios utilizados para visualização de blocos de construção.

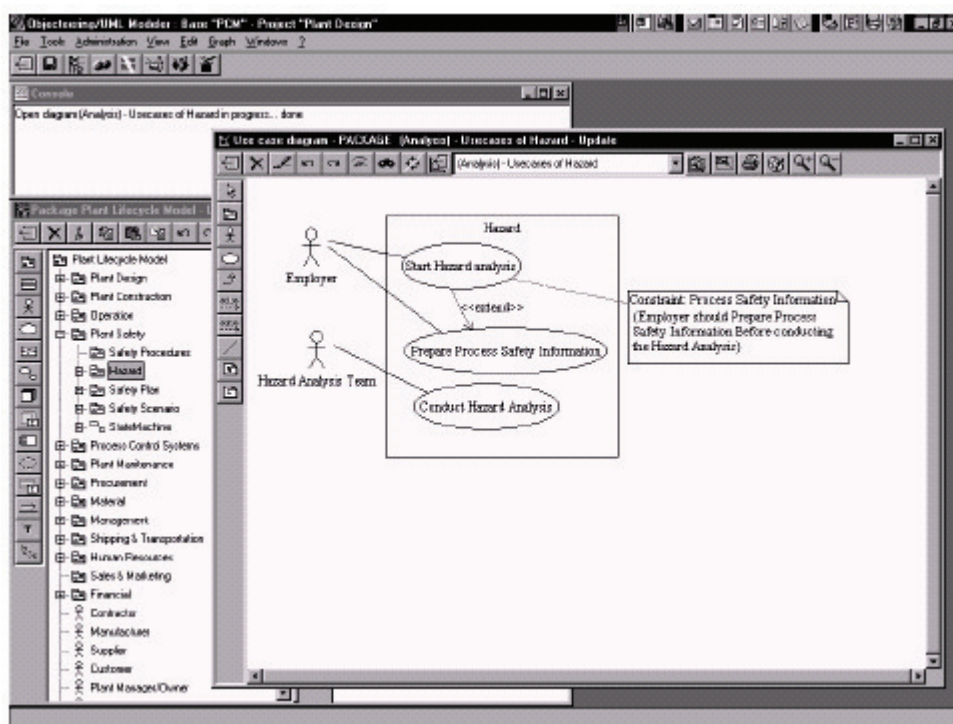


Figura 16 – Representação de um diagrama UML

Fonte: Gabbar, Suzuki, Shimida (2001)

UML pode representar um *workflow* e um *dataflow* dentro de um processo discreto. A técnica pode representar visualmente interações entre recursos,

atividades de sistema e fluxo de trabalho, capaz de comunicar a lógica de simulação para uma pessoa não especializada.

4 CLASSIFICAÇÃO DOS MÉTODOS DE MODELAGEM

Foram vistos diversos métodos e ferramentas para a modelagem e simulação de processos organizacionais, na tabela 1 é apresentado um resumo das ferramentas vistas neste artigo. Nós dividimos as ferramentas em dois grupos, métodos formais e descritivos. Podemos concluir que as ferramentas formais são mais precisas, complexas e de difícil utilização. Em nosso trabalho estamos optando em trabalhar com Redes de Petri para a modelagem do subsistema de operações.

Tabela 1 – Autoria Própria

		DEFINIÇÃO	UTILIZAÇÃO	
MÉTODOS	FORMAIS	Redes de Petri	Formalismo matemático baseado em objetos simples, relações e regras capaz de representar sistemas complexos.	Modelagem e simulação com muita precisão, de difícil utilização.
		DEVS	Formalismo matemático, capaz de representar sistemas complexos.	Modelagem e simulação com muita precisão. Redes de Petri, Statecharts, são casos particulares de DEVS, de difícil utilização.
		Statecharts	Composto por elementos básicos, estados e transições.	Utilizado na especificação de sistemas dinâmicos. Não permite a modelagem das atividades que causam a mudança de estados dentro de um sistema discreto.
	DESCRITIVOS	IDEF	Permite a análise e comunicação do aspecto funcional de um sistema.	Modelagem visual das decisões e atividades de um sistema. Falta de habilidade para modelar vários aspectos de sistemas discretos complexo, de difícil utilização.
		CIMOSA	Trabalha com uma modelagem genérica, parcial ou particular para um mesmo nível e é apoiada por diferentes visões do modelo organizacional.	Modelagem e simulação com muita precisão utilizando Redes de Petri, de difícil utilização.
		GRAI	Permite o processamento de ações de melhoria, por exemplo, reengenharia, definição e implementação de indicadores de desempenho, sempre usando o mesmo modelo.	Não modela o fluxo de trabalho adequadamente com a finalidade de capturar e ajudar na comunicação de assuntos de sistemas nas fases de um projeto de simulação.

		IEM	Modelagem orientada a objeto, descrição da empresa é formada pelas classes de objeto: produto, recurso e ordem.	Modelagem de sistemas orientada a objetos, por ser unificada, facilita que grupos de desenvolvimentos de software interpretem de uma maneira correta e sem ambigüidades modelos gerados por outros analistas.
		UML	Modelagem de sistemas orientada a objetos, por ser unificada, facilita que grupos de desenvolvimentos de software interpretem de uma maneira correta e sem ambigüidades modelos gerados por outros analistas.	Modelagem e simulação de um processo discreto podem representar visualmente as interações entre recursos, atividades de sistema e fluxo de trabalho, de fácil utilização.

5 MAPEAMENTO DOS CONCEITOS DE PROCESSOS DE NEGÓCIO EM REDES DE PETRI

A utilização de um processo em sistema de gerenciamento de processos de negócio indica a necessidade de gerenciamento em alguma categoria particular. Tal processo define quais tarefas precisam ser executadas. A existência de informações sobre as tarefas a serem realizadas e sobre as condições dos processos é importante. Dessa forma, define-se a ordem na qual as tarefas precisam ser executadas. Um grande processo pode consistir em subprocessos, tarefas e condições.

Um determinado estado do sistema pode levar à execução de um processo (disparo de uma transição) que, muitas vezes, depende da disponibilidade de uma pessoa. As condições têm duas funções importantes: assegurar que as tarefas procedam na ordem correta e verificar se o estado do caso pode ser estabelecido (INAMASU, *et al.*, 2004).

Um exemplo de especificação do processo de gerenciamento de reclamações usando redes de Petri é feito por (AALST, HEE, 2002). A entrada da primeira reclamação é registrada e o cliente que reclamou e o departamento afetado pela reclamação é informado. O departamento, informado da reclamação, pode ser questionado e o cliente é consultado para fornecer mais informações. Essas duas tarefas podem acontecer simultaneamente (em paralelo) ou, ainda, em qualquer ordem. Depois, os dados são reunidos e a decisão, que pode ser um pagamento ou o envio de uma carta, é tomada. A figura 17 mostra como representar esse processo com redes de Petri.

Cada uma das tarefas (registrar, informar cliente, informar departamento, pagar e arquivar) é modelada utilizando uma transição. A modelagem da avaliação da reclamação utiliza duas transições, positiva e negativa, que correspondem, respectivamente, a uma decisão positiva e outra negativa. Os lugares início e fim correspondem ao início e ao fim do processo. Os outros lugares correspondem às condições. Estas asseguram que as tarefas prossigam na ordem correta e que o estado do caso possa ser estabelecido. O lugar c8, por exemplo, assegura que a reclamação seja arquivada apenas quando estiver completamente resolvida.

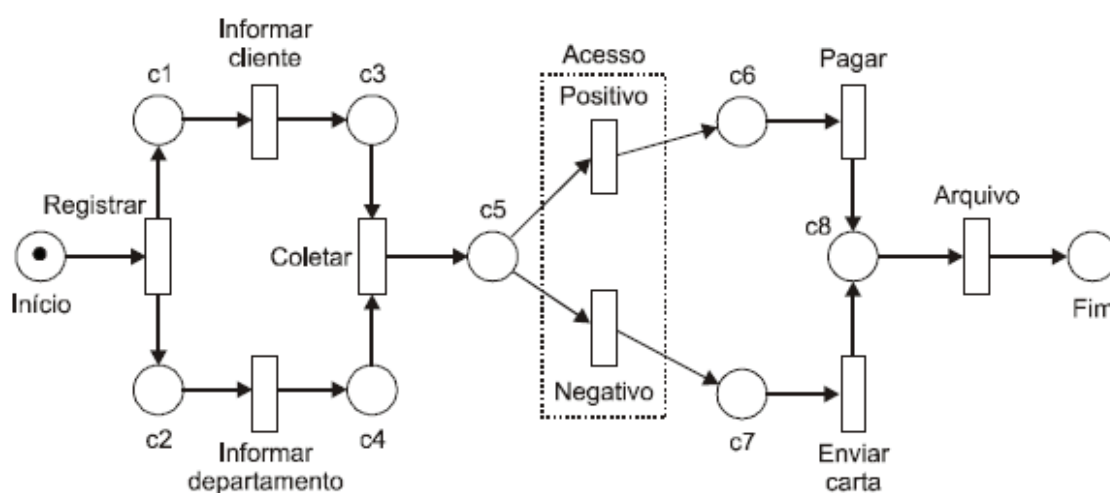


Figura 17 – O processo de gerenciar reclamação modelada em redes de Petri

Fonte: Aalst, Hee (2002).

Os casos são ilustrados por meio de fichas; um caso pode ser representado por uma ou mais fichas. Na figura 17, a ficha no lugar início mostra a presença de um caso. Assim que a transição Registrar disparar haverá uma ficha em c1 e outra em c2, que representam o mesmo caso. O número de fichas que haverá em determinado caso é igual ao número de condições satisfeitas. Quando houver ficha no lugar fim, o caso foi finalizado. Em princípio, cada processo deveria obedecer dois requisitos:

- 1- ser possível de realizar por meio da execução das tarefas;
- 2- todas as fichas devem desaparecer para que surja uma ficha no fim.

Esses dois requisitos asseguram que cada caso começado no lugar início será corretamente encerrado. Caso haja tarefas a serem terminadas, não é possível que exista uma ficha no lugar fim.

6 CONCLUSÕES

Este trabalho procurou apresentar, através da tabela 1, um resumo das ferramentas mais utilizadas para modelagem. Podemos concluir que as ferramentas formais são mais precisas e complexas para a modelagem organizacional, e dentro das ferramentas do método formal destaca-se as redes de Petri para a modelagem. A rede de Petri é uma ferramenta gráfica e matemática, que tem um ambiente para modelagem, análise e projeto de sistemas. Uma vantagem da rede de Petri, é que a mesma metodologia pode ser usada para a modelagem, análise qualitativa e quantitativa. É necessária a compreensão do processo, antes de sua implementação real, para garantir sua eficiência. O formalismo torna a rede de Petri, numa poderosa técnica de modelagem na representação dos processos, e permite um rastreamento minucioso de cada etapa da operação, para um objetivo final, que é o incremento da produtividade, através da análise e manutenção de uma operação otimizada.

REFERÊNCIAS

- AALST, W. V. P. van der; HEE, V. K.** *Workflow management: models, methods and systems*. Cambridge: MIT Press, 2002.
- BARROS, J.; ZEIGLER, B. P.** *Adaptive Queueing: A Study Dynamic Structure DEVS*. Int. Trans. Opl. Res., v. 4, n.2, p. 87-98, 1997.
- BERIO, G.; VERNADAT, F.** Enterprise modelling with CIMOSA: functional and organizational aspects. *Production Planning & Control*, v. 12, n.2, p. 128-136, 2001.
- BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I.** *UML Guia do Usuário*. Editora Campus, 1998.
- BUSETTI, M. A.; SANTOS, E. A. P.** *A project methodology applied to automated and integrated manufacturing systems*. Third International Conference on Production Research Americas' Region 2006.
- DÍEZ, A. B. G.** *Modelling Techniques and Technologies to Support Enterprise Interoperability*. D.A1.1.1, 2004 . Acessado www.athena.com , junho 2012.

- DOUMEINGTS, G.; DUCQ, Y.** Enterprise modelling techniques to improve efficiency of enterprises. *Production Planning & Control*, v. 12, n. 2, p. 146-163, 2001.
- GABBAR, H. A.; SUZUKI, K.; SHIMIDA, Y.** Desing of plant safety model in plant enterprise engineering environment. *Reliability Engineering and Systems Safety*, v. 73, p. 35-47, 2001.
- GIRARD, P.; DOUMEINGTS, G.** GRAI-Engineering: a method to model, desing and run engineering desing departments. *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, v. 17, n. 8, p. 716-732, 2004.
- HOLLOWAY, L. E.; GONG, Y.; ASHLEY, J.** *State observability and condition observability for a class of interacting discrete event systems*. *Mathematics and Computers in Simulation*, v. 70, p. 275-286, 2006.
- INAMASU, R.Y.; PÁDUA, S. I. D.; SILVIA, A. R. Y.; PORTO, A.J.V.** *O potencial das redes de petri em modelagem e análise de processos de negócio*. *Gestão & Produção*, v.11, n.1, p.109-119, jan-abr, 2004.
- INTEGRATION DEFINITION FOR FUNCTION MODELING (IDEF0), 1993.**
Acessado www.idef.com, junho 2012.
- KOFMAN, E.** *Discrete Event Simulation of Hybrid Systems*. *Society for Industrial and Applied Mathematics*, v. 25, n.5, p. 1771-1797, 2004.
- KOSANKE, K.** CIMOSA – Overview and status. *Computers in Industry*, v.27, p. 101-109, 1995.
- LIN, P. C.; JENG, D. L.; LIN, P. Y.; JENG, M.** *Management and control of information flow im CIM systems using UML and Petri nets*. *Int. J. Computer Integrated Manufacturing*, v.18, n. 2–3, p.107-121, 2005.
- MARTY, J. C.; SAHRAOUI, A. E. K.; SARTOR, M.** *Statecharts to specify the control of automated manufacturing systems*. *Int. J. Prod. Res.*, v. 36, n. 11, 3183-3215, 1998.
- MAYER, R. J.; CRUMP, J.W; FERNANDES, R.; KEEN, A.; PAINTER, M. K.** *Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) Compedium of Methods Report*. Armstrong Laboratory, Logistics Research Division, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1995.
- MAYER, R. J.; MENZEL, C. P.; PAINTER, M. K.; WITTE, P. S.; BLINN, T.; PERAKATH, B.** *Information Integration for Concurrent Engineering (IICE) IDEF3 Process Description Capture Method Report*. Armstrong Laboratory, Logistics

Research Division, Wright-Patterson Air Force Base, Ohio, 1995. Acessado www.ideal.com, junho 2012.

MERTINS, K.; JOCHEM, R. *Architectures, methods and tools for enterprise engineering*. International Journal of Production Economics, v. 98, p.179-188, 2005.

MERTINS, K.; JOCHEM, R. *Integrated enterprise modelling: a method for the management of change*. Production Planning & Control, v. 12, n. 2, p.137-145, 2001.

MERTINS, K.; JOCHEM, R.; JÄKEL, F. W. *A tool for object-oriented modelling and analysis of business process*. Computers in Industry, v. 33, p.345-356, 1997.

PIDD, M. *Modelagem Empresarial*. Editora Bookman, 1998.

RYAN, J.; HEAVY, C. *Process modelling for simulation*. Computers in Industry, v.57, p.437-450, 2006.

SOUZA, G. W. L.; CARPINETTI, L. C. R.; GROESBECK, R. L.; AKEN, E. V. *Conceptual design of performance measurement and management systems using a structured engineering approach*. International Journal of Productivity and Performance Management, v.54, n.5/6, p.385-399, 2005.

TRANORIS, C.; THRAMBOULIDIS, K. *A tool supported engineering process for developing control applications*. Computers in Industry, v. 57, p. 462-472, 2006.