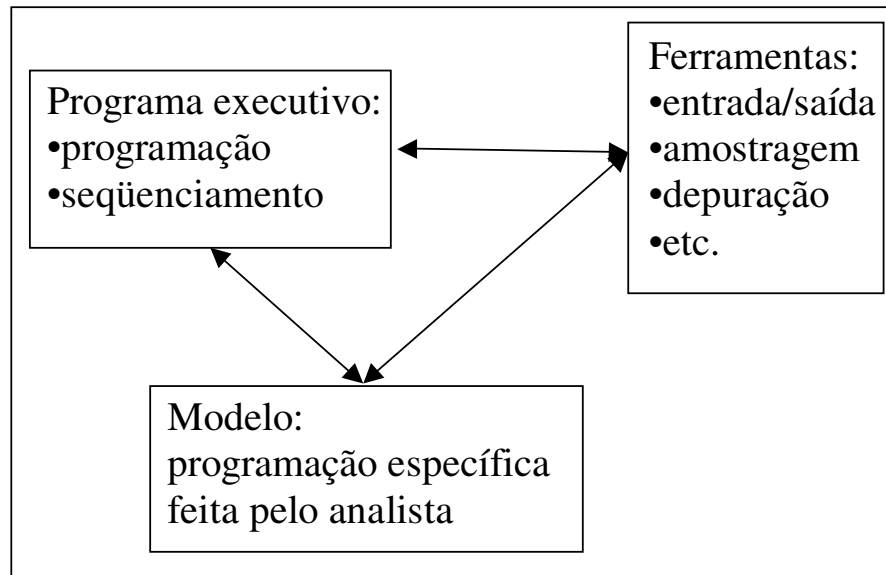


# ABORDAGENS USADAS EM SIMULAÇÃO

## Estrutura geral de um programa de simulação:



## 1 – Abordagem pelo método das três fases:

É uma das formas de estruturação de programas de simulação a eventos discretos. Foi apresentado por Tocher em 1963. Suas principais características são descritas a seguir.

### Conceitos de evento e relógio de simulação:

Um evento pode ser entendido como uma mudança no estado do sistema em processo de simulação. Toda atividade está delimitada por dois eventos, o primeiro que caracteriza seu início e o segundo seu término.

O relógio da simulação corresponde ao instante corrente da mesma. O relógio sempre avança para o instante em que ocorrerá o evento mais próximo, o que implica em um avanço a intervalos quase sempre variáveis. Sendo assim, o programa de simulação deve dispor de recursos para descobrir quando ocorrerá o próximo evento e avançar o relógio da simulação até ele.

## Tipos de eventos

Existem dois tipos de eventos associados ao método das três fases: os eventos que caracterizam o início e aqueles que caracterizam o fim da atividade. Tais eventos são conhecidos como eventos do tipo C (início da atividade) e eventos do tipo B (fim da atividade). Todo evento C é tido como condicional, pois para uma atividade ter início uma ou mais condições sempre devem ser satisfeitas. A cada atividade está associado um único evento C, que está condicionado à existência de entidades nas filas e/ou fontes que precedem a atividade. Como a duração de cada atividade é determinada antes de seu início, através de amostragem ou deterministicamente, os eventos B têm seus inícios ou ocorrências predeterminadas. Para cada entidade participante da atividade é definido um evento B distinto. Assim, a cada atividade está associado um único evento C e tantos eventos B quantas forem as entidades que dela participam. O evento B libera as entidades que participaram da atividade a ele relacionada para as filas subsequentes àquela atividade.

## As fases A, B e C

As três fases que caracterizam o método são:

### Fase A:

Corresponde ao avanço do relógio da simulação. Nesta fase o relógio é avançado para o instante quando se dará o término da próxima atividade. Para tanto, o programa consulta a lista de eventos B e encontra aquele que ocorrerá em primeiro lugar.

### Fase B:

Termina a atividade e executa todos eventos B programados para aquele momento, liberando as entidades para as filas subsequentes.

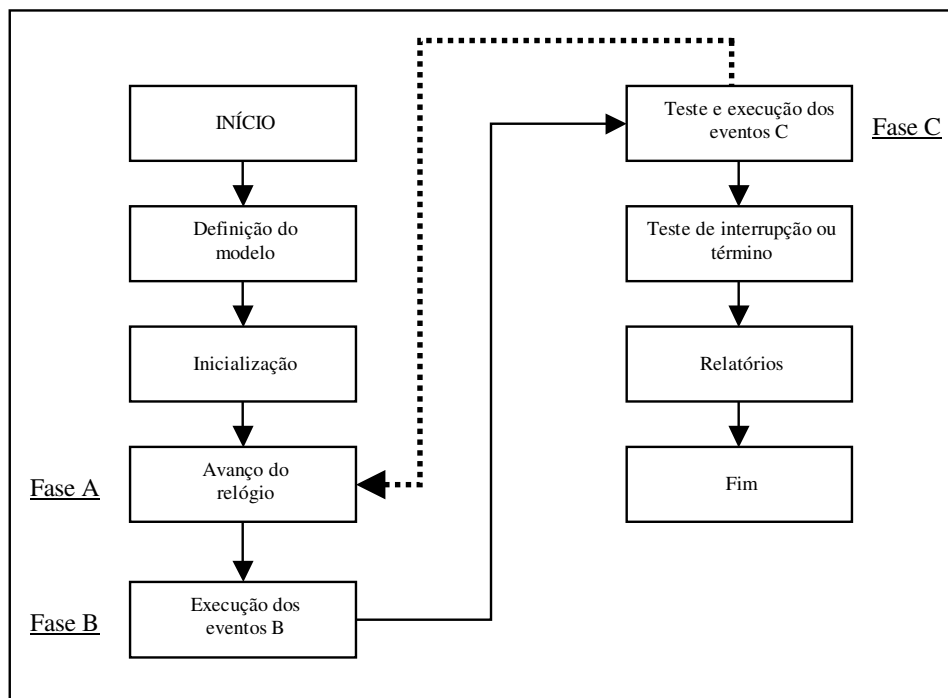
### Fase C:

Executa a verificação das condições de início de todas as atividades do sistema. Inicia as atividades cujas condições foram satisfeitas, calculando suas durações e programando os eventos B associados a elas. O início de cada atividade é caracterizado pela saída das entidades das filas que a precedem. Uma atividade é iniciada quantas vezes sua condição de início for satisfeita.

A ordem de checagem das condições de início das atividades segue a ordem suas prioridades predefinidas. Quando todas as atividades passíveis são iniciadas termina a fase C e retorna-se à fase A até a interrupção do programa e/ou seu término.

Como pode ser notado no início da simulação, ou seja, quando o relógio está no instante zero, nenhum evento B acontece, pois não existe nenhuma atividade em andamento. Sendo assim, o sistema deve ser modelado de tal forma que no instante zero possa ocorrer o início de pelo menos uma atividade. Por isto as entidades permanentes são colocadas em filas adequadas antes do início da simulação. Para as entidades temporárias não existe esta preocupação.

Uma última e importante consideração sobre a estruturação dos programas diz respeito ao tempo de aquecimento. Grande parte dos sistemas simulados necessitam de um tempo de simulação inicial, onde não se coletam dados estatísticos, para saírem do regime transiente e entrarem no regime estável de execução. Este intervalo de tempo é denominado tempo de aquecimento do sistema. Isto é alcançado com uso de atividades especiais que geram eventos B programados com esta finalidade.



Estrutura de um programa baseado no método das três fases

## **2 – Abordagem por eventos:**

Usada desde a década de 60 devido a ampla utilização da linguagem de simulação SIMSCRIPT (originada do trabalho de Markowitz et al em 1963).

Enquanto na abordagem pelo método das três fases temos blocos B's e C's, na abordagem por eventos as partições dos eventos são conhecidas como Rotinas de Eventos, que são um conjunto de declarações que expressam toda as conseqüências lógicas que podem ter origem a partir de um evento.

Processamento de uma simulação baseada na abordagem por eventos:

1 – Exame do calendário de eventos para encontrar o próximo evento a ocorrer

e mover o relógio da simulação para este ponto. Move o(s) evento(s) que ocorrerá (ão) neste tempo para a lista de eventos correntes.

2 – Mantém o relógio parado e executa todas as rotinas de eventos que estão na lista de eventos correntes.

Este ciclo se repete até o fim da simulação.

OBS: Na abordagem por eventos a simulação se processa mais rapidamente porque o programa não precisa testar, a cada passo, todos eventos C's. Ao invés disso, todas as conseqüências lógicas de um evento são previstas nas rotinas de eventos. Por outro lado, a programação de modelos mais complexos fica mais difícil e a possibilidade de desenvolvimento modular fica mais complexa.

### **3 – Abordagem por atividades:**

Foi a base original do método das três fases. Nos EUA, muitos estudiosos confundem estas duas abordagens. Surgiu na Inglaterra e foi usada na linguagem CSL (Buxton & Laski, 1962), desenvolvida pela Esso e IBM. A base desta abordagem são atividades. Os eventos B e C são expressos por atividades.

Processamento de uma simulação baseada na abordagem por atividades:

1 – Exame do calendário de eventos para encontrar o próximo evento a ocorrer e mover o relógio da simulação para este ponto.

2 – Varre repetitivamente todas as atividades, fazendo seus testes de execução, para descobrir aquelas que podem ser executadas no instante corrente.

Este ciclo é repetido até a simulação terminar.

Obs: Este tipo de simulação é mais lenta pois a varredura de todas as atividades deve acontecer a cada avanço do relógio.

### **4 – Abordagem por processos:**

Usado primeiramente no sistema SIMULA (Dahl & Nygaard, 1966).

Para modelar um sistema usando as abordagens anteriores, é necessário que o analista considere o processo (ou ciclo de vida) de cada classe de entidades e quebrá-lo em partes fundamentais. Na abordagem por processos, o bloco básico de construção do modelo é o processo de cada classe de entidades. Um processo é definido como uma seqüência de operações através das quais uma entidade deve passar durante sua vida no sistema. Cada classe de entidades tem seu próprio processo. Assim, uma simulação baseada em processos consiste num conjunto de processos, pelo menos um para cada entidade. Durante a simulação, entidades serão criadas como membros dessas classes e seguirão o processo previsto para a classe. O programa executivo controla, a cada instante da simulação, o movimento dessas entidades pelos processos. O progresso no movimento da entidade pode ser suspenso por duas condições:

- Retardos incondicionais: retardos cujos tempos são determinados a priori, normalmente por amostragem. Este tipo de retardo acontece quando uma entidade participa de uma atividade.

- Retardos condicionais: retardos cujos tempos não são determinados a priori. Isto ocorre quando as entidades têm seu movimento suspenso devido à espera de atendimento de condições para prosseguir seu processo (espera em filas).

Processamento de uma simulação baseada na abordagem por processos:

Teoricamente um processo é uma lista de operações cronologicamente ordenada. O programa executivo precisa saber em quais pontos uma entidade pode ter seu curso suspenso por retardos condicionais e incondicionais. Desta forma, cada processo deve conter pontos de reativação, nos quais as entidades suspensas retornam ao processo. Um programa executivo deve manter um registro para cada entidade que contenha dois campos: seu tempo de reativação e seu próximo ponto de reativação. O programa executivo deve então manter duas listas destes registros:

- 1 – Lista de eventos futuros: lista contendo uma seqüência cronológica de registros daquelas entidades cujo progresso está suspenso incondicionalmente.
- 2 – Lista de eventos correntes: a qualquer instante da simulação, esta lista contém registros de dois tipos de entidades. Primeiro, aquelas cujo progresso está suspenso incondicionalmente e cujas reativações devem ocorrer no instante corrente da simulação. Segundo aquelas entidades cujo progresso está suspenso condicionalmente.

O programa executivo a cada instante realiza as seguintes fases:

- 1 – Varre a lista de eventos futuros para determinar o tempo do próximo evento. Avança o relógio da simulação até este instante.
- 2 – Move as entidades, cujo tempo de reativação é igual ao tempo corrente, da lista de eventos futuros para a lista de eventos correntes.
- 3 – Varre a lista de eventos correntes e move as entidades que apresentarem condições, ao longo de seu processo, até o mesmo ser completado ou ser suspenso por retardos condicionais ou incondicionais. Se o retardo for incondicional, a entidade terá seus registros movidos para a lista de eventos futuros. O programa registra seu próximo ponto de reativação.

Este ciclo é repetido até a simulação terminar.