

PUC

Série: Monografias em Ciência da Computação,
No. 1/91

EMSL (EXTENDED SYSTEMS MODELING LANGUAGE) - UMA REVISÃO DA
APRESENTAÇÃO, ESTRUTURA, NOTAÇÃO E CONTEÚDO

Bruno Maffeo

Departamento de Informática

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO
RUA MARQUÊS DE SÃO VICENTE, 225 - CEP-22453
RIO DE JANEIRO - BRASIL

PUC RIO - DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA

Série: Monografias em Ciência da Computação, No. 1/91

Editor: Carlos J. P. Lucena

Março, 1991

EMSL (EXTENDED SYSTEMS MODELING LANGUAGE) - UMA REVISÃO DA
APRESENTAÇÃO, ESTRUTURA, NOTAÇÃO E CONTEÚDO *

Bruno Maffeo

* Parte deste trabalho foi realizada durante a visita do autor ao Department for Foundations of Information Technology of GMD (Sankt Augustin), em estadia parcialmente patrocinada pelo Convênio Especial CNPq/GMD sobre Cooperação Científico-Tecnológica.

O restante do patrocínio é devido à Secretaria de Ciência e Tecnologia da Presidência da República do Brasil.

Responsável por publicações:

Rosane Teles Lins Castilho
Assessoria de Biblioteca, Documentação e Informação
PUC RIO, Departamento de Informática
Rua Marquês de São Vicente, 225 - Gávea
22453 - Rio de Janeiro, RJ
BRASIL

Tel.: (021) 529-9386
BITNET: userrtlc@lncc.bitnet

TELEX: 31078

FAX: (021) 274-4546

ABSTRACT

ESML (Extended Systems Modeling Language) has been reviewed, aiming at a more clear, structured and systematic presentation of its concepts, as well as the formation and execution rules of the Activities Schema (Transformation Schema as is designated in ESML). We expect that the result of this effort may increase the insight of the professional who wants to employ this representation language to model real-time systems.

Some existing ambiguities in the original presentation were removed and some important concepts, formerly contained in the Ward and Mellor previous publications, were explicitly represented. Special care was exercised in reference to terminology.

RESUMO

Foi realizada a revisão da ESML ("Extended Systems Modeling Language"), visando apresentar sua conceituação, bem como as regras de formação e de execução do Esquema de Atividades (Transformation Schema é a designação usada na ESML), de forma mais clara, completa, estruturada e sistemática. Visou-se, dessa forma, auxiliar o profissional que deseje empregar essa linguagem de representação para modelar sistemas de tempo-real.

Procurou-se eliminar algumas ambigüidades existentes na apresentação original da ESML, bem como resgatar explicitamente alguns conceitos importantes existentes na literatura precursora de autoria de Ward e Mellor.

Especial cuidado foi exercido na parte referente à terminologia.

PALAVRAS-CHAVE

ESML, linguagem de representação, sistema, modelo, sistema sócio-técnico, sistema de tempo-real, controle, monitoração, simulação, modelagem da essência, execução esquemática.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO

ATIVIDADES

- . PROPÓSITO DA ATIVIDADE
- . NÍVEL DE AGREGAÇÃO DA ATIVIDADE
- . MODO DE CONTROLE
- . DESCRIÇÃO DA NOTAÇÃO GRÁFICA

CONEXÕES

- . CONEXÕES POR FLUXOS
 - .. CONTEÚDO DO FLUXO
 - .. DINÂMICA DO FLUXO
 - .. ESTRUTURADO CONTEÚDO DO FLUXO
 - .. NÍVEL DE AGREGAÇÃO DO FLUXO
 - .. DESCRIÇÃO DA NOTAÇÃO GRÁFICA
- . CONEXÕES POR DEPÓSITOS
 - .. PERSISTÊNCIA DO CONTEÚDO DO DEPÓSITO
 - .. ESTRUTURA DO CONTEÚDO DO DEPÓSITO
 - .. NÍVEL DE AGREGAÇÃO DO DEPÓSITO
 - .. DESCRIÇÃO DA NOTAÇÃO GRÁFICA

TERMINADORES

INTERAÇÕES ENTRE UNIDADES FUNCIONAIS EM UM ESQUEMA DE ATIVIDADES

- . A MODELAGEM DA DINÂMICA DO SISTEMA
- .. ESPECIFICAÇÃO DE UMA ATIVIDADE DE CONTROLE
- ... DIAGRAMA DE ESTADOS E TRANSIÇÕES (DET)
- ... TABELA E ATIVAÇÃO (TA)
- .. MUDANÇAS DE ESTADO DEVIDAS A COMANDOS DE ENTRADA
- .. ATIVAÇÃO E DESATIVAÇÃO DE ATIVIDADES OPERACIONAIS
- . MODOS DE ESTIMULAÇÃO DE ATIVIDADES
- .. ESTIMULAÇÃO DE ATIVIDADE OPERACIONAL
- .. ESTIMULAÇÃO DE ATIVIDADE DE CONTROLE
- . ACESSOS DE ATIVIDADES A DEPÓSITOS

REGRAS DE FORMAÇÃO DE ESQUEMAS DE ATIVIDADES

- . ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR FLUXOS
- . ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR DEPÓSITOS PERMANENTES
- . ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR DEPÓSITOS TEMPORÁRIOS
- . ENTRADAS E SAÍDAS DE ATIVIDADES

REGRAS DE EXECUÇÃO DE ESQUEMAS DE ATIVIDADES

- . TOKEN
- . COLOCAÇÃO DE TOKENS
- .. ATIVIDADE OPERACIONAL
- .. ATIVIDADE DE CONTROLE
- .. FLUXO CONTÍNUO
- .. FLUXO INTERMITENTE
- .. DEPÓSITO TEMPORÁRIO

- . INTERAÇÃO BASEADA EM TOKENS
- .. FLUXOS DE ENTRADA INTERMITENTES QUE TRANSPORTAM VALOR E ATIVIDADES OPERACIONAIS
- .. COMANDOS DE DISPARO E ATIVIDADES OPERACIONAIS
- .. COMANDOS DE HABILITAÇÃO/INABILITAÇÃO (OU RETOMADA/SUSPENSÃO) E ATIVIDADES OPERACIONAIS
- .. SINAIS DE ENTRADA E ATIVIDADES DE CONTROLE
- .. COMANDOS DE ENTRADA E ATIVIDADES DE CONTROLE (ORGANIZAÇÃO HIERÁRQUICA DO CONTROLE)
- .. DEPÓSITOS TEMPORÁRIOS E ATIVIDADES OPERACIONAIS
- .. DEPÓSITOS TEMPORÁRIOS E ATIVIDADES DE CONTROLE
- . COLOCAÇÃO MÚLTIPLA DE TOKENS
- . ESTADOS MÚLTIPLOS SIMILARES
- . EXECUÇÃO ESQUEMÁTICA
- .. PREPARAÇÃO
- .. EXECUÇÃO

CONCLUSÃO

1 Introdução

Nos últimos anos, vários esforços independentes [1-5] têm sido feitos no sentido de dotar o Diagrama de Fluxos de Dados (DFD) com extensões adequadas para modelar sistemas de monitoração e/ou controle que apresentem dinâmica complexa.

Normalmente, tais sistemas, ditos de "tempo-real", são sub-sistemas de sistemas mais abrangentes [6] que caracterizam um ambiente externo dominado pela ocorrência de eventos fortemente inter-relacionados e aos quais o sub-sistema deve reagir convenientemente para monitoração e/ou controle.

Pelo que de melhor conhecemos, a publicação mais recente [5] nessa direção reporta uma convergência de esforços para uma Linguagem Estendida para Modelagem de Sistema (ESML - Extended Systems Modelling Language) baseada numa representação em rede de **elementos funcionais ativos e passivos** que foi denominada Esquema de Transformações (TS - Transformation Schema) pelos autores. Por sua vez, o TS fundamenta-se no DFD, acrescentando a este capacidade para representar, superpostamente, o que poderia ser denominado um Diagrama de Fluxos de Controle (DFC).

No curso de trabalho de pesquisa recente [7], onde procuramos estabelecer uma representação rigorosa de construções do TS em termos do formalismo de Redes de Petri (elementares e compactas), verificamos que o material apresentado na literatura que nos serviu de base [1-5] carecia de precisão em vários aspectos, a saber:

- . os elementos básicos da ESML não foram classificados com suficiente cuidado de modo a evitar interpretações ambíguas;
- . a terminologia usada nas regras de formação de um TS apresenta aspectos capazes de confundir o leitor mais atento;
- . a definição proposta para o TS, por não aproveitar explicitamente a natureza recursiva do conceito de sistema [6], introduz na ESML elementos desnecessários e esconde parcialmente a natureza de rede (em princípio, infinita) do esquema;
- . várias características importantes da ESML foram apresentadas em linguagem textual basicamente informal, quando ilustrações gráficas ou uma linguagem semi-formal teria sido mais objetiva e evitado ambigüidades;
- . o conceito de "depósito de eventos ("event store"), embora útil, parece ter sido abandonado na rota da obtenção de um formalismo consensual e sua apresentação original [1], como algo análogo a um semáforo não situa o conceito no nível de abstração mais adequado para a modelagem pretendida;

- . as "regras de execução" propostas para o TS não contemplam o conceito importante de "evento temporal" --ou "evento sinalizado por fluxo virtual" [8]--, pois, em ESML, a este tipo de evento não se associa qualquer elemento de modelagem que sinalize explicitamente sua ocorrência.
- . o aparente abandono progressivo [1;5,6] da segmentação entre aspectos de controle e aspectos operacionais, diminuindo a importância de uma heurística que pode auxiliar significativamente a modelagem de sistemas que devem lidar com dinâmicas complexas existentes no ambiente em que estão inseridos.

Como, no intento de formalizar essa linguagem de representação em termos de Redes de Petri, tivemos que descrever a ESML de modo bastante disciplinado, a fim de corretamente explicitar as intenções de seus diversos criadores, pensamos que esse esforço de organização, preliminar a nosso trabalho de formalização, poderia ser útil a usuários, atuais e potenciais, dessa ESML.

Nessas condições, o objetivo deste trabalho é apresentar uma revisão, que esperamos mais completa e compreensível, de uma linguagem de representação destinada à modelagem de dinâmica complexa.

Visando limitar o escopo dessa revisão, não nos preocupamos com apresentar exemplos ilustrativos dos conceitos abordados. Apesar de tornar mais árida a leitura do texto, tivemos em mente um público-alvo já familiarizado com os temas abordados. Mesmo os leitores que desconhecem esses temas poderão encontrar exemplos abundantes na literatura [1-5] citada.

O Esquema de Atividades é o tema central deste trabalho.

Trata-se de uma representação gráfica de "padrões de atividade", ou seja, trata-se de uma linguagem de representação gráfica que vai privilegiar a descrição de alguma forma de organização dos **elementos funcionais ativos** do padrão organizacional que se pretende modelar.

Este é o termo que, por parecer-nos mais adequado, adotamos para substituir Esquema de Transformações (TS-Transformation Schema), termo usado na ESML.

A linguagem de representação descrita a seguir é, assim como o TS, inspirada no Diagrama de Fluxos de Dados (DFD), ferramenta conceitual de modelagem amplamente utilizada em *Análise Estruturada --a rigor, Análise Funcional--* para representar padrões de atividade de sistemas de processamento de dados tradicionais (os chamados "*sistemas comerciais*" do tipo: "folha de pagamento", "contabilidade", "contas a pagar/receber", "controle de estoque" etc.) [1-6].

Essa linguagem pode ser empregada tanto a nível do Modelo da Essência quanto a nível do Modelo da Implementação, na estrutura de modelos proposta na referência [1].

No Modelo da Implementação, ao ser elaborado o Modelo da Configuração de Módulos, pôde ser demonstrada [8] sua estreita compatibilidade com o Diagrama Hierárquico de Módulos, tradicionalmente utilizado na disciplina de Projeto Estruturado [9-13].

Formalmente, um Esquema de Atividades deve ser entendido como uma rede de "nodos" legendados, denotando atividades, interligados por duas categorias de "arcos", também legendados, denotando conexões.

Os elementos básicos de um Esquema de Atividades são:

- . atividades;
- . conexões por fluxos;
- . conexões por depósitos.

Nos acessos de entrada (leitura) e/ou de saída (escrita) a depósitos a perspectiva adotada é a da atividade que está ligada ao depósito pelo "ramo de conexão".

A FIGURA 1 ilustra esses elementos através de uma visão geral. Vale ressaltar que o "depósito temporário" cujo descritor esteja associado a um "sinal" é equivalente ao "event store" introduzido por Ward e Mellor [1] o qual foi, a nosso ver indevidamente, suprimido da ESML - Extended Systems Modelling Language [3].

Trataremos, no que segue, esses dois conceitos --atividades e conexões--, que constituem os elementos básicos de um Esquema de Atividades.

2 Atividades

Um Esquema de Atividades modela elementos funcionais ativos e passivos do recorte do mundo "real" que está sendo estudado. O foco da modelagem, nesse caso, são os elementos funcionais ativos, as "atividades".

Uma "atividade" modela as ações de processamento realizadas sobre o conteúdo dos elementos passivos que a conectam a outras atividades presentes no esquema.

Exemplos de conteúdo são:

- . valores de elementos de dados transportados por fluxo de dados incidente sobre a atividade (*entrada de dados*) ou emergente da atividade (*saída de dados*);
- . informação de controle transportada por fluxo de controle incidente sobre a atividade (*entrada de controle*) ou emergente da atividade (*saída de controle*);
- . valores de elementos de dados armazenados em depósito acessível à atividade para leitura (*entrada de dados armazenados*) ou escrita (*saída de dados a ser armazenados*).

Em qualquer caso, o conteúdo será *usado* ou *consumido*, representando uma entrada para a atividade, ou será *produzido*, representando uma saída da atividade.

Compativelmente com o que é prescrito no sistema de modelagem proposto por Ward e Mellor [9], a notação gráfica --a ser descrita mais adiante-- associada ao conceito de "atividade" será interpretada diferentemente conforme o modelo construído:

- . função, quando referir-se ao Modelo da Essência;
- . processador, quando referir-se ao Modelo da Configuração de Processadores;
- . processo, quando referir-se ao Modelo da Configuração de Processos;
- . módulo, quando referir-se ao Modelo da Configuração de Módulos.

Outras formas de categorização do conceito de atividade serão abordadas no que segue.

2.1 Propósito da Atividade

Tendo em vista seu *propósito*, atividades podem ser classificadas como:

- "atividade operacional", conceito empregado para modelar a parte operativa do trabalho que o sistema deverá executar para produzir os resultados desejados.

Uma "atividade operacional" modela ações do seguinte tipo:

- receber, manipular, produzir, consultar, alterar (inserir, suprimir ou modificar), transportar e recuperar valores que estão fluindo ou que estão armazenados no sistema;
- simular, monitorar, monitorar/controlar valores pertencentes ao ambiente externo.

Essas ações são executadas de duas formas possíveis: seja sem controle algum, seja sob o controle de uma atividade de controle específica.

- "atividade de controle", conceito empregado na modelagem do controle que seja necessário exercer na porção do mundo "real" em estudo --*um sistema sócio-técnico, por exemplo*--, visando especificar quando e por quanto tempo outras atividades podem executar suas ações.

Levando em conta que o atendimento dos objetivos de sistemas sócio-técnicos genéricos exige, de modo geral, o processamento de material e de energia, além de informação, não restringiremos a esta última categoria o conteúdo a ser processado pelas atividades presentes em um Esquema de Atividades.

No caso de sistemas de controle e/ou monitoração possuindo dinâmica complexa, o domínio dessa complexidade é melhor exercido através de uma segmentação que distinga o "processamento (da informação) de controle" --*a ser executado por "atividade de controle"*-- do "processamento de dados_(informação operacional)/material/energia" --*a ser executado por "atividade operacional"*.

2.2 Nível de Agregação da Atividade

Tendo em vista seu **nível de agregação**, atividades podem ser classificadas como:

"atividade primitiva", considerada como uma unidade funcional que não está decomposta em termos de outro Esquema de Atividades --em outros termos, se uma "atividade primitiva", para ser rigorosamente entendida, requerer alguma documentação adicional, esta deve expressar-se em termos de uma linguagem de representação distinta de um Esquema de Atividades;

"atividade não-primitiva (ou, "atividade agregada")", considerada como uma unidade funcional ativa que agrega (*semanticamente*) diversas atividades (primitivas ou não) e que, em consequência, deve ser representada por um Esquema de Atividades de mais baixo nível de abstração.

Esse esquema constitui o **detalhamento** (ou a **decomposição**) da *atividade não-primitiva*.

O relacionamento entre uma "atividade não-primitiva" e seu "detalhamento" (ou sua "decomposição") obedece a um "**princípio de equivalência**": isto é, o Esquema de Atividades de mais baixo nível de abstração é (*semanticamente*) equivalente à atividade não-primitiva associada.

Em outras palavras, esse Esquema de Atividades de mais baixo nível de abstração pode, no modelo, substituir a atividade não-primitiva da qual é um detalhamento [2].

Esse "**princípio de equivalência**" distingue-se do "**princípio de subordinação**" --presente, por exemplo, na hierarquia de um Modelo da Configuração de Módulos de um sistema-- pelo fato de que, neste último caso, as ações da atividade de nível superior só se completam com a contribuição das ações associadas às atividades subordinadas.

No caso de uma "**equivalência semântica**" o esquema detalhado pode substituir a atividade não-primitiva enquanto que numa "**relação de subordinação**" --como, por exemplo, a representada por um módulo que subordina, através de um "protocolo de chamada de sub-rotina", um conjunto de módulos-- tal substituição não pode, em geral, ocorrer.

Aplicado recursivamente, esse processo de agregação visa a **redução da complexidade** de diagramas que contenham um número excessivo --maior do que dez-- de atividades.

É claro que a complexidade do modelo global não diminui ao aplicar-se esse recurso de forma arbitrária. Pode, até mesmo, ocorrer que essa complexidade aumente. Entretanto, com a aplicação de critérios "naturais" de agregação, é possível obter-se modelos globais mais simples.

Em outras palavras, o modelo global passa a apresentar uma estrutura funcional mais modular, com interfaces mais fáceis de entender, dando maior visibilidade ao papel desempenhado por cada diagrama resultante do processo de segmentação.

Como regra, uma "atividade operacional não-primitiva" pode agregar atividades operacionais e atividades de controle enquanto que uma "atividade de controle não-primitiva" pode agregar somente atividades de controle.

2.3 Modo de Controle

O "modo de controle" de uma atividade pode ser uma das seis combinações seguintes:

. "alerta (com ou sem "comando de pausa)": a atividade pode, permanentemente, executar ações e não pode receber "comando de disparo" ou "comando de habilitação/inabilitação";

. "disparada (com ou sem "comando de pausa)": a atividade pode executar ações somente após ter recebido um "comando de disparo".

Uma atividade disparada executa ações que se iniciam imediatamente após o recebimento do comando e que terminam "naturalmente", isto é, as ações terminam sem intervenção de uma atividade de controle;

. "habilitada/inabilitada" (com ou sem "comando de pausa)": a atividade só pode executar ações após ter recebido um "comando de habilitação" e antes de ter recebido um "comando de inabilitação".

Uma atividade, ao receber um "comando de inabilitação", "esquece" quaisquer resultados intermediários e recomeça suas ações desde o início por ocasião do recebimento do "comando de habilitação" subsequente.

Uma atividade de controle que receba um "comando de inabilitação" *inabilita* imediatamente todas as atividades operacionais ou de controle habilitadas que lhe são subordinadas e entra no "modo de controle" inabilitada.

Uma vez iniciadas suas ações, uma atividade com um "comando de pausa" pode ser suspensa e, mais tarde, retomada ao receber o comando correspondente.

Nos três casos considerados acima, uma atividade, ao receber um "comando de retomada", "recorda" seus resultados intermediários e o contexto do sistema existente no momento em que recebeu o "comando de suspensão" e retoma suas ações no ponto em que foram interrompidas.

Quando uma atividade no estado "alerta" ou no estado "habilitada" estiver executando ações, o termo "alerta" ou "habilitada" pode ser substituído, caso seja conveniente, pelo termo "ativa". Quando a atividade não estiver executando ações, o termo "alerta" ou "habilitada" pode ser substituído, caso seja conveniente, pelo termo "ociosa" ("idle").

2.4 Descrição da Notação Gráfica

Atividades (*funções, processadores, processos e módulos*) são representadas por retângulos fechados --por linha cheia, no caso de atividade operacional, e por linha vazada, no caso de atividade de controle--, com estrutura interna tripla.

A notação gráfica de uma atividade incorpora:

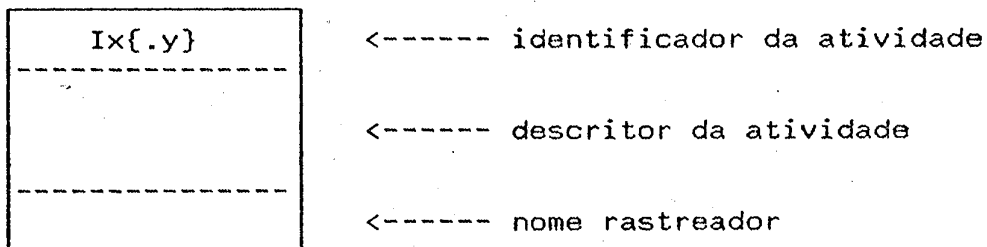
- um identificador, que permite o rastreamento não ambíguo da atividade.

Um asterisco, colocado ao lado do "identificador", poderá indicar que a atividade não possui detalhamento gráfico: é uma "atividade primitiva", à qual, em geral, estará associada uma descrição detalhada em termos de outra linguagem de representação, semi-gráfica ou textual.

- um descritor, que descreve sucintamente, *através de frase contendo verbo no "infinitivo" ou no "presente indicativo", o resultado da ação da atividade sobre os fluxos/acessos de entrada;*
- quando conveniente, um nome, que identifique o agente da atividade ou o local onde esta se desenvolve, ou referencie o identificador de alguma outra atividade.

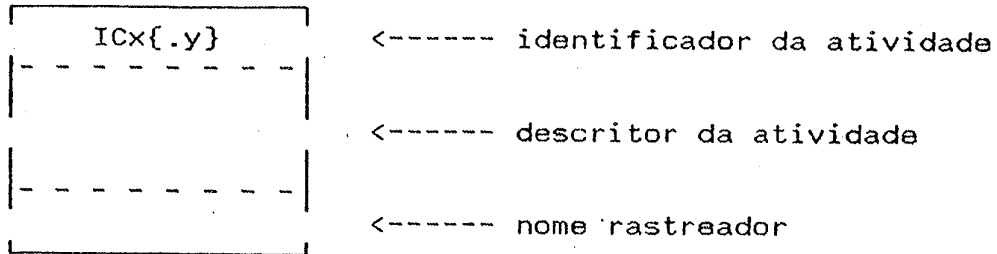
Conforme será visto posteriormente, ao abordarmos a construção do Modelo da Implementação, esse nome desempenha importante papel no rastreamento de funções, processadores, processos e módulos.

Representando graficamente uma atividade operacional:



I = F para "função", PR para "processador",
P para "processo" e M para "módulo"
x,y = natural seqüencial
{ } indica possível iteração

Representando graficamente uma atividade de controle:



I = F para "função", PR para "processador"
P para "processo" e M para "módulo"
x,y = natural seqüencial
{ } indica possível iteração

3 Conexões

Na interpretação considerada para um **Esquema de Atividades**, como uma rede de "*nodos*" --*atividades*-- interligados por duas categorias de "*arcos*" --*conexões*--, estes últimos desempenham o papel de modelar os **elementos funcionais passivos** do sistema em estudo.

Duas categorias de conexões procuram modelar as formas comuns de interação existentes entre atividades no interior de um sistema do mundo "real":

- . "**conexões por fluxo**", que modelam, *do ponto de vista da execução das ações associadas às atividades conectadas, relações de causa e efeito --e; às vezes, até mesmo relações de sincronismo.*

Através de uma "**conexão por fluxo**", as atividades conectadas interagem diretamente;

- . "**conexões por depósito**", que modelam, do ponto de vista da execução das ações associadas às atividades conectadas, apenas atividades que interagem **indiretamente**, assincronamente, não existindo, portanto, entre elas, relações de causa e efeito.

Convém ressaltar o entendimento que está sendo empregado, neste contexto, para o termo "**relação de causa e efeito**".

Uma **conexão por fluxo** determina uma relação causal entre as atividades conectadas tal que, quando ocorre a produção de uma saída pela atividade que ocupa a "*origem da conexão*", tal fato **causa** o seguinte efeito: a atividade que ocupa o "*destino da conexão*" recebe **obrigatoriamente** essa saída, considera o conteúdo do fluxo como a **entrada** a ser processada e inicia **imediatamente** seu processamento.

Na "*modelagem de essência*" do sistema, onde apenas sua funcionalidade deve ser registrada, considera-se nula a "**duração do trajeto**" entre a "*origem da conexão*" e o "*destino da conexão*".

Convém observar que essa é uma forma extremada de "abstrair" o conceito de "**duração do trajeto**", forma necessária apenas para manter a compatibilidade com o conceito de "**tecnologia ideal**" ("**perfect technology**", na designação original) introduzido por McMenamin e Palmer [16].

Esse conceito visou a identificação de um instrumento metodológico de análise, suficientemente operacional, que auxiliasse, na prática, o modelador a evitar que seu Modelo da Essência contivesse aspectos de implementação.

Em outras palavras, tem-se buscado uma forma objetiva de especificar a "**funcionalidade essencial**" de um sistema e o conceito de "**tecnologia ideal**" ajuda essa busca, ao fim da qual pretende-se obter um modelo **abstraido** de aspectos relacionados com "*duração*", "*falha*", "*otimização de desempenho*" etc..

Entretanto, deve ser observado que "*duração nula*" não é uma abstração correta de "*duração*", da mesma forma que o número zero não é uma abstração dos números naturais não nulos. Assim, é conveniente assinalar que, mesmo que o conceito de "*tecnologia ideal*" torne mais operacional o processo de "*modelagem da essência*" ("*abstração dos aspectos ligados a alternativas de implementação do sistema*"), trata-se de conceito que precisa ser usado com cautela e respeitando o escopo para o qual foi criado.

Uma crítica pertinente que pode ser feita a esse conceito relaciona-se justamente com a característica de "*tornar nulos*" o prazo para a execução de atividades e para a duração do trajeto percorrido pelo conteúdo de fluxos. Como trata-se de característica sem possibilidade de implementação, ela inibe desnecessariamente que o Modelo da Essência possa ser considerado uma "*especificação de requisitos*" realista.

Uma conexão por depósito determina uma relação não-causal entre as atividades conectadas tal que, quando ocorre a produção de uma saída pela atividade que ocupa a "*origem da conexão*", a atividade que ocupa o "*destino da conexão*" não recebe "*imediate*" e obrigatoriamente o conteúdo dessa saída. De fato, esta atividade buscará esse conteúdo quando e se for de interesse para suas ações de processamento. Inclusive, podem existir situações em que a interação indireta entre as duas atividades conectadas nunca será efetivada.

Convém salientar que, quando o termo "*compartilhamento*" é usado para significar uma forma específica de implementação para a interação entre atividades, uma "*conexão por depósito*" não modela, necessariamente, "*compartilhamento de informação/material/energia*" entre as atividades conectadas.

Vamos, a seguir, descrever em maior detalhe cada uma dessas categorias de conexão.

3.1 Conexões por Fluxos

Uma "*conexão por fluxo*" --abreviadamente, um "*fluxo*"-- modela um relacionamento causal entre as atividades interligadas, expressando que a produção de uma saída pela atividade situada na origem da conexão, que define o conteúdo transportado pela conexão, causa a necessidade de uma resposta imediata por parte da atividade situada no destino da conexão, a partir do momento em que o conteúdo atinge esse destino.

De modo geral, um fluxo modela um elemento funcional passivo do mundo "real", que poderá estar indicando deslocamento de: dados (informação operacional), material, energia ou informação de controle.

Cada elemento de um "fluxo de informação operacional contínuo", de uma atividade operacional recém-inabilitada, receberá um valor "pré-determinado" ("default value"), que pode ser "o valor transportado pelo fluxo no momento da inabilitação", "um valor constante" ou "o valor nulo ("null value")".

Dependendo do nível de abstração da descrição, um fluxo poderá indicar um meio físico de suporte a informação.

O conceito de "fluxo" merece uma categorização específica relacionada com essas e outras características.

3.1.1 Conteúdo do Fluxo

Tendo em vista seu *conteúdo*, fluxos podem ser classificadas como:

- "fluxo que não transporta valor", considerado como uma unidade funcional passiva que não possui conteúdo valorizável, associando-se sempre, a cada ocorrência, à mesma informação de controle.

Isto é, cada instância do fluxo contém a mesma informação de controle, designada pela legenda, única e invariante, do fluxo;

- "fluxo que transporta valor", considerado como uma unidade funcional passiva que possui conteúdo valorizável, associando-se sempre, a cada ocorrência, a dado, material ou energia.

Isto é, cada instância do fluxo contém valor(es), possivelmente distinto(s) do(s) valor(es) transportados pela instância anterior, referente(s) a dado(s), material ou energia.

Adicionalmente, um "fluxo que não transporta valor", isto é, um "fluxo de controle", pode ser classificado como um "sinal" ou um "comando".

Um "sinal" serve para indicar a ocorrência de um evento que desempenhe papel relevante para os aspectos de controle do Esquema de Atividades.

Um "comando", que possui interpretação padronizada, modela o controle imposto por uma atividade de controle sobre outra atividade do esquema.

Um "comando de entrada/saída" --relativamente a uma atividade de controle-- pode ser um dos listados a seguir:

- "comando de disparo": dispara uma atividade, cuja execução normal termina automaticamente sem quaisquer intervenções externas;
- "comando de habilitação": permite a execução de uma atividade;
- "comando de inabilitação": aborta a execução de uma atividade;

- . "comando de ativação": combina a funcionalidade dos comandos de "habilitação" e de "inabilitação";
- . "comando de suspensão": interrompe a execução de uma atividade;
- . "comando de retomada": re-inicia a execução de uma atividade interrompida;
- . "comando de pausa": combina a funcionalidade dos comandos de "suspensão" e de "retomada".

Convém ter em mente que um "fluxo que transporta valor", associado a dados (informação operacional), material ou energia, contém, respectivamente, valores referentes a dados (informação operacional), material ou energia que sejam encaminhados a ou produzidos por atividades.

3.1.2 Dinâmica do Fluxo

Tendo em vista sua *dinâmica*, fluxos podem ser classificadas como:

- . "fluxo contínuo": transporta conteúdo (*dados --informação operacional--*, *material ou energia*) que permanece disponível durante intervalo de tempo finito, eventualmente mudando de valor a cada instante do intervalo.

Os valores transportados pelo fluxo podem ser representados por uma função contínua do tempo;

- . "fluxo intermitente (ou, "fluxo discreto")": transporta conteúdo (*dados --informação operacional--*, *material, energia ou informação de controle*) que só se torna disponível ocasionalmente, cada instância num instante único do tempo.

3.1.3 Estrutura do Conteúdo do Fluxo

Tendo em vista a *estrutura de seu conteúdo*, fluxos podem ser classificadas como:

- . "fluxo não-estruturado: transporta somente valores atômicos;
- . "fluxo estruturado": transporta valores estruturados de complexidade arbitrária.

3.1.4 Nível de Agregação do Fluxo

Tendo em vista seu *nível de agregação*, fluxos podem ser classificadas como:

- . "fluxo primitivo": não está decomposto em um Esquema de Atividades;
- . "fluxo não-primitivo (ou, "fluxo agregado)": decompõe-se em termos de outros fluxos presentes em um Esquema de Atividades de mais baixo nível de abstração; uma instância de um "fluxo não-primitivo" corresponderá a, **exclusivamente**, uma instância de um dos fluxos pertencente a sua decomposição.

Um "fluxo contínuo não-primitivo (ou, "fluxo contínuo agregado")" pode representar uma agregação de um conjunto que pode incluir fluxos contínuos e intermitentes (discretos) enquanto que um "fluxo intermitente não-primitivo" representa a agregação de um conjunto que só pode incluir fluxos intermitentes.

3.1.5 Descrição da Notação Gráfica

Fluxos são representados por segmentos de reta orientados (ramos de conexão) --*segmento em linha tracejada no caso de fluxo de controle e em linha cheia nos outros casos*-- associados a um texto.

A notação gráfica de um fluxo incorpora:

- . um descritor, que descreve sucintamente, *através de termo "substantivo"*, a informação *(dados/controle)* ou a natureza do material/energia transportada pelo fluxo;
- . quando conveniente, um comentário (delimitado por asteriscos), que acrescente algo relevante ao processo de modelagem para o qual o fluxo esteja contribuindo.

Em Esquemas de Atividade onde coexistam fluxos de natureza muito diversificada (*dados, controle, material, energia, primitivo, não-primitivo etc.*), pode ser conveniente utilizar notação que distinga cada tipo de fluxo (*por exemplo, segmentos de reta mais espessos, traço duplo, traço-ponto, cores etc.*).

Representando graficamente um **fluxo**:

dados,
material,
energia:

controle:

descriptor
----->
(intermitente
ou discreto)

descriptor
----->>
(contínuo)

descriptor -----> sinal

-----D	comando de disparo
-----H	comando de habilitação
-----I	comando de inabilitação
-----A	comando de ativação (par H/I)
-----S	comando de suspensão
-----R	comando de retomada
-----P	comando de pausa (par S/R)
-----X	= D H I A S R P

3.2 Conexões por Depósitos

Uma "conexão por depósito" --abreviadamente, um "depósito"-- modela um relacionamento não-causal entre as atividades interligadas, expressando que a atividade situada no destino da conexão tem um acesso independente ao conteúdo tornado disponível pela atividade situada na origem da conexão.

De modo geral, um depósito modela um elemento funcional passivo do mundo "real", que poderá estar indicando:

- . armazenamento de informação_(dados ou sinais)/material/energia no interior do sistema ou no ambiente externo;
- . estacionamento do conteúdo de fluxo durante seu trajeto através do sistema ou do ambiente externo.

Sempre modelará "algo em repouso", isto é, algo que está acessível a pelo menos uma atividade e que permanecerá passivamente nesse repositório a partir do momento em que ali foi depositado por alguma atividade. A noção de passividade empregada na modelagem de sistemas sócio-técnicos refere-se estritamente ao fato de que um elemento funcional passivo não processa informação_(dados ou sinais)/material/energia.

Um depósito é um repositório contendo zero ou mais "instâncias de informação/material/energia" ("registros"), cujo limite representa a capacidade do depósito e cujo conteúdo tem possivelmente alguma estrutura interna.

A estrutura interna de uma "instância de informação operacional" (por exemplo, um "registro de dados") corresponde um conjunto de "atributos" (por exemplo, "campos de dados") que pode possuir estrutura arbitrariamente complexa.

Dependendo do nível de abstração da descrição, um depósito poderá estar modelando um meio físico de armazenamento ou atendendo ao objetivo de modelar retardamentos intencionais no processo de transmissão de informação_(dados ou sinais)/material/energia no interior do sistema (visando, por exemplo, aumentar sua eficiência através do processamento de lotes).

O conceito de depósito requer uma categorização adicional relacionada com algumas outras de suas propriedades.

3.2.1 Persistência do Conteúdo do Depósito

Tendo em vista a *persistência de seu conteúdo* na ocasião de um acesso de entrada, depósitos podem ser classificados como:

- . "depósito permanente": por ocasião de um *acesso de entrada --do ponto de vista da atividade que efetua o acesso, trata-se de um "acesso ou ação de leitura" da atividade sobre o depósito--*, o conteúdo de um depósito permanente só pode ser usado, não consumido.

Isto é, o conteúdo persiste após o acesso de entrada o qual, aliás, pode ocorrer continuamente ao longo do tempo.

Evidentemente, o conteúdo de um "depósito permanente" poderá ser alterado.

Isto ocorrerá através de um processo de alteração (inserção, eliminação ou modificação de "registros") do conteúdo do depósito, modelado por um acesso de saída --do ponto de vista da atividade que efetua o acesso, trata-se de um "acesso ou ação de escrita" da atividade sobre o depósito.

Esse tipo de acesso pode, também, ocorrer continuamente ao longo do tempo;

- . "depósito temporário (ou "transitório)": por ocasião de um acesso de entrada, o conteúdo é consumido pela atividade.

Mais precisamente, o conteúdo de um "depósito temporário" ("*buffer*") pode ser organizado de formas particulares para atender a necessidades específicas de acesso --*FIFO (fila), LIFO (pilha), por exemplo.* Itens (*associados a "sinais", "dados", "material" ou "energia"*) são consumidos pela atividade quando acessos de entrada são realizados. Esses acessos podem ocorrer continuamente ao longo do tempo.

3.2.2 Estrutura do Conteúdo do Depósito

Tendo em vista a *estrutura de seu conteúdo*, depósitos podem ser classificados como:

- . "depósito não-estruturado": armazena somente valores atômicos;
- . "depósito estruturado": armazena valores estruturados de complexidade arbitrária.

3.2.3 Nível de Agregação do Depósito

Tendo em vista seu nível de agregação, depósitos podem ser classificadas como:

- . "depósito primitivo": não está decomposto em um Esquema de Atividades;
- . "depósito não-primitivo (ou, "depósito agregado)": decompõe-se em termos, exclusivamente, de outros depósitos presentes em um Esquema de Atividades de mais baixo nível de abstração.

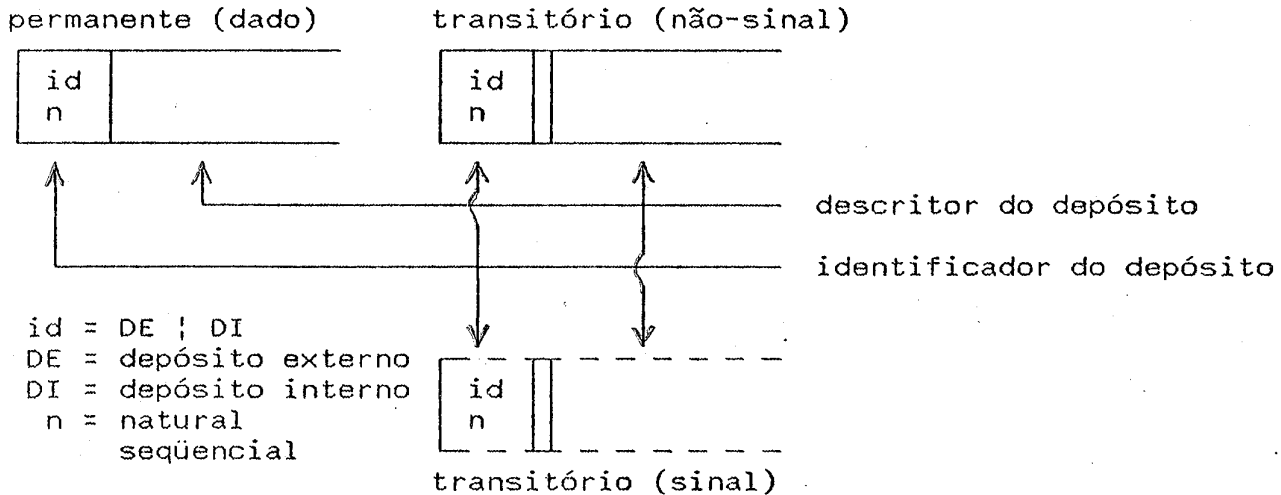
3.2.4 Descrição da Notação Gráfica

Depósitos são representados por retângulos --limitados por linhas tracejadas quando associados a controle e por linhas cheias nos outros casos-- abertos no lado direito, com estrutura interna dupla --separada por barra vertical simples no caso de depósitos de dados e por barra vertical dupla nos outros casos.

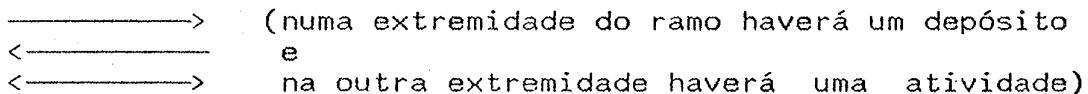
A notação gráfica de um depósito incorpora:

- . um identificador, que permite o rastreamento não ambíguo do depósito;
- . um descritor, que descreve sucintamente a informação_(dados/sinais) ou a natureza do material/energia armazenada pelo depósito;
- . quando conveniente, um comentário (delimitado por asteriscos), que acrescente algo relevante ao processo de modelagem para o qual o depósito esteja contribuindo;
- . eventualmente, um símbolo de replicação (por exemplo, um asterisco colocado junto ao identificador) quando, para melhorar a legibilidade de um Esquema de Atividades, decidir-se replicar um dado depósito.

Representando graficamente um depósito (apenas um único tipo de conteúdo é possível: dado, sinal, material ou energia):



representando graficamente um "ramo de conexão" associado a uma "conexão por depósito":



Sumarizando simplifadamente, verifica-se que um Esquema de Atividades modela o trabalho realizado pelo sistema, utilizando representação gráfica constituída por uma rede de símbolos de "atividade" (modelando função/processador/processo/módulo), onde dois quaisquer desses símbolos podem estar conectados de modo a evidenciar dois tipos distintos de dinâmica:

- "conexão por fluxo" (modelando informação ou material ou energia em movimento), que estabelece relações causais (eventualmente, sincronismos) entre as atividades conectadas;
- "conexão por depósito" (modelando informação ou material ou energia em repouso), que estabelece relações não-causais, assíncronas, entre as atividades conectadas.

A sintaxe dessa linguagem de representação não admite conexões diretas entre depósitos, por não possuírem qualquer valor semântico.

4. Terminadores

O conceito de "terminadores" não será adotado neste trabalho.

Ward [14], ao ampliar a conceituação tradicionalmente empregada na área de Métodos Estruturados, mais especificamente aqueles relacionados com DFDs, introduziu o termo "terminador" para modelar dois conceitos:

- . "entidade externa (ou, "agente")", elemento funcional ativo pertencente ao --e representando o-- ambiente externo ao sistema que está sendo modelado e com este interagindo através de "*conexões por fluxo/depósito*";
- . "depósito externo", elemento funcional passivo pertencente à interface entre o sistema que está sendo modelado e o ambiente externo, contendo informação acessível ao sistema e ao conjunto, ou parte do conjunto, de entidades externas que modela esse ambiente.

A partir de uma perspectiva sistêmica [6], o conjunto de símbolos que modela as interações entre o sistema considerado e sua vizinhança imediata --representada por "entidades externas"-- constitui um modelo para um (ou parte de um) sistema mais abrangente que contém o sistema em questão como um de seus subsistemas.

Com essa perspectiva, uma "entidade externa", conceitualmente, nada mais é do que uma "atividade" do sistema mais abrangente.

Tradicionalmente, ao ser modelado o contexto onde está inserido o sistema original, usa-se um símbolo gráfico para representar "entidade externa" distinto daquele que representa "atividade". Entretanto, o objetivo primordial a ser atingido é o de demarcar a fronteira do sistema em estudo e não o de modelar elementos funcionais conceitualmente distintos.

Nessas condições, a representação esquemática do contexto de um dado sistema nada mais é do que (uma parte de) um Esquema de Atividades de um sistema mais abrangente que contém o sistema original como subsistema.

5 Interações entre Unidades Funcionais em um Esquema de Atividades

Tendo caracterizado os elementos básicos propostos como extensões aos elementos de modelagem que a área de Métodos Estruturados vem usando na modelagem de sistemas sócio-técnicos tradicionais, visando descrever situações onde a dinâmica que prevalece no ambiente externo impõe ao sistema fortes restrições de comportamento.

Convém, agora, discutir como são caracterizadas as interações possíveis entre atividades, quando pretende-se representar as formas através das quais, nesse formalismo, iniciam-se as ações de processamento. Em outras palavras, quais são as alternativas para modelar a *estimulação* de atividades.

Em seguida, serão sumarizadas as diferentes formas de interação entre atividades e depósitos.

5.1 A Modelagem da Dinâmica do Sistema

Aspectos dinâmicos de um Esquema de Atividades podem ser sumarizados como segue:

. *dinâmica cuja modelagem não requer o uso de atividades e fluxos de controle:*

- "conexões por fluxos": modelam relacionamentos causais entre as atividades conectadas e expressam que a atividade situada no destino da conexão deve reagir imediatamente à chegada do conteúdo enviado pela atividade situada na origem da conexão.

Além dessa funcionalidade, uma "*conexão por fluxo*" pode prestar-se à modelagem da instantaneidade da conexão estabelecida entre as atividades --isto é, *modelar que não há tempo gasto no processo de transmissão do conteúdo que transita pela conexão.*

Nesse caso, a "*conexão por fluxo*" estaria modelando a sincronização das atividades interligadas --a *produção de saída estaria ocorrendo ao mesmo tempo em que o correspondente processamento de entrada.*

Trata-se de abstração, inerente ao conceito de "tecnologia ideal", absorvido pela ESML, que constitui uma das características do Modelo da Essência, pertencente ao sistema de modelagem proposto por McMenamin e Palmer [16];

- "conexões por depósitos": modelam um assincronismo indeterminado entre as atividades conectadas: acessos de entrada e saída ao depósito ocorrem em instantes não especificados do tempo.
- pode haver "concorrência (ou paralelismo)" na execução de ações associadas a atividades operacionais primitivas interligadas apenas por depósitos;
- quando associadas a "defasagens de saída" não-nulas, pode haver "concorrência (ou paralelismo)" na execução de ações associadas a atividades primitivas interligadas por fluxos;
- a dinâmica das ações associadas a uma dada atividade primitiva não é modelada por um Esquema de Atividades e, "internamente" à atividade, em princípio, não está excluída a possibilidade de "concorrência".

. dinâmica cuja modelagem requer o uso de atividades de controle e de fluxos de controle ("sinais" e "comandos").

Sistemas sócio-técnicos tradicionais não requerem tais conceitos para representar seu comportamento na modelagem da essência, podendo, entretanto, beneficiar-se deles para a modelagem rigorosa da implementação.

Entretanto, os chamados "sistemas de tempo-real" --que podem, eventualmente, dispensar qualquer participação humana (caso de sistemas "puramente técnicos" como, por exemplo, os de eletrônica embarcada para controle de dispositivos)--, geralmente empregados para simulação/monitoração/monitoração controle de processos, requerem elementos adicionais para sua modelagem precisa de alto nível [1-5; 15], ou seja, a nível do Modelo da Essência.

A descrição detalhada de uma dinâmica do segundo tipo acima considerado, no contexto de modelagem apresentado neste trabalho, exige que sejam tratados tópicos referentes a:

- . especificação de atividades de controle;
- . mudanças de estado do sistema sócio-técnico devidas a alterações da dinâmica do ambiente externo --geralmente associadas a seqüenciamento, alternativa, iteração, recursividade ou independência (concorrência ou paralelismo) de eventos-- que requeiram reações específicas do sistema;

formas de comandar a execução das atividades operacionais.

A maneira através da qual procuramos dominar a complexidade associada à modelagem de uma dinâmica complexa procura privilegiar a visão sistêmica que reforça, na prática, a *segmentação conceitual que existe entre "controlar" e "operar"*.

Essa foi, aliás, a postura inicialmente adotada por Ward e Mellor [1], um tanto abandonada nos trabalhos mais recentes [4,5], a nosso ver pouco justificadamente.

Acreditamos que a estratégia de diminuir ao máximo o acoplamento entre os aspectos relacionados com controle e os aspectos relacionados com operações constitui heurística poderosa para o domínio da complexidade, sobretudo na fase de construção do **Modelo da Essência**.

A nosso ver, nessa fase, buscar a maior **coesão funcional** possível no conjunto de elementos de modelagem que vai constituir a **representação do controle** e, *separadamente*, no conjunto que vai constituir a **representação das operações**, *ao mesmo tempo em que é minimizada a interface entre os dois conjuntos*, contribui para melhor entendimento de cada conjunto distintamente e de seu inter-relacionamento.

No **Modelo da Implementação**, onde o objetivo primordial deixa de ser somente a especificação precisa e completa da "**funcionalidade**" do sistema sócio-técnico e passam a predominar objetivos relacionados com a "**realização física**" e o "**desempenho**" do sistema, é provável que deva haver alguma distorção imposta ao Modelo da Essência que redunde em menor segmentação entre as duas áreas (controle e operações).

Entretanto, se isso for realmente necessário, o modelador disporá de um ponto de partida, para análise de alternativas, mais inteligível e sugestivo.

Os temas específicos relacionados com uma descrição detalhada de uma dinâmica cuja descrição exija atividades e fluxos de controle serão tratados nas sub-seções que seguem.

5.1.1 Especificação de uma Atividade de Controle

A especificação de atividades de controle está baseada na Teoria de Autômatos Finitos e são propostos dois elementos de modelagem distintos, conforme a característica da lógica a ser executada pela atividade [5]:

- . Diagrama de Estados e Transições, a ser usado para autômatos do tipo Mealy, *caso em que a lógica da atividade de controle é, pelo menos parcialmente, vinculada à passagem do tempo;*
- . Tabela de Ativação, a ser usada para autômatos do tipo Moore, *caso em que a lógica da atividade de controle relaciona-se puramente com aspectos combinatoriais.*

Isso significa que o controle a ser exercido pela atividade durante um certo intervalo de tempo dependerá exclusivamente de combinações de valores --que mantêm-se durante esse intervalo de tempo-- associados a fluxos contínuos e/ou depósitos.

5.1.1.1 Diagrama de Estados e Transições (DET)

A FIGURA 2 ilustra a notação a ser adotada para expressar o diagrama, cujas características básicas são descritas a seguir.

Nessa figura, podemos observar os dois elementos de modelagem básicos de um DET.

De um lado, deparamo-nos com a notação retangular desenhada em linha cheia, que representa o conceito de "estado".

Normalmente, um "estado" modela uma condição que prevalece, durante um intervalo de tempo finito, no ambiente externo ao sistema sócio-técnico (de controle/monitoração/monitoração_controle/simulação).

Essa condição, observável externamente, é refletida sobre o sistema, o qual assume características especificamente relacionadas com a natureza do estado correspondente.

O início e o fim do intervalo de tempo que estabelece a "duração do estado" são, em princípio, definidos por eventos que ocorrem no ambiente externo ao sistema.

Isso significa que a "duração do estado" não é, geralmente, afetada por características específicas do sistema --um processador mais rápido, por exemplo.

Pode, entretanto, ocorrer que a modelagem da dinâmica requeira a existência de um tipo de "estado interno", associado a alguma condição que deva ser identificada, no interior ou no exterior do sistema, e cujo valor determine a alternativa de processamento subsequente.

Nesse caso específico, a "duração do estado" dependerá de características de implementação. É, às vezes, conveniente usar uma notação específica para esse tipo de "estado interno" --por exemplo, um retângulo tracejado.

Por outro lado, observa-se, também na FIGURA 2, uma conexão entre estados representada por um segmento de reta orientado desenhado em linha cheia; a esse segmento orientado associa-se um outro segmento que lhe é perpendicular --na figura aparece como uma "barra horizontal"--, também desenhado em linha cheia, ao qual, geralmente, estará associada alguma informação textual. Essa é a notação que representa uma "transição entre estados". Ela é usada também para modelar a "entrada" do sistema no "estado inicial" da atividade de controle.

Mais adiante, serão apresentadas as características dos elementos textuais associados a uma "transição".

Num DET típico, freqüentemente, há um "estado inicial" --na FIGURA 2, o "estado x"-- ao qual o sistema pode chegar através de um "comando de disparo" (D) ou de um "comando de habilitação" (H) recebido pela atividade de controle.

Entretanto, convém notar que não há necessidade de haver comando algum para que o sistema atinja o "estado inicial" associado a uma dada atividade de controle --muitas vezes, basta que o sistema seja "ligado".

Nesses casos, não haverá nada escrito na parte superior da "barra horizontal" conectada ao "segmento de reta orientado" --ambos, conforme indicado em parágrafo precedente, fazendo parte da notação gráfica que representa uma "transição entre estados"-- que incide sobre o "estado inicial".

Poderá existir algo declarado abaixo da "barra horizontal" que faz parte do símbolo da transição que incide sobre o "estado inicial". Em geral, será alguma ação exercida por alguma outra atividade de controle antes que o sistema sócio-técnico comece a submeter-se às ações de controle da atividade que está sendo especificada.

O diagrama não requer a existência de um "estado final". Um "estado final" é aquele que, uma vez atingido, por não possuir nenhuma transição de saída --algum segmento orientado cuja seta aponte para "fora" do estado--, não haverá pré-condição que permita ao sistema dele escapar --pelo menos no contexto da atividade de controle que está sendo especificada.

A completeza de um DET exige que, conforme indica a notação gráfica da FIGURA 2, sejam definidas a "pré-condição" e a "pós-condição" de cada "transição".

Para anotar uma pré-condição e uma pós-condição, tem-se a seguinte lista de alternativas:

```
pré-condição:= sinal !
                { expressão lógica envolvendo o nome de um
                  atributo de fluxo ou depósito } !
                sinal + ( { expressão lógica envolvendo ... } ) !
                comando de suspensão (S) !
                comando de retomada (R) !
                comando de habilitação (H), somente para uma transição
                  dirigida a um "estado inicial" !
                comando de disparo (D), somente para uma transição
                  dirigida ao "estado inicial" de uma "atividade de
                  controle" que possua estado final
```

onde os símbolos conectivos significam: "!", alternativa, "{}", possível iteração e "+", justaposição.

Uma pré-condição identifica a situação que deve existir para que a transição, a partir de um dado estado, possa ocorrer:

- . pré-condição consistindo somente de um sinal: a transição ocorrerá se o evento sinalizado pelo "sinal" ocorrer no momento, ou após, a chegada do sistema ao estado situado na origem da transição.

Excetua-se o caso de um "evento autorizador", o qual poderá ter ocorrido antes e deve ter o sinal correspondente armazenado em um "depósito temporário" ("event store" [1]) ao qual a "atividade de controle" tem acesso de leitura);

- . pré-condição consistindo somente de uma expressão lógica: a transição ocorrerá se a "expressão lógica" tornar-se verdadeira antes, durante ou após a chegada do sistema ao estado situado na origem da transição;
- . pré-condição consistindo de um sinal justaposto a uma expressão lógica: a condição de ocorrência da transição pressupõe um análogo do conectivo lógico E, simbolizado por "+", interligando as duas condições mencionadas.
- . pré-condição consistindo somente de um comando: a transição ocorrerá se o "comando" incidir sobre a "atividade de controle" no momento, ou após, a chegada do sistema ao estado situado na origem da transição.

```
pós-condição:= { sinal } !
                 { comando } !
                 { valor atribuído a "unidade de conteúdo"
                   armazenado } !
                 { sinal } + { comando } !
                 { comando } + ( { valor atribuído ... } ) !
                 { sinal } + { comando } + ( { valor atribuído ... } )
```

Portanto, resumindo, uma transição entre dois estados estará iniciada se a pré-condição passar a vigorar quando o sistema sócio-técnico ocupar o estado da atividade de controle situado na origem da transição e o término da transição colocará o sistema no estado da atividade de controle situado no final da transição, onde vigoram os efeitos provocados pela pós-condição (*em geral, efeitos resultantes de ações da atividade de controle*).

Convém ressaltar que, no processo de modelagem da essência apresentado neste texto, uma transição é considerada como instantânea. Isso significa que, *no escopo da atividade de controle que está sendo especificada*, nada estará ocorrendo durante a transição além do que está especificado na sua pós-condição.

Além disso, se diversas ações estiverem especificadas na pós-condição de uma transição, pressupõe-se que essas ações ocorram em paralelo e simultaneamente, a menos que um seqüenciamento seja explicitamente indicado.

5.1.1.2 Tabela de Ativação (TA)

A FIGURA 3 ilustra a notação a ser adotada para expressar a tabela, cujas características básicas são descritas a seguir.

A ala da esquerda, identificada pelo termo ENTRADA-VALOR DE, é constituída por um conjunto de colunas, cada uma possuindo como cabeçalho o descritor de uma "unidade de conteúdo armazenado em depósito" ou descritor de um "fluxo contínuo".

As entradas das linhas constituem conjuntos mutuamente exclusivos de elementos desses tipos. O valor contido na entrada da tabela deve pertencer ao domínio do tipo do elemento.

A ala do meio, identificada pelo termo SAÍDA-COMANDO PARA ATIVIDADE, é constituída por um conjunto de colunas, cada uma possuindo como cabeçalho o identificador das atividades submetidas ao controle da "atividade de controle" que está sendo especificada.

As entradas da tabela correspondente a esse conjunto de colunas estará representando o "estado de controle" a que cada atividade está submetido (p.ex., se a atividade recebe um "comando de disparo" emitido pela "atividade de controle" a entrada da TA deverá conter a letra D).

Evidentemente, em última análise, esse controle, relacionado a cada linha da TA, estará sendo exercido tendo em vista os conteúdos dos elementos declarados nos cabeçalhos do conjunto de colunas da "ala da esquerda".

A ala da direita , identificada pelo termo SAÍDA-EMISSÃO DE SINAL E/OU MODIFICAÇÃO DE VALOR ARMAZENADO, é constituída por um conjunto de colunas, cada uma possuindo como cabeçalho o descritor de um "sinal" emitido pela "atividade de controle" que está sendo especificada ou o descritor de uma "unidade de conteúdo armazenado em depósito" cujo valor esteja sendo atualizado por essa atividade.

Convenciona-se que não deve haver células vazias em uma TA. Quando a realidade impuser um conteúdo nulo, a célula deve conter o símbolo "*".

5.1.2 Mudanças de Estado Devidas a Comandos de Entrada

As FIGURAS 4 e 5 procuram especificar os "estados de controle" que uma dada atividade pode assumir, tendo em vista os comandos que ela recebe de uma "atividade de controle" que supervisione suas ações.

As figuras são complementares.

A FIGURA 4 busca indicar, através de uma tabela, as transições possíveis a partir de um estado corrente, quando um dado "comando" é recebido pela atividade controlada; cada transição efetuada é modelada por um segmento de reta orientado.

A FIGURA 5 evidencia, através de DETs, para cada "modo de controle", que "estados de controle" podem ser assumidos pela atividade controlada e quais transições podem ser efetuadas entre esses estados.

5.1.3 Ativação e Desativação de Atividades Operacionais

A FIGURA 6 mostra, através de diferentes DETs, as formas de ativação e de desativação a que uma dada "atividade operacional" controlada pode ser submetida.

A pré-condição [feito] indica o término de uma instância de operação da atividade.

5.2 Modos de Estimulação de Atividades

O "*modo de estimulação*" de uma "*atividade*" indica a forma através da qual o início de ações da atividade é causado, ações essas que devem estar relacionadas com a produção da(s) resposta(s) planejada(s) para a atividade considerada.

5.2.1 Estimulação de Atividade Operacional

Uma atividade operacional pode ser:

- . "*estimulada por disparo*", quando, não possuindo fluxo intermitente como entrada, suas ações são iniciadas por uma instância de um "*comando de disparo*".

Convém assinalar que, se a atividade possui fluxo intermitente como entrada, cada instância do fluxo exerce o papel de um "*comando de disparo*";

- . "*estimulada por habilitação*", quando, possuindo fluxo(s) contínuo(s) como entrada, suas ações são iniciadas por uma instância de um "*comando de habilitação*";

- . "*estimulada por valor*", quando:

- possuindo fluxo(s) contínuo(s) como entrada, a totalidade de suas ações e respostas --e não somente a ação e a resposta correspondentes ao fato de "*ler e processar os valores normais*" do(s) fluxo(s) contínuo(s) de entrada-- é completada apenas quando ocorrem "*valorização(ões) específica(s)*" desse(s) fluxo(s).

Esse(s) valor(e)s específico(s) são detectados "*internamente*" ao sistema pela(s) atividade(s) que processa(m) o(s) fluxo(s);

- não possuindo fluxo(s) contínuo(s) como entrada, suas ações são iniciadas por uma "*instância de um fluxo (que transporta valor) intermitente*";
- possuindo um "*fluxo (que transporta valor) contínuo*" como entrada, suas ações são iniciadas pelo "*(re-)início ou interrupção de produção da saída*" de uma atividade situada na origem do fluxo cujo destino é a atividade estimulada por valor que está sendo considerada;

- . "estimulada por tempo", quando, não possuindo fluxo intermitente ou fluxo contínuo como entrada, suas ações são iniciadas pela chegada de "ponto(s) no tempo" --valores específicos pertencentes ao domínio de uma variável do tipo "tempo".

Esses valores são também detectados "internamente" ao sistema, o que caracteriza uma forma particular de obter-se uma atividade "estimulada por valor".

A sinalização desse estímulo, desconsiderado na ESML, deve ser representada graficamente por um "fluxo de controle" ("sinal") incidente sobre a atividade estimulada e sem origem definida [19].

Os detalhes referentes a uma interação temporalmente discreta envolvendo uma dada atividade dependem da existência ou não de um valor não-nulo para a "defasagem de saída" associada à atividade.

Uma "defasagem de saída" é interpretada como o intervalo de tempo entre o estabelecimento das condições necessárias para a produção do conteúdo de um fluxo de saída (ou do resultado de um acesso de saída) e o término da produção --no caso de uma saída "intermitente"-- ou o início da produção --no caso de uma saída "contínua".

A "defasagem de saída" é o conceito utilizado para a modelagem do tempo gasto por atividades, que possuam interações discretas no tempo, para executar suas ações de processamento --o conceito modela o intervalo de tempo que separa a disponibilidade de uma entrada para uma dada atividade da disponibilidade da saída correspondente produzida pela mesma atividade.

Convém ressaltar que o início do processamento de uma atividade que produz um "fluxo contínuo" é uma ocorrência discreta no tempo à qual pode estar associado valor não-nulo para uma "defasagem de saída" associada à atividade.

5.2.2 Estimulação de Atividade de Controle

Uma atividade de controle pode ser:

- . "estimulada por disparo", quando, controlada por outra atividade de controle através do recebimento de instâncias de um "comando de disparo", começa seu processamento antes ou a partir de um "estado inicial" e termina seu processamento levando o sistema sócio_técnico a um "estado final" da atividade controlada.

Convém ressaltar que os dois estados mencionados representam a "memória interna do autômato finito" que descreve em detalhe o comportamento da atividade de controle que recebe o comando. Essa forma de estimulação estabelece uma hierarquia de controle e, em consequência, evita a formação de ciclos na dinâmica do sistema;

- "estimulada por habilitação", quando a atividade controlada, ao receber uma instância de um "comando de habilitação", deve exercer alguma ação antes de conduzir o sistema sócio-técnico ao "estado inicial" da atividade.

Nesse caso, o "autômato finito" não necessita possuir "estado final" e também constitui uma forma de estimulação que permite estabelecer uma hierarquia de controle;

- "estimulada por sinal", que é a forma mais comum de iniciar as ações de uma atividade de controle.

Um "sinal" está para uma atividade de controle assim como um "fluxo de dados intermitente" está para uma atividade operacional. Em geral, um "sinal" identifica uma ocorrência no ambiente externo ao sistema sócio-técnico, ou mesmo internamente a este, para a qual a atividade de controle sobre a qual incide deve produzir uma resposta planejada

- "estimulada por tempo", quando valores específicos pertencentes ao domínio de uma variável do tipo "tempo" determinam a necessidade de ações de controle.

Trata-se de situação inteiramente análoga ao caso de uma "atividade operacional".

Esses valores são também detectados "internamente" ao sistema, o que caracteriza uma forma particular de obter-se uma atividade de controle "estimulada por valor".

5.3 Acessos de Atividades a Depósitos

Uma "conexão por depósito" entre duas atividades definirá interações entre as atividades interligadas pela conexão e o depósito associado à conexão.

Por definição, os segmentos de reta orientados que ligam as atividades conectadas ao depósito constituem os "ramos da conexão".

[O "ramo de conexão" que estabelece uma ligação entre uma atividade e um depósito modela a "acessibilidade" do conteúdo do depósito para a atividade, seja para "consulta" seja para "alteração" (inserção, modificação, eliminação)].

Da mesma forma, é considerado "ramo de conexão" o símbolo gráfico associado a uma "conexão por fluxo".

[O "ramo de conexão" que estabelece uma ligação entre duas atividades modela uma "interação causal" entre essas atividades].

Um "ramo de conexão" com origem em uma atividade e apontando para o "depósito da conexão" modela que o conteúdo do depósito é alterado pela atividade --trata-se de um acesso de saída/escrita.

Essa interação omite o fato de que, normalmente, a alteração do conteúdo exige que este seja retirado do depósito --o acesso modelado reflete somente o efeito resultante.

Visando não sobrecarregar o diagrama, o "ramo da conexão por depósito", que estabelece a ligação entre a atividade e o depósito, prescinde de legenda.

O conteúdo associado ao ramo será precisamente especificado na descrição detalhada da atividade que realiza o acesso.

Se o modelador, visando melhorar a inteligibilidade do esquema, desejar associar descritores a esse tipo de ligação, deverá fazê-lo apenas nos casos em que o acesso estiver associado a componentes de instâncias que caracterizem os "registros" do conteúdo do depósito (não deverá fazê-lo quando o acesso representado pelo ramo referir-se a um ou mais "registros" completos).

Um "ramo de conexão" com origem em um "depósito de conexão" e apontando para a atividade conectada modela que o (ou parte do) conteúdo do depósito será utilizado pela atividade --trata-se de um acesso de entrada/leitura.

Trata-se de um arco que também prescinde de legenda, valendo a mesma observação anterior referente à inteligibilidade do esquema.

Nesse caso, modela-se que algum item contido no depósito influenciará, de alguma forma, o resultado da atividade.

Um arco bi-direcional indica que as duas características acima descritas estão presentes na ação exercida pela atividade sobre o depósito.

6 Regras de Formação de Esquemas de Atividades

Nesta seção abordaremos as construções sintaticamente válidas para a elaboração de um Esquema de Atividades.

Visando facilitar a verificabilidade da correção sintática de um diagrama, onde diversas combinações de elementos de modelagem podem surgir, assumimos diversas perspectivas para a descrição das regras de formação.

Sem dúvida, essa decisão implicou a existência de alguma redundância entre as próximas sub-seções e entre estas e a parte textual precedente. Acreditamos que o custo7benefício dessa decisão é favorável ao leitor.

6.1 Atividades Interconectadas por Fluxos

A FIGURA 7 ilustra as possíveis interconexões, através de "fluxos", entre duas atividades de um esquema sintaticamente válido. Há três organizações possíveis e, em cada uma delas, as diferentes possibilidades são ilustradas:

- . conexões entre atividades operacionais, primitivas e não primitivas;
- . conexões entre atividades de controle.

Neste caso, são mostradas apenas atividades primitivas pois uma atividade de controle não primitiva pode decompor-se apenas em termos de atividades de controle --*essa decomposição visará a modelagem de uma "hierarquia de controle"*;

- . conexões entre atividades operacionais e atividades de controle, primitivas e não primitivas.

6.2 Atividades Interconectadas por Depósitos Permanentes

A FIGURA 8 ilustra as possíveis interconexões, através de "depósitos permanentes", entre duas atividades de um esquema sintaticamente válido.

Notar que o conteúdo do depósito referir-se-á sempre a "dados" (ou "informação operacional").

Há três organizações possíveis e, em cada uma delas, as diferentes possibilidades são ilustradas:

- . conexões entre atividades operacionais.

É suficiente considerar conexões entre atividades primitivas e os acessos a considerar, discretos ou contínuos conforme indicado pelos "ramos de conexão", são de dois tipos:

- acesso de "entrada" (ou de "leitura"), que corresponde a um "uso" não destrutivo do conteúdo do depósito (leitura de valores armazenados);
- acesso de "saída" (ou de "escrita"), que corresponde a uma "alteração" do conteúdo do depósito ("inclusão", "eliminação" ou "modificação" de "unidade de conteúdo") ;

. conexões entre atividades de controle.

É suficiente considerar conexões entre atividades primitivas e os acessos a considerar, necessariamente discretos conforme indicado pelos "ramos de conexão", são de dois tipos:

- acesso de "entrada" (ou de "leitura"), que corresponde a um "uso" não destrutivo do conteúdo do depósito (leitura de valores armazenados);
- acesso de "saída" (ou de "escrita"), que corresponde a alguma "modificação" de valor(es) armazenado(s) no depósito;

. conexões entre atividades operacionais e atividades de controle, primitivas e não primitivas.

6.3 Atividades Interconectadas por Depósitos Temporários

As FIGURAS 9 e 10 ilustram as possíveis interconexões, através de "depósitos temporários", entre duas atividades de um esquema sintaticamente válido.

Há três organizações possíveis e, em cada uma delas, as diferentes possibilidades são ilustradas:

. conexões entre atividades operacionais.

Notar que o conteúdo do depósito referir-se-á sempre ou a "dados" (ou "informação operacional"), ou a "material" ou a "energia".

Notar, ainda, a possibilidade de duas modalidades de acesso, conforme indicado pelos "ramos de conexão" utilizados:

acesso discreto, ocorrendo em instantes definidos, tendo em vista a necessidade da atividade que o executa no sentido de produzir sua(s) resposta(s), e englobando:

- acesso de "entrada" (ou de "leitura"), que corresponde a "consumo" (ou "uso destrutivo") de um número inteiro de "unidades de conteúdo" do depósito;
- acesso de "saída" (ou de "escrita"), que corresponde a "produção" de um número inteiro de "unidades de conteúdo" do depósito;

acesso contínuo, ocorrendo continuamente durante um certo intervalo de tempo, tendo em vista a necessidade da atividade que o executa no sentido de produzir sua(s) resposta(s), e englobando;

- acesso de "entrada" (ou de "leitura"), que corresponde a "consumo" (ou "uso destrutivo") contínuo do conteúdo do depósito;
- acesso de "saída" (ou de "escrita"), que corresponde a "produção" contínua de conteúdo a ser armazenado no depósito;

. conexões entre atividades de controle.

Notar que o conteúdo do depósito referir-se-á sempre ou a "sinal" --isto é, algo que indica a ocorrência de algum evento-- ou a "recurso" --isto é, algo que indica a disponibilidade de algum recurso compartilhado (o que, em última análise, não deixa de ser um "sinal" de tipo especial).

Notar, ainda, que, conforme indicado pelo "ramo de conexão" utilizado, existirá somente a possibilidade de acesso discreto, ocorrendo em instantes definidos, tendo em vista a necessidade da atividade que o executa no sentido de produzir sua(s) resposta(s);

. conexões entre atividades de controle e atividades operacionais.

São válidos, também nesta alternativa de organização, os mesmos comentários apresentados na alternativa precedente.

É conveniente ressaltar que os quatro diagramas da FIGURA 10 podem ser refinados em termos de um diagrama que representa abstratamente o mecanismo de controle por "semáforo", conforme ilustrado no canto inferior direito da figura.

Nessa representação, o sinal "ocorrência" emitido pela atividade de controle da esquerda indicaria a instanciação de um evento específico --que poderia ser inclusive o tornar-se disponível de um recurso compartilhado-- e o sinal "requisição" emitido pela atividade de controle da direita indica sua necessidade de consumo relativamente a uma "unidade de conteúdo" do depósito.

Esse consumo ocorrerá quando esta atividade obtiver o sinal "reconhecimento", indicando-lhe que o depósito possui "unidade(s) de conteúdo" passíveis de consumo.

6.4 Entradas e Saídas de Atividades

A FIGURA 11 ilustra as possíveis entradas (fluxos e acessos) e saídas (fluxos e acessos) relacionadas com as três formas relevantes dos dois tipos possíveis de atividade -- "atividade operacional" e "atividade de controle":

- . atividade operacional "primitiva";
- . atividade operacional "não-primitiva" (ou "agregada");
- . atividade de "controle".

Essas três formas estão representadas na figura e, para cada uma delas, as diferentes possibilidades de organização estão ilustradas.

A notação apresentada na FIGURA 11 não reflete que vários "*fluxos intermitentes (ou discretos)*" produzidos por uma determinada atividade nunca podem ocorrer simultaneamente. Isto é, uma dada execução da atividade produzirá apenas um de, eventualmente, diversos "*fluxos intermitentes*", possivelmente acompanhado de acesso(s) de saída e/ou de fluxo(s) contínuo(s).

Na próxima seção, apresentaremos notações que, quando necessário, permitem a modelagem da simultaneidade de "*fluxos intermitentes*" de saída.

6.5 Convergência e Divergência de Ramos de Conexão

A agregação de elementos/itens de dado permite a existência, na seção esquemática de um Modelo de Atividade, de algumas características importantes, referentes a "ramos de conexão", apresentadas a seguir.

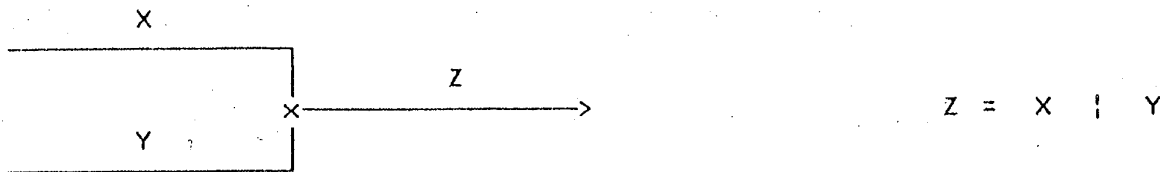
Nessa apresentação, não é esperado que o leitor restrinja sua interpretação apenas a dados (informação operacional). Apesar da gênese da notação proposta referir-se a dados, sua aplicabilidade abrange informação_(dados e controle), material e energia.

COMPOSIÇÃO DE CONTEÚDO ASSOCIADO A RAMOS DE CONEXÃO

Ocorre quando o conteúdo transportado por um ramo de conexão é constituído por componentes associados a atividades/depósitos precedentes.

Os componentes poderão associar-se para definir o conteúdo transportado de forma "excludentemente alternativa" ou "sincronamente" (analogia com OU inclusivo lógico).

Notação gráfica para a forma *excludentemente alternativa*:



Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "+", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma composição estrita, isto é: $Z = X + Y$ (analogia com E lógico).

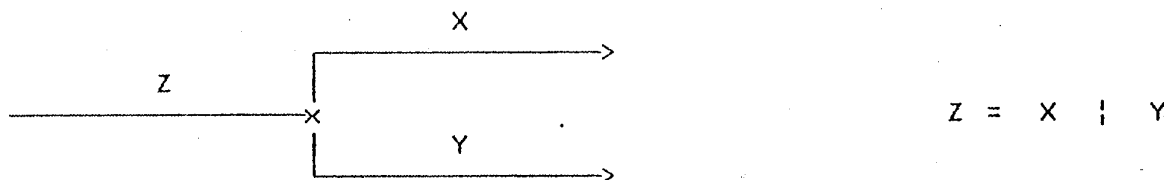
Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "*", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma composição opcional, isto é: $(Z = X + Y) \mid (Z = [X] + Y) \mid (Z = X + [Y])$ (analogia com OU inclusivo lógico).

DECOMPOSIÇÃO DE CONTEÚDO ASSOCIADO A RAMOS DE CONEXÃO

Ocorre quando o conteúdo transportado por um "ramo de conexão" é constituído por componentes associados a atividades/depósitos subseqüentes.

Os componentes poderão associar-se para definir o conteúdo transportado de forma "excludentemente alternativa" ou "sincronamente" (analogia com OU inclusivo lógico).

Notação gráfica para a forma *excludentemente alternativa*:



Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "+", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma decomposição estrita, isto é: $Z = X + Y$ (analogia com E lógico).

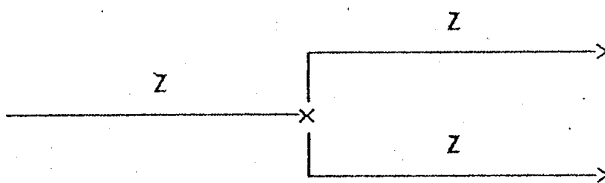
Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "*", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma decomposição opcional, isto é: $(Z = X + Y) \mid (Z = [X] + Y) \mid (Z = X + [Y])$ (analogia com OU inclusivo lógico).

DESTINOS MÚLTIPLOS PARA O MESMO CONTEÚDO

Ocorre quando o conteúdo transportado por um "ramo de conexão" é inteiramente associado, possivelmente, a mais de uma atividade/depósito subsequente.

Os destinos múltiplos poderão associar-se ao conteúdo de forma "excludentemente alternativa" ou "sincronamente" (analogia com OU inclusivo lógico).

Notação gráfica para a forma *excludentemente alternativa*:



Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "+", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma associação exclusivamente síncrona (analogia com E lógico).

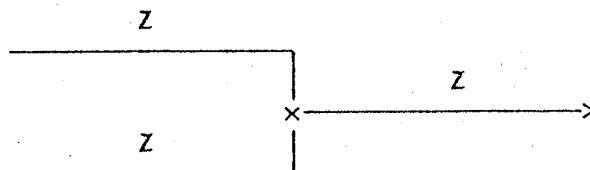
Observação: se a junção dos ramos for realizada por um sinal "*", no lugar do sinal "x", a intenção do modelador será a representação de uma associação opcionalmente síncrona (analogia com OU inclusivo lógico).

ORIGENS MÚLTIPLAS ALTERNATIVAS PARA O MESMO CONTEÚDO

Ocorre quando o mesmo conteúdo, transportado por mais de um "ramo de conexão", é inteiramente associado a uma atividade ou a um depósito subsequente.

Uma instância específica do conteúdo que chega à atividade ou ao depósito estará estritamente associada a apenas uma das atividades ou um dos depósitos de origem (analogia com OU exclusivo lógico).

Notação gráfica:



DIVERGÊNCIA DO FLUXO DE CONTROLE ASSOCIADO A UM FLUXO DE DADOS/MATERIAL/ENERGIA

É bem conhecido o fato de que, **por definição**, a notação gráfica que representa um fluxo de dados/material/energia associa um conteúdo de controle ao conteúdo de dados/material/energia transportado pelo fluxo.

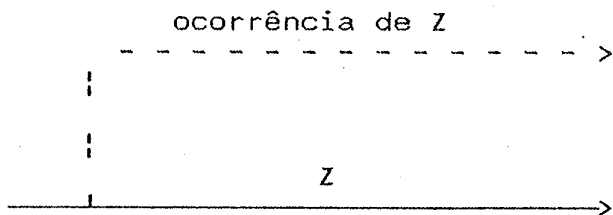
Isto é, a semântica associada a um fluxo de dados/material/energia pressupõe que, quando uma atividade recebe um fluxo desse tipo, essa recepção provoque uma reação imediata por parte da atividade.

A hipótese subjacente é que, em não existindo essa reação imediata, o conteúdo valorizável é perdido.

Nessas condições, nada impede que, para fins de modelagem, esse conteúdo de controle divirja do fluxo de dados/material/energia --*sem que este perca sua característica ambivalente*-- de modo que outra atividade receba o "sinal" a ele associado, sincronamente com a chegada do conteúdo transportado pelo fluxo de dados à atividade à qual esse conteúdo é destinado [2].

Uma instância específica de um fluxo de dados/material/energia pode ter seu conteúdo de controle divergindo de seu conteúdo valorizável e cada conteúdo chegará, sincronamente, a atividades subseqüentes.

Notação gráfica:



7 Regras de Execução de Esquemas de Atividades

As Regras de Execução de um Esquema de Atividades são inspiradas no "token game" da Teoria de Redes de Petri [16]. A rigor, essas "regras de execução" devem ser aplicadas apenas a um diagrama que contenha somente "atividades primitivas". É claro que, a organização hierárquica de atividades primitivas (representação "top-down" de um Esquema de Atividades) não impede o "token game", porém exige, geralmente, a manipulação de diversos diagramas associados à Organização Hierárquica do Esquema de Atividades.

As seções que seguem apresentam os conceitos básicos e os mecanismos necessários para estabelecer o conjunto de Regras de Execução de um Esquema de Atividades.

7.1 Token

É o símbolo gráfico que, quando superposto a algum elemento de modelagem de um Esquema de Atividades, indica alguma ação em potencial ou em andamento.

Tokens podem ser superpostos a:

- . atividades;
- . fluxos;
- . depósitos temporários ("depósitos permanentes" não participam diretamente das Regras de Execução e, em consequência, não devem ter tokens superpostos --a não ser em casos especiais, que serão mencionados posteriormente, nos quais esses depósitos, de alguma forma, contribuam para a definição de ações de controle; conforme já foi ressaltado anteriormente tais depósitos, no que se refere à dinâmica do Esquema de Atividades, cumprem apenas o papel de estabelecer, assincronismos aleatórios entre atividades).

7.2 Colocação de Tokens

Nas próximas sub-seções apresentaremos a semântica do "token game", analisando as diferentes alternativas de "colocação de tokens".

7.2.1 Atividade Operacional

Um token colocado dentro do contorno gráfico de uma "atividade operacional" modela uma situação em que:

- . ou ela está correntemente executando, processando entradas contínuas e produzindo saídas contínuas;
- . ou ela está alerta para efetuar o processamento de entradas intermitentes (reais ou virtuais) ou de entradas contínuas e produzir saídas intermitentes ou contínuas.

Uma "atividade operacional" não submetida a controle de uma atividade de controle ou uma "atividade operacional" cujo controle se resume ao recebimento de um "comando de disparo" abrigará um token exceto durante sua "defasagem de saída".

Uma "atividade operacional" submetida aos "comandos de habilitação/inabilitação" (ou de "suspensão/retomada") abrigará um token durante os intervalos de tempo que seguem a recepção do "comando de habilitação" (ou de "retomada") e que precedem a recepção do "comando de inabilitação" (ou de "suspensão"), exceto durante sua "defasagem de saída".

7.2.2 Atividade de Controle

Uma "atividade de controle" ativa sempre abrigará um token dentro de seu contorno gráfico.

Quando a especificação da atividade é realizada em termos de um autômato do tipo Mealy, o token está univocamente associado a um dos estados do autômato representado por um DET.

Essa associação permite descrever, ao longo do tempo, o estado em que se encontra a "atividade de controle" e, conseqüentemente, o estado em que se encontra o (ou parte do) sistema sócio-técnico, durante os intervalos de tempo que separam as transições.

7.2.3 Fluxo Contínuo

Haverá um token superposto a um "fluxo contínuo" sempre que a atividade que o produz abrigar um token e também durante a "defasagem de saída" que ocorrerá no início do processamento da atividade.

Nesse último caso, a presença do token superposta ao "fluxo contínuo" estará modelando que a atividade produtora do fluxo está ativamente processando o conteúdo do fluxo durante o intervalo de tempo definido pela "defasagem de saída".

7.2.4 Fluxo Intermitente

A presença de um token superposto a um "fluxo intermitente" indica a realização de uma instância do fluxo --isto é, algum "conteúdo valorizável" (seja ele expressso por um valor único, seja por algum conjunto de valores), algum "sinal" ou algum "comando" ocorre naquele instante de tempo.

7.2.5 Depósito Temporário

A presença de um token no interior do contorno gráfico de um "depósito temporário" indica que uma "unidade de conteúdo armazenado" está contida no depósito. A remoção do token indica que a unidade foi "consumida" por um "acesso de leitura" exercido por alguma atividade.

Ao contrário de atividades e de fluxos, depósitos temporários podem abrigar múltiplos tokens até preencher o limite de sua "capacidade".

7.3 Interação Baseada em Tokens

Nas próximas sub-seções apresentaremos a semântica do "token game", analisando as diferentes alternativas de "interação baseada em tokens".

7.3.1 Fluxos de Entrada Intermitentes que Transportam Valor e Atividades Operacionais

A interação sempre resulta na remoção do token previamente superposto ao fluxo.

Detalhes da interação dependem da existência ou não de um valor não-nulo para a "defasagem de saída" associada à atividade. Um valor não-nulo impede que a saída a ser produzida pela atividade ocorra imediatamente e impede que a atividade aceite entradas adicionais durante a vigência da "defasagem de saída".

7.3.2 Comandos de Disparo e Atividades Operacionais

SE a atividade abriga um token

ENTÃO

a superposição de um token ao fluxo de "comando de disparo" causa a remoção do token abrigado pela atividade durante a vigência de sua "defasagem de saída";

o término da "defasagem de saída" implica a recolocação do token no interior do contorno gráfico da atividade

e

SE a atividade possui saídas intermitentes

ENTÃO

um token é superposto a uma dessas saídas

SENÃO

nenhum efeito ocorre causado pela superposição do token ao "comando de disparo.

7.3.3 Comandos de Habilitação/Inabilitação (ou Retomada/Suspensão) e Atividades Operacionais

Nestes casos, as interações podem ser expressas de modo mais preciso em termos de uma linguagem de representação procedimental, conforme apresentado a seguir, através das seis situações mais importantes.

1. SE a atividade não abriga tokens e um token é superposto ao "comando de habilitação"

ENTÃO

um token é colocado no interior do contorno gráfico da atividade e tokens são superpostos a todas as saídas contínuas da atividade.

SE a atividade possui algum "fluxo intermitente" como entrada e um token é a ele superposto

ENTÃO

o token é removido do interior do contorno gráfico da atividade durante a "defasagem de saída" e lá recolocado ao seu término

e

SE a atividade possui saídas intermitentes

ENTÃO

um token é superposto a uma delas.

2. SE a atividade abriga um token e um token é superposto ao "comando de inabilitação"

ENTÃO

o token é removido do interior do contorno gráfico da atividade e tokens superpostos a quaisquer saídas contínuas da atividade são também removidos

SE um token é superposto ao "comando de habilitação"

ENTÃO

as ações da atividade são re-iniciadas a partir do início.

3. SE a atividade abriga um token e um token é superposto ao "comando de inabilitação"

ENTÃO

o token é removido do interior do contorno gráfico da atividade e tokens superpostos a quaisquer saídas contínuas da atividade são também removidos.

4. SE um token é superposto ao "comando de inabilitação" durante a "defasagem de saída" da atividade

ENTÃO

o token é removido do interior do contorno gráfico da atividade e nenhuma saída é produzida ao seu término.

5. SE a atividade abriga um token e um token é superposto ao "comando de inabilitação"

ENTÃO

o token é removido do interior do contorno gráfico da atividade e tokens superpostos a quaisquer saídas contínuas da atividade são também removidos.

6. SE a atividade não abriga tokens e um token é superposto ao "comando de habilitação" e durante a "defasagem de saída" um token é superposto ao "comando de suspensão"

ENTÃO

as ações da atividade são suspensas e permanecem assim até que o token superposto ao "comando de suspensão" seja transferido para o "comando de retomada";

após essa transferência, as ações da atividade são reiniciadas a partir do ponto em que foram suspensas.

Qualquer outra superposição de tokens não produzirá qualquer efeito.

"Atividades Operacionais" não submetidas a comandos de "atividade de controle" comportam-se da mesma forma que uma atividade controlada por um "comando de ativação", durante o intervalo de tempo que sucede o recebimento de um "comando de habilitação" e que precede o "comando de inabilitação".

7.3.4 Sinais de Entrada e Atividades de Controle

A interação resultará sempre na remoção do token previamente superposto ao "fluxo de controle".

O token abrigado na "atividade de controle" deverá mover-se para um (possivelmente o mesmo) estado do DET no caso de um autômato do tipo Mealy e tokens são superpostos a saídas dessa atividade, seguindo a especificação da máquina de estados (DET).

7.3.5 Comandos de Entrada e Atividades de Controle (Organização Hierárquica do Controle)

SE a "atividade de controle" submetida a controle está inicialmente inabilitada (conseqüentemente não abriga token algum no interior de seu contorno gráfico)

ENTÃO

SE a "atividade de controle" recebe um "comando de habilitação" ou um "comando de disparo"

ENTÃO

a "atividade de controle" passa a abrigar um token no interior de seu contorno gráfico e ocupa seu "estado inicial;

de acordo com as "condições de controle" percebidas --excitadas em "pré-condição" do DET de um autômato do tipo Mealy ou em linha pertinente da TA de um autômato do tipo Moore--, a atividade começará a migrar entre seus estados possíveis, efetuando transições durante as quais exercerá o controle sobre outras atividades --explicitadas na "pós-condição" do DET de um autômato do tipo Mealy ou na linha pertinente da TA de um autômato do tipo Moore.

Uma "atividade de controle" que recebe um "comando de disparo" deve, necessariamente, possuir um "estado final".

Se uma "atividade de controle" que recebeu um "comando de suspensão" recebe um "comando de retomada", a atividade retorna ao estado que prevalecia ao ter suas ações suspensas --uma "atividade de controle" suspensa mantém a memória de seu estado corrente.

Se uma "atividade de controle" recebe um "comando de inabilitação", quaisquer atividades sob seu controle tornam-se inabilitadas e o token da atividade de controle é removido.

7.3.6 Depósitos Temporários e Atividades Operacionais

1. SE um "depósito temporário" contém, pelo menos, um token
e
a lógica de uma "atividade operacional" que abriga um token
no interior de seu contorno gráfico determina um "acesso de
leitura" ao depósito

ENTÃO

um token é removido do "depósito temporário" e o restante da
interação decorre analogamente ao caso de um "fluxo de en-
trada intermitente"

SENÃO

SE o "depósito temporário" não contém token algum
e
a lógica de uma "atividade operacional" que abriga um token
no interior de seu contorno gráfico determina um "acesso de
leitura" ao depósito

ENTÃO

deve ser emitida mensagem "depósito temporário vazio".

2. SE a lógica de uma "atividade operacional" determina um "acesso
de escrita" a um "depósito temporário"

ENTÃO

SE a "capacidade" do depósito permite

ENTÃO

um token é adicionado ao depósito

SENÃO

nenhum efeito será produzido.

7.3.7 Depósitos Temporários e Atividades de Controle

1. SE um "depósito temporário" contém, pelo menos, um token
e
a lógica de uma "atividade de controle" que abriga um token
no interior de seu contorno gráfico determina um "acesso de
leitura" ao depósito

ENTÃO

um token é removido do "depósito temporário" e o restante da
interação é especificado pelo autômato do tipo Mealy (DET)
associado à "atividade de controle"

SENÃO

SE o "depósito temporário" não contém token algum
e
a lógica de uma "atividade operacional" que abriga um token
no interior de seu contorno gráfico determina um "acesso de
leitura" ao depósito

ENTÃO

deve ser emitida mensagem "depósito temporário vazio".

2. SE a lógica de uma "atividade operacional" determina um "acesso
de escrita" a um "depósito temporário"

ENTÃO

SE a "capacidade" do depósito permite

ENTÃO

um token é adicionado ao depósito

SENÃO

nenhum efeito será produzido.

7.4 Colocação Múltipla de Tokens

São exemplos de colocação múltipla de tokens:

- . superposição simultânea de dois ou mais tokens em "fluxos intermitentes" provenientes do ambiente externo --o que poderia estar modelando a simultaneidade de dois ou mais "eventos externos";
- . superposição de um token em um "ramo de conexão divergente" com dois ou mais destinos;
- . ocorrência de uma "transição" cuja "pré-condição" dê origem a dois ou mais "comandos".

Admitindo uma semântica da concorrência baseada no "entrelaçamento arbitrário" ("arbitrary interleaving"), a qual pode ser estritamente aplicada no caso de uma única "unidade de execução", as Regras de Execução prescrevem:

- . processe as interações seqüencialmente, mas em ordem arbitrária;
- . cada "ramo da interação" deve ser processado até seu final (por exemplo, devem ser processadas todas as interações subseqüentes que resultem da superposição de um token em uma saída produzida a partir de uma interação prévia) antes que outra escolha arbitrária seja realizada;
- . "defasagens de saída" associadas a atividades causam uma paralisação na seqüência de interações.

"Defasagens de Saída" podem ser consideradas como pontos terminais de uma interação.

Quando elas ocorrem, admite-se o agendamento de uma nova interação, que iniciará ao término do período de tempo associado à "defasagem de saída";

- . se "sub-ramos de interação" podem ser encontrados durante uma interação, outro seqüenciamento arbitrário pode ser escolhido e este procedimento pode ser aplicado recursivamente.

O resultado desse tipo de interação é tal que:

- . num sentido estrito, um conjunto único de colocações de tokens é obtido a partir de um conjunto arbitrário de seqüenciamentos;
- . num sentido amplo, o conjunto de todas as possíveis colocações de tokens é obtido a partir de todos os possíveis seqüenciamentos arbitrários.

7.5 Estados Múltiplos Similares

Há sistemas que admitem "estados múltiplos similares" (por exemplo, estados do tipo: "um trem atravessando o túnel", "dois trens atravessando o túnel", "três trens atravessando o túnel" ...).

Se a representação do controle exercido pelo sistema requerer a utilização de um DET, o diagrama ficaria muito complexo se, a cada estado, fosse associado um símbolo gráfico.

A solução para controlar essa complexidade é definir apenas um símbolo gráfico que modele o estado generalizante (no nosso exemplo, poderia ser um estado com o descritor "trem atravessando túnel") e abrigar, no interior do contorno gráfico que representa esse estado, o número adequado de tokens cujo valor identificaria o estado específico que se deseja representar.

7.6 Execução Esquemática

Nesta seção, será apresentado o conjunto de aspectos que deve prevalecer quando deseja-se executar um Esquema de Atividades. As próximas sub-seções constituem a estrutura do procedimento a ser seguido para obter-se essa "execução esquemática"[1,vol.1;2].

7.6.1 Preparação

Alguns aspectos preparatórios devem ser observados, tratados a seguir.

7.6.1.1 Aspectos Preliminares

Deve estar disponível um diagrama contendo apenas as "atividade primitivas" do Esquema de Atividades e este nível primitivo deve satisfazer:

- . todas as convenções que permitam a segmentação entre o processamento relativo a dados(informação operacional)/material/energia --envolvendo "atividades operacionais"-- e o processamento relativo a informação de controle --envolvendo "atividades de controle";
- . todas as regras de consistência mecânica;
- . a exigência de que cada "atividade de controle" esteja associada a uma máquina de estados, seja um autômato do tipo Mealy (DET) --no caso de atividades de controle envolvendo seqüenciamento de ações--, seja um autômato do tipo Moore --no caso de atividades de controle cujas ações dependam de combinações de fatores;
- . o conjunto de "ramos de conexão" de entrada associado a cada "atividade operacional" não deve ter mais de um ramo associado a "fluxo de dados intermitente" ou "fluxo de controle virtual".

7.6.1.2 Passos Iniciais de Execução

1. Tokens devem ser superpostos a todos as "entradas contínuas" do Esquema de Atividades;
2. Cada "atividade operacional" não submetida a controle deve abrigar um token no interior de seu contorno gráfico, significando que a atividade, quando não está processando ou suspensa, está alerta.
3. Cada "atividade de controle" não submetida a controle deve abrigar um token no interior de seu contorno gráfico, associado a seu "estado inicial" caso o sistema não tenha iniciado ações que exijam controle exercido pela atividade;
4. Tokens devem ser superpostos a saídas de "atividades de controle" em conformidade com a "pós-condição" associada à transição que tem como destino o "estado inicial" da atividade;

5. Qualquer execução requerida pelos passos anteriores deve ser processada (por exemplo, o estado inicial de um sistema sócio-técnico pode requerer que uma "atividade operacional" receba um "comando de habilitação" e inicie a produção de valores de uma "saída contínua");
6. "Depósitos Temporários" que possuam valor inicial superior a zero associado a sua "unidade de conteúdo" devem abrigar número correspondente de tokens no interior de seus contornos gráficos.

7.6.1.3 Observações

1. A existência de "atividades de controle" que possuam como entrada "fluxos contínuos" ou "ramos de conexão ligados a depósitos permanentes que armazenem valor" exige que sejam superpostos "tokens especiais" a esses últimos elementos de modelagem.

A esses "tokens especiais" devem ser associados valores de tal forma que "pré-condições" associadas à "atividade de controle" possam ser avaliadas.

2. Os "tokens especiais" mencionados no item precedente devem também ser utilizados em outros casos que exijam, ou em que seja conveniente, alguma forma de identificação, tais como:

- quando superpostos a "comandos compostos" -- "comando de ativação" (que significa "habilitação" ou "inabilitação") ou "comando de pausa" (que significa "suspensão" ou "retomada")-- visando identificar o comando específico;
- quando abrigados no interior do contorno gráfico de uma "atividade de controle", visando identificar o estado em o sistema se encontra.

7.6.2 Execução

A execução de um Esquema de Atividades pode ser melhor compreendida utilizando os dois mecanismos tratados a seguir.

7.6.2.1 Tabela de Colocação de Tokens

A tabela apresentada na FIGURA 12 resume as situações relativas à colocação de tokens.

Convém ressaltar que as duas últimas linhas da tabela, apesar de refletirem situações permissíveis no ambiente de controle de um sistema sócio-técnico e de serem compatíveis com a semântica de ESML, não constam da referência original [1,vol.1].

7.6.2.2 Plano de Execução

A tabela apresentada na FIGURA 13 formata o cenário requerido para definir um plano de execução de um Esquema de Atividades, fundamentado nos seguintes conceitos:

PASSO : uma série de interações estimuladas por colocações de tokens e ocorrendo instantaneamente.

TEMPO (instante em que o passo ocorre, medido em relação ao início do plano): trata-se de parâmetro necessário pois o início de um passo pode ser causado pelo término de uma "defasagem de saída" iniciada em um passo precedente --tal situação implica a possibilidade de ocorrência de novos passos durante a execução de um plano; um simples seqüenciamento de passos não seria suficiente para modelar tais situações.

PRÉ-CONDIÇÕES (associadas a colocações de tokens causadas por passos precedentes, necessárias à execução bem sucedida do passo que está sendo considerado) : uma pré-condição reflete restrições do mundo real impostas sobre a possibilidade de ocorrência de entradas para o sistema sócio-técnico a partir do ambiente externo (por exemplo, uma entrada a partir de um dispositivo externo o qual pode depender de um "comando de habilitação" a ser emitido pelo sistema).

COLOCAÇÕES DE TOKENS DE ENTRADA (realizadas para que possam iniciar-se as interações do passo que está sendo considerado) : podem ter origem, seja a partir de especificações de entradas definidas pelo usuário do Plano de Execução, seja a partir de requisitos derivados do término de uma "defasagem de saída" iniciada em passo anterior, seja a partir de ambas estas fontes.

SELEÇÕES DE SAÍDA (realizadas com a finalidade de resolver conflitos referentes à produção de "saídas intermitentes") : conflitos podem ocorrer quando:

- . uma "atividade operacional" possui uma ou mais "saídas intermitentes" mas nenhuma "entrada intermitente" (a seleção deve indicar se alguma saída deve ser produzida e, sendo esse o caso, qual)
- . uma "atividade operacional" possui uma "entrada intermitente" e duas ou mais "saídas intermitentes" (a seleção deve indicar qual saída deve ser produzida)

em ambos os casos, a seleção não "força" uma colocação de tokens específica, mas indica onde um token deve ser colocado "se a atividade em questão é ou torna-se capaz de produzir a saída na ocasião do passo que está sendo considerado"

COLOCAÇÃO RESULTANTE

DE TOKENS (resultante da série de interações do passo que está sendo considerado) : a colocação resultante de tokens indica o resultado final da série "instantânea" de interações causadas por uma dada colocação de tokens de entrada; o resultado dessa série de interações pode ser indeterminado, na medida em que possam surgir "ramos" conflitantes exigindo uma decisão quanto a qual interação, dentre um conjunto de candidatas possíveis, deva ser escolhida;

- . resultará uma colocação única de tokens se : ou não existem "ramos" conflitantes ou todos os "ramos" conduzem a uma mesma colocação final;
- . resultará uma colocação não-única de tokens que deverá expressar-se seja através de uma escolha arbitrária realizada sobre o conjunto de colocações possíveis, seja através de uma listagem de todos os membros desse conjunto.

Os requisitos para a execução de um plano são:

- . avaliação das pré-condições e encerramento do Plano de Execução caso essas pré-condições não possam ser preenchidas;
- . execução das interações que surjam no passo que está sendo considerado --devidas a uma dada colocação de tokens de entrada--, usando as seleções de saída que forem necessárias;
- . encaminhamento instantâneo em direção à colocação final de tokens;
- . agendamento de quaisquer colocações de tokens retardadas ("time-delayed token placements") através da criação de novos passos ou de acréscimos a colocações de tokens associadas a passos ulteriores;
- . remoção de quaisquer tokens superpostos a "saídas intermitentes" antes da execução do passo.

8 Conclusão

Não temos dúvida de que são válidos os esforços recentes de pesquisadores da área de Métodos Estruturados no sentido de estender a linguagem gráfica que vem, há cerca de 15 anos, apoiando o desenvolvimento de sistemas sócio-técnicos tradicionais, visando ampliar seu escopo de aplicação para sistemas de tempo-real.

Representações esquemáticas que permitam, através de um formalismo facilmente assimilável, superar as etapas iniciais do desenvolvimento de sistemas complexos --*como, em geral, é o caso de sistemas de tempo-real, sobretudo quando assumem o caráter de sistemas distribuídos espacialmente*-- representam passos significativos no sentido de construir sistemas sócio-técnicos eficazes, isto é, que atendam os objetivos esperados pelo contratante --*em geral, pessoa não especializada em técnicas de desenvolvimento de sistemas.*

É claro que representações gráficas mais formais do que as propostas pelos criadores da ESML, tais como as Redes de Petri [17,18], trariam o rigor necessário ao processo de desenvolvimento de sistemas sócio-técnicos e é para o uso desse tipo de ferramenta conceitual que devemos evoluir.

Entretanto, cremos que, tendo em vista o tipo de formação ainda ministrado aos profissionais da área de Informática, ainda é prematura a incorporação dos formalismos que fundamentam essas linguagens de representação mais precisas e rigorosas ao arsenal de conceitos que predomina na área industrial.

Acreditamos, mesmo, que essa incorporação será facilitada através de um processo de formalização gradual das construções mais comumente utilizadas por essas linguagens de representação menos rigorosas [7].

Nessas condições, parece-nos inevitável o convívio, por um tempo ainda longo --*lembrar que são os aspectos culturais aqueles que levam mais tempo para ser alterados, sobretudo quando apoiados por interesses comerciais poderosos*-- com esse tipo de linguagem menos formal e não nos parece destituído de sentido procurar algum aperfeiçoamento para sua formulação.

Este trabalho visou contribuir para esse esforço, buscando, através de uma revisão criteriosa dos conceitos embutidos na ESML, tornar mais clara e sistemática a apresentação desses conceitos, resgatar algumas omissões, e, eventualmente, suprimir algumas ambigüidades dessa linguagem de representação.

Acreditamos que o profissional interessado encontrará auxílio não desprezível no estudo desse material em conjunto com a literatura original [1-5].

AGRADECIMENTOS

Nosso trabalho contou com o auxílio inestimável de Gernot Richter (GMD - Sankt Augustin), que contribuiu significativamente em todos os seus aspectos, tanto do ponto de vista da estrutura do texto quanto da crítica de seu conteúdo.

Deve ser ressaltado que, apesar dessa importante contribuição, é possível que falhas tenham restado. Essas falhas devem ser atribuídas exclusivamente ao autor do trabalho.

REFERÊNCIAS

01. "Structured Development for Real-Time Systems"
volume 1: Introduction & Tools, P.T.Ward & S.J.Mellor
volume 2: Essential Modeling Techniques, P.T.Ward & S.J.Mellor
volume 3: Implementation Modeling Techniques, S.J.Mellor & P.T.Ward
(Yourdon Press, 1985)
02. "The Transformation Schema: An Extension of the Data Flow Diagram
to Represent Control and Timing"
P.T.Ward
IEEE Transactions on Software Engineering, SE-12, No.2, p.198 (1986)
03. "Strategies for Real-Time Systems Specification"
D.J.Hatley & I.A.Pirbhai
(Dorset House Pub., 1987)
04. "A Comparison of the Ward/Mellor and Boeing/Hatley Real-Time Methods"
P.Ward & D.Keskar
Proceedings, 12th Structured Methods Conference (Chicago), p.356 (1988)
05. "ESML: An Extended Systems Modeling Language Based on the Data
Flow Diagram"
W.Bruyn, R.Jensen, D.Keskar & P.Ward
ACM SIGSOFT Software Engineering Notes, Vol.13, No.1, p.58 (1988)
06. "Uma Perspectiva Sistêmica sobre a Engenharia de Software"
G.Richter e B.Maffeo
Revista da Informática Teórica e Aplicada, Vol.1, No.1, pg.29 (1989)
07. "Towards a Rigorous Interpretation of ESML - Extended Systems
Modeling Language"
G.Richter e B.Maffeo
trabalho em andamento
08. "Modelagem da Dinâmica de Sistemas Interativos"
F.Quental
(Tese de Mestrado, PUC/RJ, janeiro de 1988)
09. "Using Structured Design"
W.P.Stevens
(John Wiley and Sons, 1981)
10. "Structured Design"
W.P.Stevens, G.J.Myers e L.L.Constantine
(IBM Systems Journal, vol. 13, nº 2, pg. 115)
11. "Composite Structured Design"
G.J.Myers
(Van Nostrand Reinhold, 1978)
12. "The Practical Guide to Structured Systems Design"
M.Page-Jones
(Yourdon Press, 1980)

13. "Structured Design: Fundamentals of a Discipline of Computer Program and System Design"
E.Yourdon e L.L.Constantine
(Yourdon Press, 1978)
14. "Systems Development Witout Pain"
P.T.Ward
(Yourdon Press, 1984)
15. "The Application of Real-Time Design Techniques to Simulation"
G.C.Wells
Software Engineering Journal, pg. 301 (novembro 1989)
16. "Essential Systems Analysis"
S.McMenamin e J.Palmer
(Yourdon Press, 1984)
17. "Petri Nets - An Introduction"
W.Reisig
(Springer Verlag, 1985)
18. "Nets of Places and Links: a coherent presentation of Petri Nets for systems modeling"
G.Richter e C.A.Heuser
(RP nº 128/90, UFRGS, Pós-Graduação em Ciência da Computação, julho de 1990; monografia)
19. "Engenharia de Software e Especificação de Requisitos"
B.Maffeo
(livro submetido para publicação)

NOTACAO PARA OS ELEMENTOS BASICOS

ATIVIDADE OPERACIONAL



primitiva
 (especificada por meios diferentes de um Esquema de Atividades)



nao-primitiva
 (especificada por outro Esquema de Atividades)

ATIVIDADE DE CONTROLE



primitiva
 (especificada por um "automato finito com saida", do tipo Healy ou do tipo Moore)

FUXOS QUE TRANSPORTAM VALOR (INFORMACAO OPERACIONAL_DADOS, MATERIAL, ENERGIA)

fluxo intermitente $\xrightarrow{\text{descriptor}}$ comentarios, delimitados por asteriscos, podem ser acrescentados abaixo do simbolo grafico do fluxo

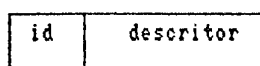
fluxo contínuo $\xrightarrow{\text{descriptor}}$

FLUXOS QUE NAO TRANSPORTAM VALOR (INFORMACAO DE CONTROLE)

<fluxo intermitente> **sinal** $\xrightarrow{\text{descriptor}}$

<fluxo intermitente> **comando** -----D disparo
 -----H habilitacao
 -----I inabilitacao
 -----S suspensao
 -----R retomada
 -----A ativacao (par H/I)
 -----P pausa (par S/R)
 -----X qualquer um acima:
 D|H|I|S|R|A|P

DEPOSITO PERMANENTE (INFORMACAO OPERACIONAL_DADOS)



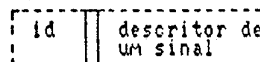
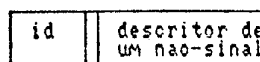
comentarios podem ser anexados entre asteriscos

id = DE | DI (os acessos de entrada (leitura) e de saída (escrita) são identificados a partir da perspectiva da atividade)

DE = deposito externo

DI = deposito interno

DEPOSITO TEMPORARIO (SINAL, INFORMACAO OPERACIONAL_DADOS, MATERIAL, ENERGIA)



(os acessos de entrada e de saída são identificados a partir da perspectiva da atividade)

FIGURA 1

ESPECIFICACAO DE UMA ATIVIDADE DE CONTROLE

DIAGRAMA DE ESTADO-TRANSICAO PARA AUTOMATO MEALY

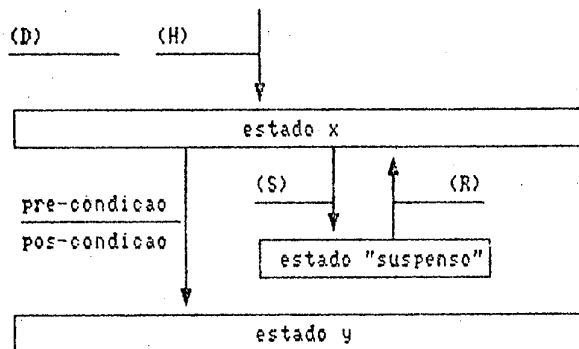


FIGURA 2

TABELA DE ATIVACAO PARA AUTOMATO MOORE

ENTRADA		SAIDA			
VALOR	DE	COMANDO PARA		EMISSAO DE SINAL OU	
	°	ATIVIDADE		MODIFICACAO DE VALOR ARMazenADO	
FLUXO	ELEMENTO	A1	A2	SINAL	ELEMENTO
1	1			1	3 :=

FIGURA 3

MUDANCAS DE ESTADO DEVIDAS A COMANDOS DE ENTRADA

TABELA DE TRANSICOES

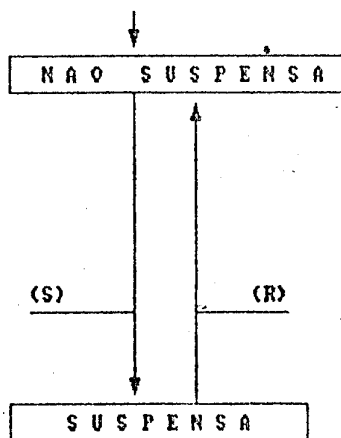
PROXIMO COMANDO		SUSPENSÃO	RETOMADA	DISPARO	HABILITAÇÃO	INABILITAÇÃO
ESTADO CORRENTE		S	R	D	H	I
ALERTA	SUSPENSÃO	↑	↓			
	NAO SUSPENSÃO					
DISPARADA	SUSPENSÃO	↑	↓			
	NAO SUSPENSÃO					
NAO DISPARADA				↑ ↓		
HABILITADA	SUSPENSÃO	↑	↓			
	NAO SUSPENSÃO					
NAO HABILITADA (INABILITADA)					↑	↓ ↓

* SE HOUVER SUSPENSÃO/RETOMADA, SENÃO O ESTADO NAO SE DESDOBRA OU A COLUNA NAO EXISTE
 Uma caixa sem um "arco de saída" significa NENHUM EFEITO.
 O arco tracejado significa RETORNO AO ESTADO "NAO DISPARADA" SEM QUALQUER CONTROLE EXTERNO.

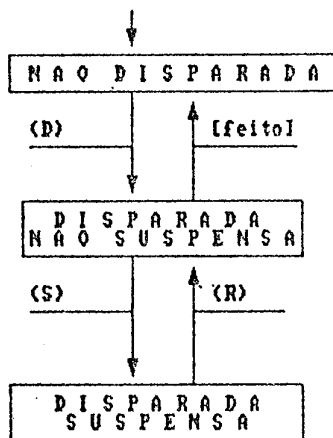
FIGURA 4

DIAGRAMA DE ESTADO-TRANSICAO PARA CADA MODO DE CONTROLE

atividade alerta:



atividade disparada:



atividade habilitada/inabilitada:

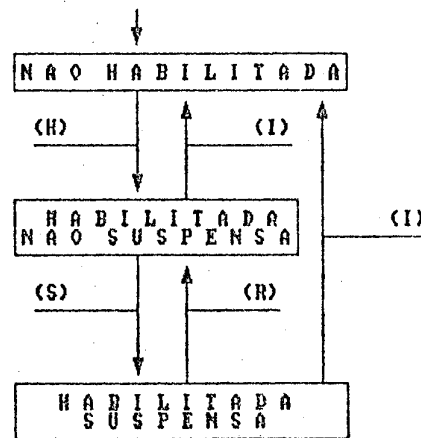
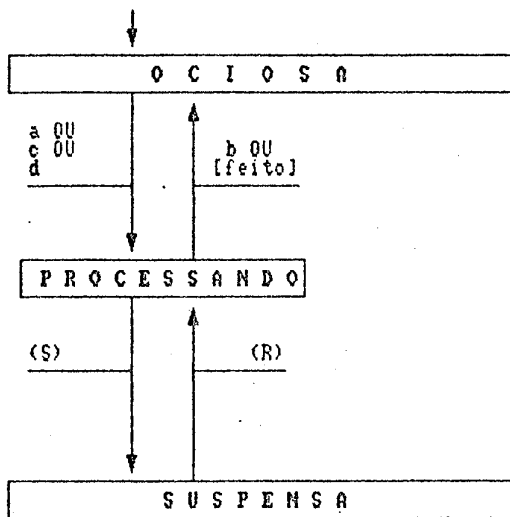


FIGURA 5

ATIVACAO E DESATIVACAO DE ATIVIDADES OPERACIONAIS

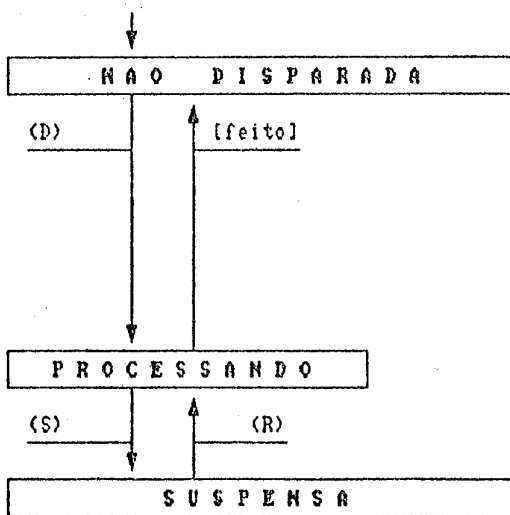
ATIVIDADE ALERTA



- a : (re-)começo de produção de fluxo contínuo
- b : (re-)termino de produção de fluxo contínuo
- c : chegada de fluxo intermitente que transporta valor
- d : chegada de ponto no tempo

OCIOSA → ALERTA, não executando ações
 PROCESSANDO → DISPARADA NÃO SUSPENSA /
 HABILITADA NÃO SUSPENSA, executando ações

ATIVIDADE DISPARADA



ATIVIDADE HABILITADA/INABILITADA

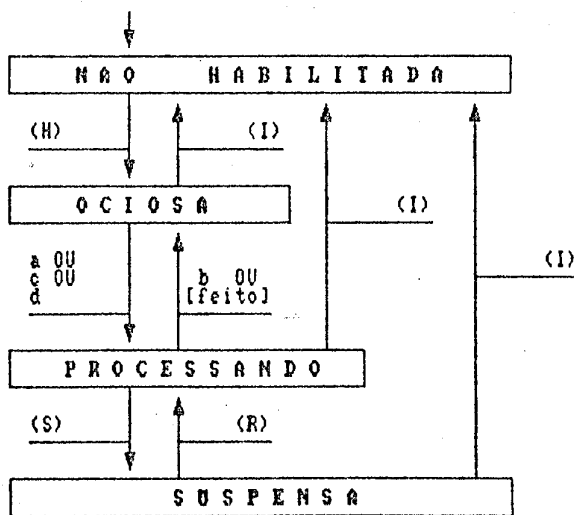
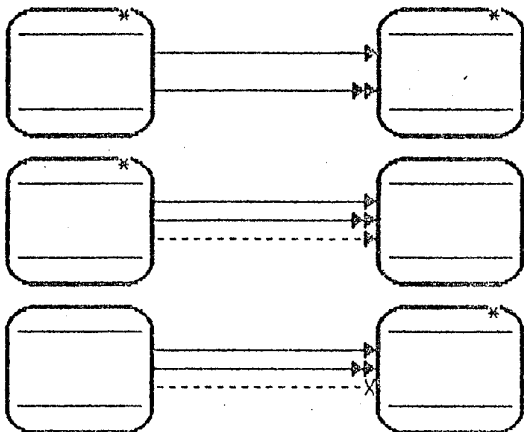


FIGURA 6

ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR FLUXOS

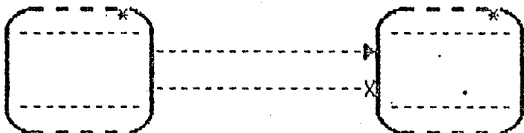
"CONEXOES POR FLUXO" ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS"



para haver o recebimento do fluxo de controle, no caso um "sinal", a atividade nao-primitiva deve conter, em sua decomposicao, pelo menos uma "atividade de controle"

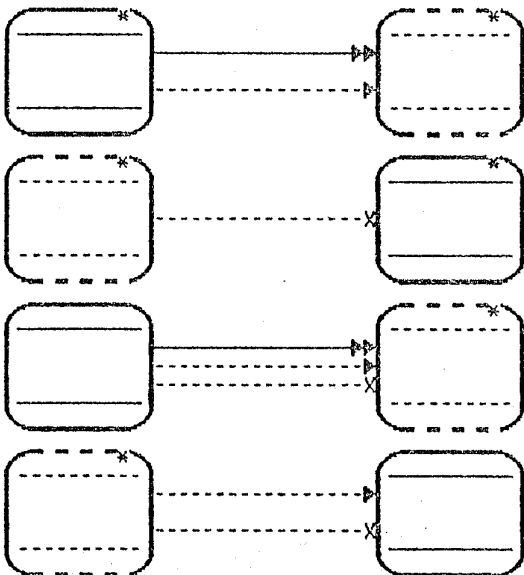
para haver a producao do fluxo de controle, no caso um "comando", a atividade nao-primitiva deve conter, em sua decomposicao, pelo menos uma "atividade de controle"

"CONEXOES POR FLUXO" ENTRE "ATIVIDADES DE CONTROLE"



uma "atividade de controle" que receba um "comando" não pode, direta ou indiretamente, devolver um "comando" para a atividade de origem (isso violaria a "hierarquia de controle" que, em principio, pretende-se modelar)

"CONEXOES POR FLUXO" ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS" E "ATIVIDADES DE CONTROLE"



para haver a producao do fluxo de controle, no caso um "comando", a atividade nao-primitiva deve conter, em sua decomposicao, pelo menos uma "atividade de controle"

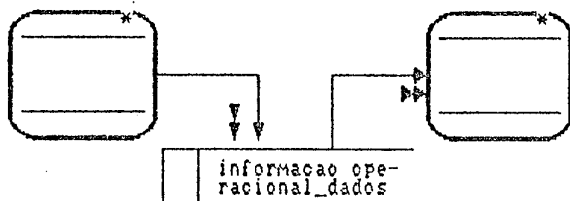
para haver a producao do "sinal", a atividade nao-primitiva deve conter, em sua decomposicao, pelo menos uma "atividade de controle"

FIGURA 7

ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR DEPOSITOS PERMANENTES

"CONEXOES POR DEPOSITOS PERMANENTES"

ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS"



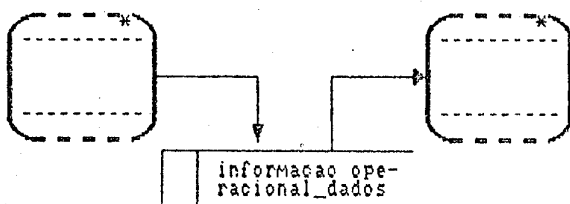
acesso de entrada/leitura: uso nao-destrutivo do conteudo do deposito [leitura de valor(es) armazenad(s) no deposito]

acesso de saida/escrita: alteracao do conteudo do deposito [inclusao, eliminacao ou modificacao de valor(es) armazenado(s) no deposito]

as setas duplas incidentes sobre o deposito e sobre a atividade indicam a alternativa de acesso continuo

"CONEXOES POR DEPOSITOS PERMANENTES"

ENTRE "ATIVIDADES DE CONTROLE"



acesso de entrada/leitura: uso nao-destrutivo do conteudo do deposito [leitura de valor(es) armazenado(s) no deposito]

acesso de saida/escrita: alteracao do conteudo do deposito [inclusao, eliminacao ou modificacao de valor(es) armazenado(s) no deposito]

"CONEXOES POR DEPOSITOS PERMANENTES" ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS" E "ATIVIDADES DE CONTROLE"

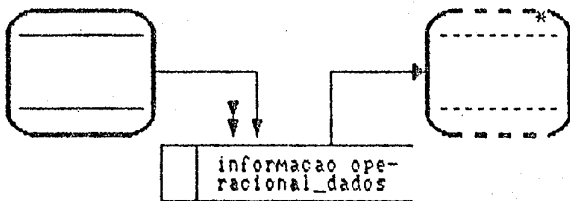
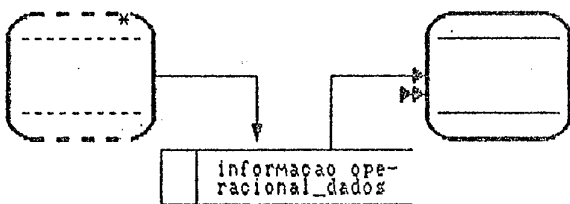
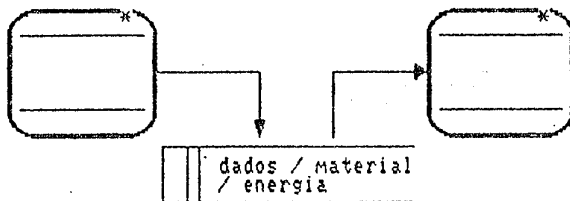


FIGURA 8

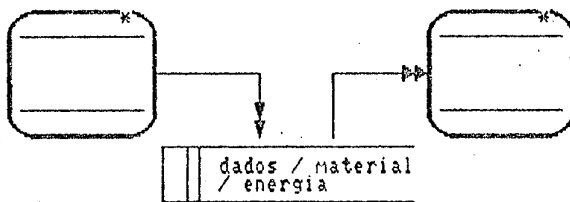
ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR DEPOSITOS TEMPORARIOS

"CONEXOES POR DEPOSITOS TEMPORARIOS"
ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS"



acesso de entrada/leitura: consumo de um numero inteiro de "unidades de conteudo" do deposito

acesso de saida/escrita: producao e armazenamento de um numero inteiro de "unidades de conteudo" do deposito



acesso de entrada/leitura: consumo continuo de "unidades de conteudo" do deposito

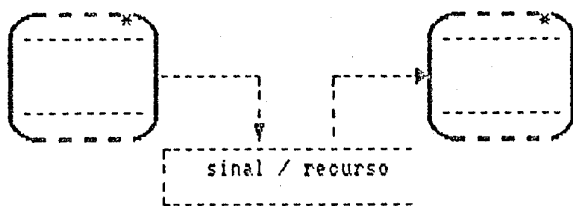
acesso de saida/escrita: producao e armazenamento continuos de "unidades de conteudo" do deposito

FIGURA 9

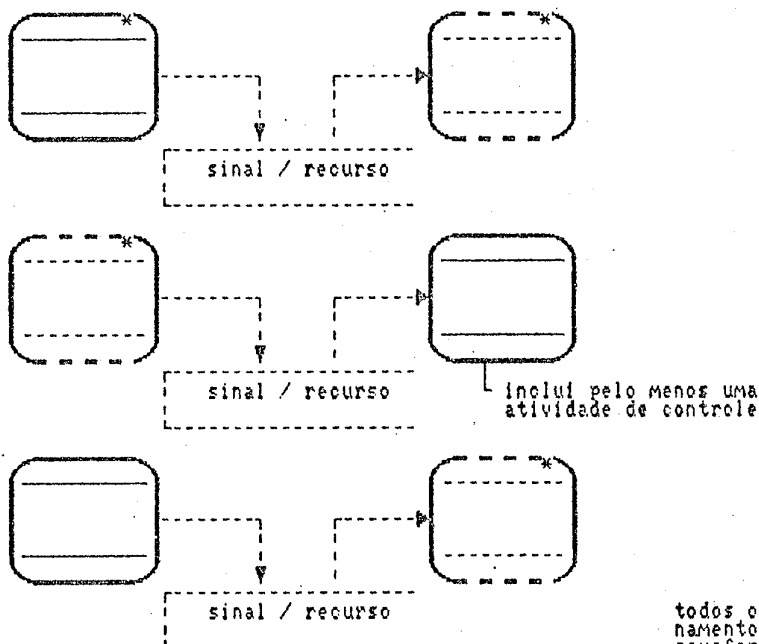
ATIVIDADES INTERCONECTADAS POR DEPOSITOS TEMPORARIOS

(cont.)

"CONEXOES POR DEPOSITOS TEMPORARIOS" ENTRE "ATIVIDADES DE CONTROLE"



"CONEXOES POR DEPOSITOS TEMPORARIOS" ENTRE "ATIVIDADES OPERACIONAIS" E "ATIVIDADES DE CONTROLE"



todos os quatro diagramas possuem o seguinte refinamento (abstracao de um mecanismo de controle por semaforos):

sinal → ocorrencia de algum evento
 recurso → disponibilidade de algum recurso

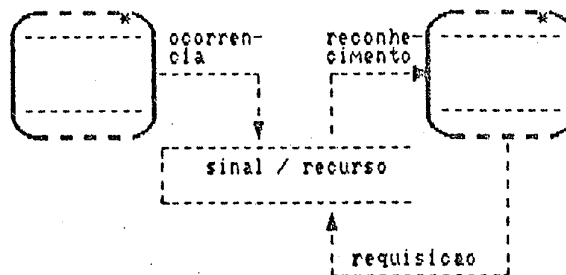
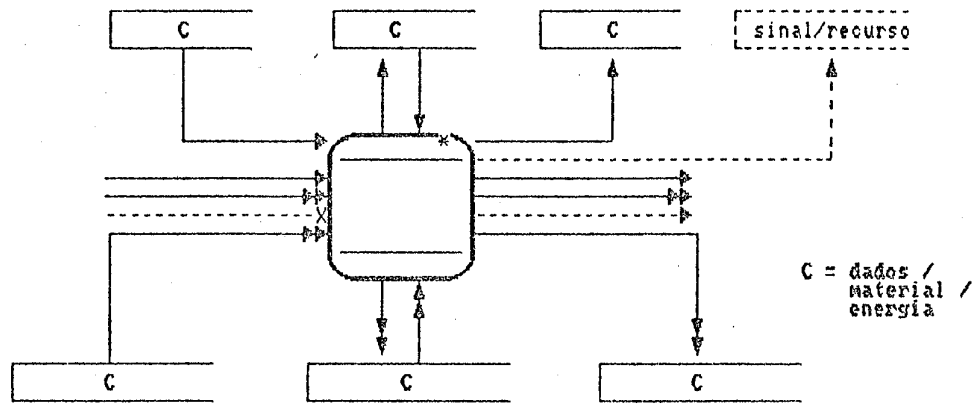


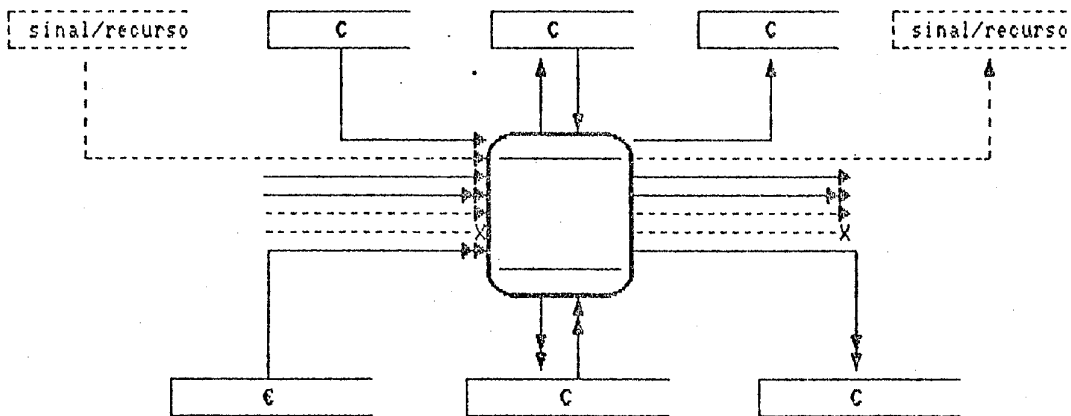
FIGURA 10

ENTRADAS PARA E SAIDAS DE ATIVIDADES

ATIVIDADE OPERACIONAL PRIMITIVA



ATIVIDADE OPERACIONAL NAO-PRIMITIVA



ATIVIDADE DE CONTROLE

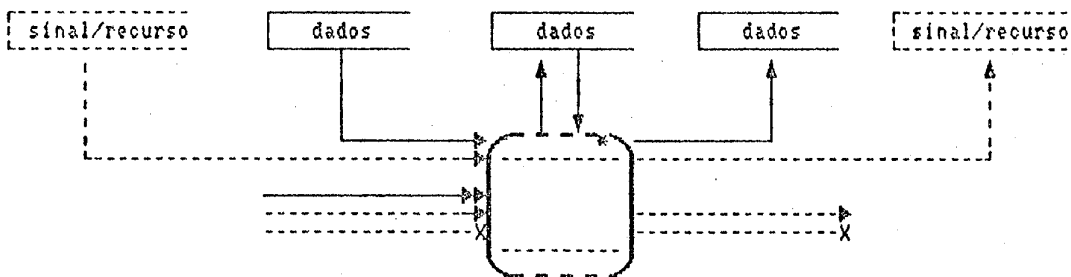


FIGURA 11

TABELA DE COLOCACAO DE TOKENS

COLOCACAO DO TOKEN	INTERPRETACAO QUANDO PRESENTE	INTERPRETACAO QUANDO AUSENTE
FLUXO DE ENTRADA INTERMITENTE	chegada de entrada	nenhuma entrada presente
FLUXO DE SAIDA INTERMITENTE	elaboracao de saida discreta*	nenhuma saida produzida
FLUXO DE ENTRADA CONTINUO	entrada tem algum valor	nenhuma entrada presente
FLUXO DE SAIDA CONTINUO	elaboracao de saida continua	nenhuma saida produzida
FLUXO VIRTUAL DE CONTROLE	ocorrencia de algum ponto privilegiado do tempo	ponto do tempo nao e privilegiado
DEPOSITO PERMANENTE LIGADO A ATIVIDADE DE CONTROLE	pre-condicao deve ser avaliada usando o valor indicado no token (especial)	nao existe pre-condicao que dependa de valor(es) armazenado(s) no deposito
ATIVIDADE	entradas sao processaveis	nenhuma entrada sera aceita

* o token deve ser retirado antes da execucao seguinte da atividade que produziu a saida

FIGURA 12

PLANO DE EXECUCAO

PASSO	TEMPO	PRE-CONDICOES	COLOCACAO DE TOKENS DE ENTRADA	SELECAO DE SAIDA	COLOCACAO RESULTANTE DE TOKENS
INICIAL					
1					
2					
...					
N					

FIGURA 13