

Modelação e Simulação Inteligente

Simulação Discreta Abordagem por Eventos

Paulo Matos

P. PORTO

isep Instituto Superior de
Engenharia da Porto

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
INFORMÁTICA

© DEI/ISEP

1

Disclaimer

Materiais e Slides

- Materiais/slides são adaptados dos slides criados pela prof. Isabel Praça

2023/24

MODSS

2

© DEI/ISEP

2

Simulação Discreta

- Abordagem por Eventos
 - Focada nos instantes da simulação em que se prevêem transições de estado no sistema
 - A cada transição é associado um evento
 - Criar o modelo é descrever para cada evento relevante do sistema, o conjunto das acções a ele associadas
 - acções essas que deverão ser executadas sempre que esse evento surja na simulação

© DEI/ISEP

3

Simulação Discreta por Eventos

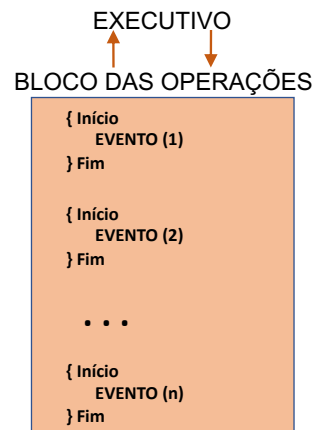
- Bloco das Operações
 - Conjunto de todas as rotinas que descrevem os eventos no sistema
 - Tantas rotinas quanto o número de eventos considerados relevantes no sistema
- Executivo
 - Incrementar o tempo de simulação
 - Encadear no tempo a execução das rotinas de eventos associadas ao Bloco de Operações

© DEI/ISEP

4

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das operações como um conjunto de rotinas de eventos



© DEI/ISEP

5

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações
 - Rotinas de Eventos
 - Não necessitam de obedecer a uma estrutura rígida de organização interna
 - Não necessitam cabeçalho de teste
 - A partir do momento em que um evento é escalonado, ele deverá sempre acontecer
 - Através das ações nelas incluídas é suposto o sistema evoluir de estado em estado
 - Marcação de eventos futuros

© DEI/ISEP

6

Simulação Discreta por Eventos

- Eventos e Actividades



© DEI/ISEP

7

Simulação Discreta por Eventos

- Rotinas de Eventos
 - Atividades Mortas
 - Evento de Início
 - Mudança de estado
 - Atividades Vivas
 - Evento de Início
 - Mudança de estado
 - Marcação do evento de fim (atividades com duração bem definida)
 - Evento de Fim

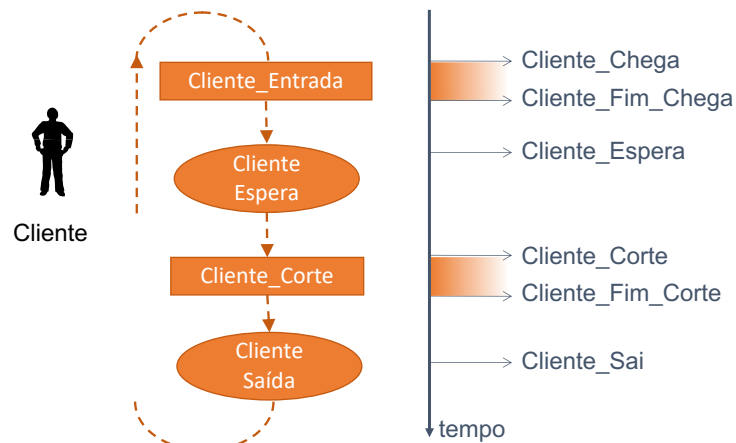
© DEI/ISEP

8

Simulação Discreta por Eventos

•Exemplo Barbearia

•Ciclo de Atividades e Encadeamento de Eventos



© DEI/ISEP

9

Simulação Discreta por Eventos

Eventos “a ignorar”

- Cliente_Espera
 - Acontece no mesmo instante do evento Cliente_Fim_Chega
- Cliente_Sai
 - Acontece no mesmo instante do evento Cliente_Fim_Corte

Eventos relevantes

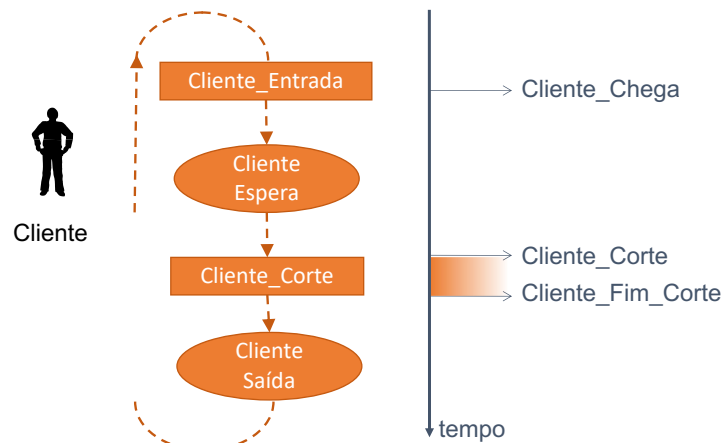
- Cliente_Chega
- Cliente_Fim_Chega
 - Ignorado ao considerar a entrada como uma atividade instantânea
- Cliente_Corte
- Cliente_Fim_Corte

© DEI/ISEP

10

Simulação Discreta por Eventos

- Exemplo Barbearia - Eventos Relevantes



© DEI/ISEP

11

Simulação Discreta por Eventos

- Barbearia – Rotina Evento Cliente_Chega

```
Chega() {  
    1. retira cliente atual do exterior  
    2. coloca cliente da fila ClientesEmEspera  
    3. cria próximo cliente (cliente2)  
    4. calcula o instante em que ele chegará (tnext)  
    5. Escalonar(Cliente_Chega, tnext) // marca próxima chegada  
  
    // se só existir o cliente atual na espera e o barbeiro estiver livre  
    // pode marcar o evento de início de corte para o instante atual  
    6. if( ClientesEmEspera.tamanho==1 && barbeiro.estado==LIVRE)  
        Escalonar(Cliente_Corte, tsim) // marca início do corte  
}
```

© DEI/ISEP

12

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações
 - Rotina de Evento que assinala o início de uma atividade morta
 - Colocar a respetiva entidade no estado morto correspondente
 - Caso só exista uma entidade neste estado morto, verificar se a próxima atividade viva pode ter início
 - Se sim, marcar de imediato a ocorrência do evento de início dessa atividade viva

© DEI/ISEP

13

Simulação Discreta por Eventos

- Barbearia – Rotina Evento Cliente_Corte

```
Cliente_Corte() {  
  1. cliente.estado = CORTE  
  2. barbeiro.estado = OCUPADO  
  3. calcula o tempo que durará o corte (tcorte)  
  4. Escalonar(Cliente_Fim_Corte, tsim + tcorte) // marca fim do corte  
}
```

© DEI/ISEP

14

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações
 - Rotina de Evento que assinala o início de uma atividade viva
 - Retirar as entidades a envolver nesta atividade dos respetivos estados mortos anteriores e colocá-las no presente estado vivo
 - Escalonar o evento de fim da presente atividade viva

© DEI/ISEP

15

Simulação Discreta por Eventos

- Barbearia – Rotina Evento Cliente_Fim_Corte

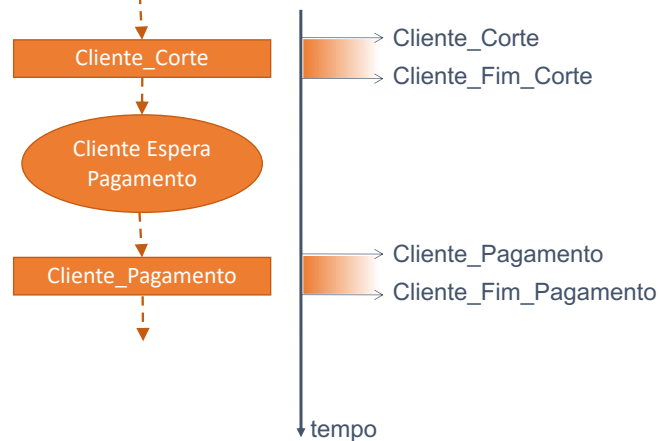
```
Cliente_Fim_Corte() {  
    1. cliente.estado = SAIDA // elimina cliente  
    2. barbeiro.estado = LIVRE  
  
    // se existir algum cliente em espera, marca o início do corte para  
    // acontecer de imediato  
    3. if( ClientesEmEspera.tamanho>0)  
        Escalonar(Cliente_Corte, tsim) // início do corte imediato  
}
```

© DEI/ISEP

16

Simulação Discreta por Eventos

- Exemplo Barbearia — Incluir Posto de Pagamento



© DEI/ISEP

17

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações
 - Rotina de Evento que assinala o fim de uma atividade viva
 - Libertar as entidades envolvidas na atividade viva que finda, colocando-as nos próximos estados mortos
 - Verificar se a atividade viva que termina pode ser de novo iniciada
 - Se sim, escalonar de imediato o respetivo evento de início
 - Caso só exista uma entidade no estado morto de acesso à próxima atividade viva, e se essa atividade viva puder ser iniciada no momento
 - Escalonar de imediato o respetivo evento de início

© DEI/ISEP

18

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações
 - Rotinas de Eventos
 - Estabelecer com precisão o encadeamento de eventos é uma tarefa crítica nesta abordagem
 - Umas rotinas marcam a futura execução de outras
 - Assegurar que não serão executados mais eventos que aqueles que realmente descrevem a dinâmica do sistema
 - Em sistemas complexos, o uso deste tipo de diretivas na organização das rotinas, poderá contribuir para minimizar a incidência de erros durante o processo de criação do modelo

© DEI/ISEP

19

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco das Operações – Recolha de Dados
 - Recolha da informação relevante para cálculo das medidas de desempenho do sistema
 - Executar de acordo com a frequência com que interessa recolher a informação
 - **Invocar no processamento de um novo evento**

© DEI/ISEP

20

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco Executivo
 - Responsável pela dinâmica do sistema
 - Baseado num ciclo, que se divide pelas tarefas
 - Incrementar o tempo da simulação
 - Executar as operações descritas no respetivo Bloco de Operações
 - Simulação para quando, por qualquer motivo, for quebrado o ciclo

© DEI/ISEP

21

Simulação Discreta por Eventos

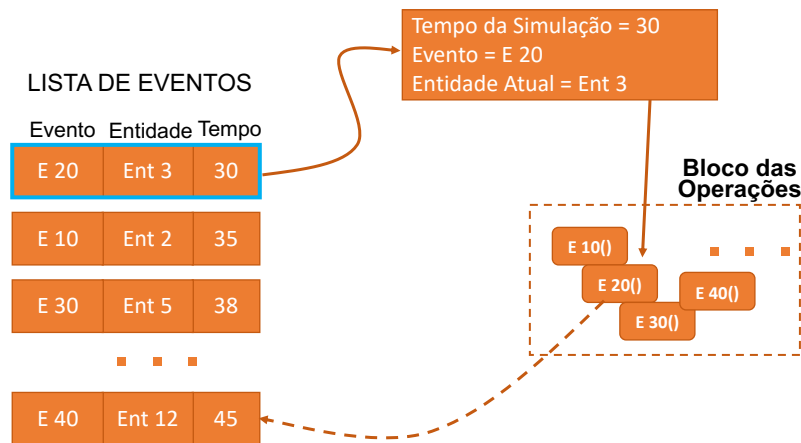
- Bloco Executivo
 - Incrementar o tempo da simulação
 - Analisar Lista com os Eventos já escalonados organizados por ordem cronológica
 - Representação dos Eventos
 - Identificação
 - Instante de ocorrência
 - Entidade associada ao evento
 - Executar as operações descritas no respetivo Bloco de Operações
 - É executada apenas a rotina associada ao evento em processamento

© DEI/ISEP

22

Simulação Discreta por Eventos

- Ciclo do Executivo na abordagem por Eventos



© DEI/ISEP

23

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco Executivo – apoio à implementação

```
Executivo() {
    while (fim != FALSE) {
        // varrimento do tempo
        1. evento = listaEventos.getElementoCabeca()
        2. tsim = evento.tempo
        3. EntAtual = evento.entidade

        // identificação de evento atual e chamada à respetiva rotina
        if (evento.tipo == evento1) evento1()
        else if (evento.tipo == evento2) evento2()
        ...
        else if (evento.tipo == eventoN) eventoN()
    }
}
```

© DEI/ISEP

24

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco Executivo
 - Maioria dos eventos surge como resultado de outros acontecimentos, e, como tal, depende da forma como o sistema evolui, devendo ser marcados no decorrer da própria simulação
 - Necessidade de organizar a lista de eventos antes de cada incremento de tempo
 - A função Escalonar
 - Tarefa de inserir na Lista de Eventos o evento pretendido
 - Marcar os eventos por ordem de prioridade, caso estes tenham o mesmo instante de ocorrência
 - Usada principalmente nas rotinas de tratamento de eventos, já que, é durante a execução destas que a maioria dos novos eventos vão surgindo

© DEI/ISEP

25

Simulação Discreta por Eventos

- Bloco Executivo – função Escalonar

LISTA DE EVENTOS

Evento	Entidade	Tempo
E 20	Ent 3	30
E 10	Ent 2	35
E 30	Ent 5	38
...		
E 10	Ent 3	40
E 40	Ent 12	45

Rotina Evento()
{

Escalonar
(E10, Ent 3, 40)

}

© DEI/ISEP

26

Simulação Discreta por Eventos

- **Características**

- Cada rotina, ao contrário do que acontecia na abordagem por atividades, é executada de forma independente das outras, e por conseguinte, a localização do código no Bloco das Operações, em nada influencia o comportamento do modelo
 - O analista não tem de se preocupar com a ordem pela qual o código irá ser escrito - versatilidade
- Devido à mesma independência das rotinas, mais facilmente podem ocorrer eventos correspondentes ao fim de atividades antes daqueles que assinalam os seus inícios
- Não é necessário percorrer todas as rotinas para verificar quais as que devem ser executadas, pois a única rotina a ser executada em cada ciclo é a que corresponde ao evento retirado do topo da lista de eventos
- Eficiência e versatilidade para modelar qualquer tipo de sistema

© DEI/ISEP

27

Simulação Discreta por Eventos

- Eficiência e versatilidade para modelar qualquer tipo de sistema
 - Conseguída à custa da reorganização da Lista de Eventos
 - Normalmente assegurada pela função “Escalonar()”
 - Apesar das vantagens que daí advêm, não esquecer que aumenta o tempo de processamento
 - Selecionar Algoritmo de ordenação da lista com baixa complexidade temporal
 - Escolher a estrutura de dados adequada à sua manutenção pode também minimizar a complexidade temporal do simulador

© DEI/ISEP

28

Modelação e Simulação Inteligente

Simulação Discreta Abordagem por Eventos

Paulo Matos

P. PORTO

isep Instituto Superior de
Engenharia da Porto

**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA
INFORMÁTICA**

© DEI/ISEP