

DCA-0125 Sistemas de Tempo Real

Luiz Affonso Guedes
www.dca.ufrn.br/~affonso
affonso@dca.ufrn.br



Conceitos de Tempo

Tempo Global

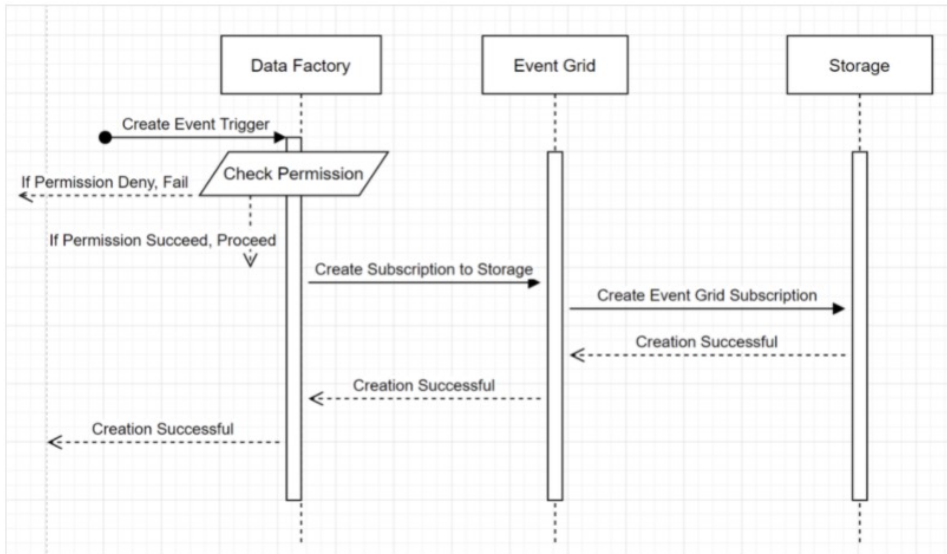
Conteúdo

- ❑ Conceitos de tempo
- ❑ Ordenação temporal e clocks
- ❑ Precisão e acurácia temporal
- ❑ Padrões de tempo
- ❑ Medição de tempo
- ❑ Tempo denso e tempo esparso
- ❑ Sincronização interna e externa de clock

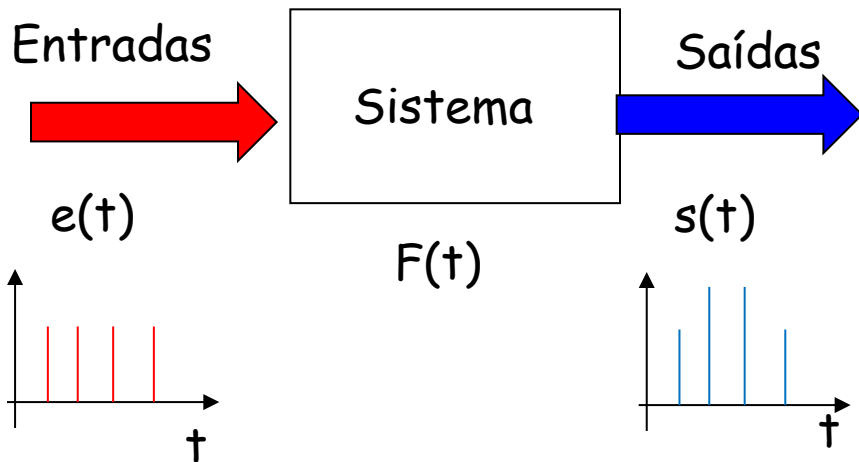
Objetivos do Capítulo

- ❑ Discutir conceito de tempo e ordenação temporal.
- ❑ Analisar os parâmetros que influenciam na qualidade da medição temporal.
- ❑ Apresentar conceito de tempo denso e tempo esparso.
- ❑ Apresentar conceito de tempo físico e tempo computacional.
- ❑ Discutir acurácia e precisão na medição temporal.
- ❑ Exemplo de medição de tempo

Sistemas Orientados a Eventos x Sistemas Orientados a Tempo



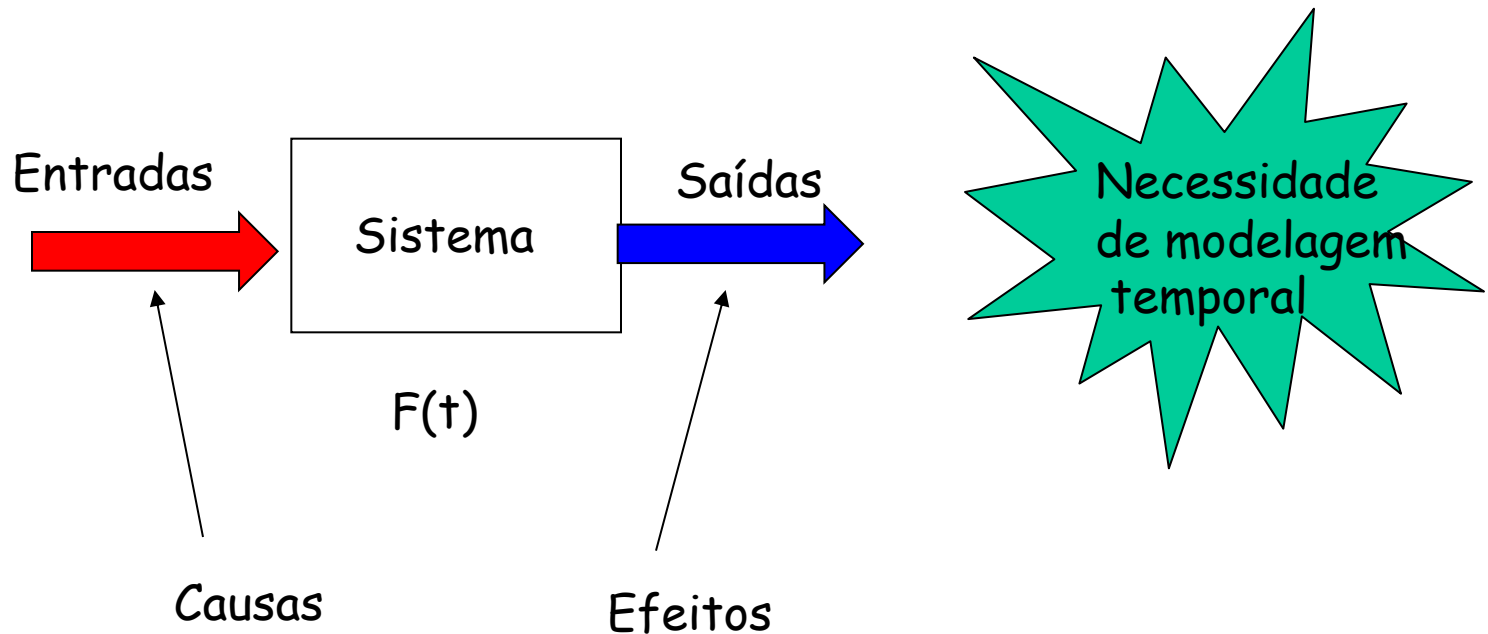
Ordem sequencial dos eventos



Ordem temporal dos eventos

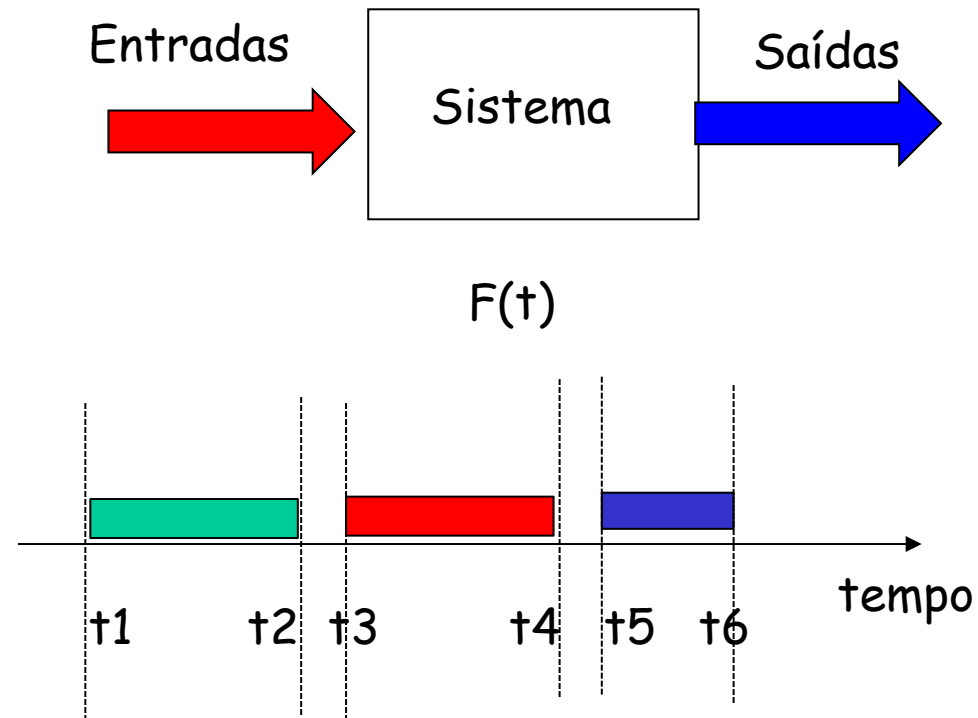
Tempo e Ordem Temporal

□ Princípio de causalidade.



Tempo e Ordem Temporal

- ❑ Análise temporal baseada na física Newtoniana.
 - O tempo não é relativo.
☹
 - Tempo é uma variável independente que determina a sequência dos estados de um sistema: $f(t)$



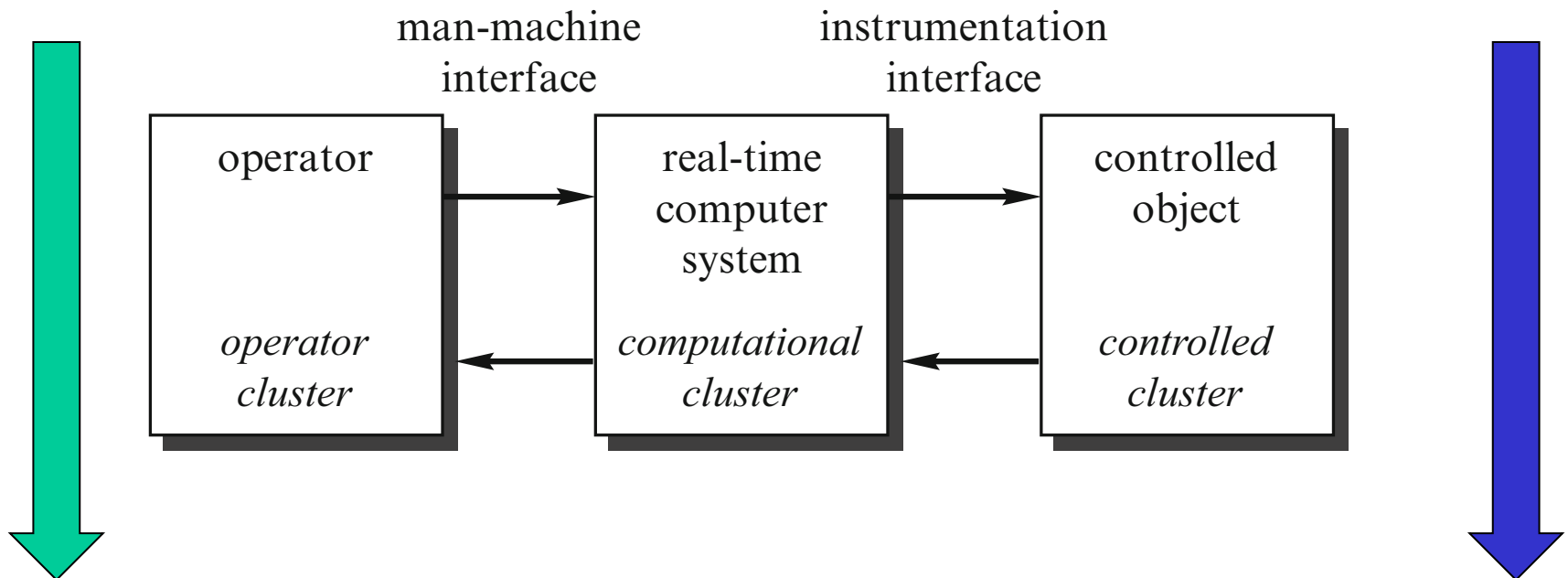
Tempo e Ordem Temporal

□ Análise temporal baseada na física Newtoniana.

- Esse conceito da física newtoniana deve nortear as aplicações cyber-physical.

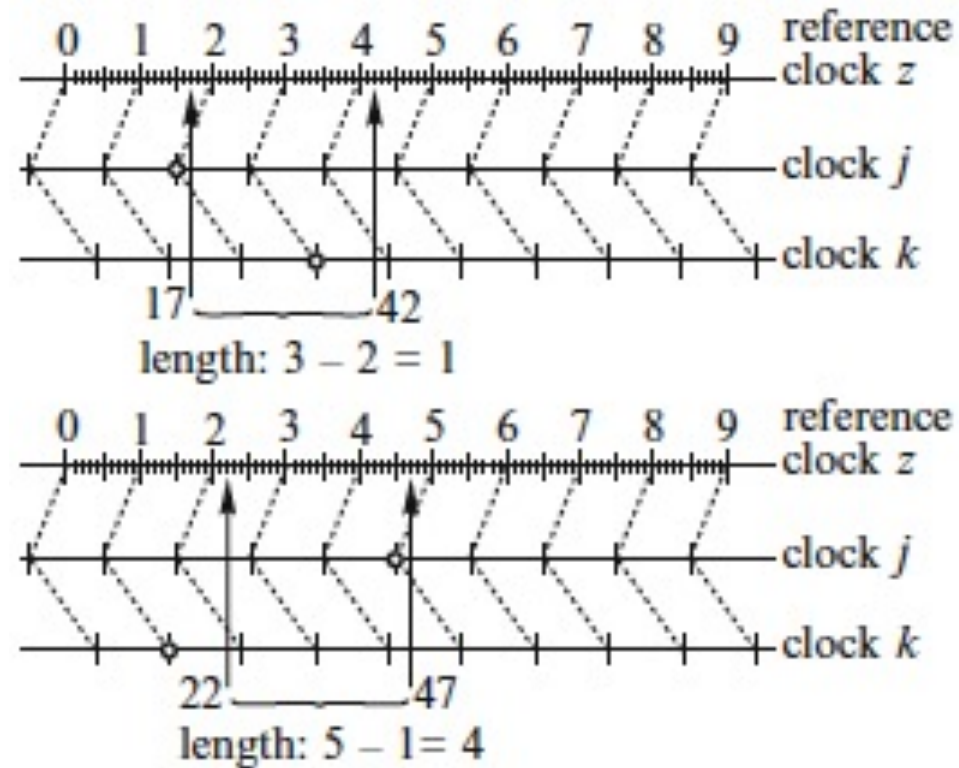
Tempo Lógico

Tempo Físico



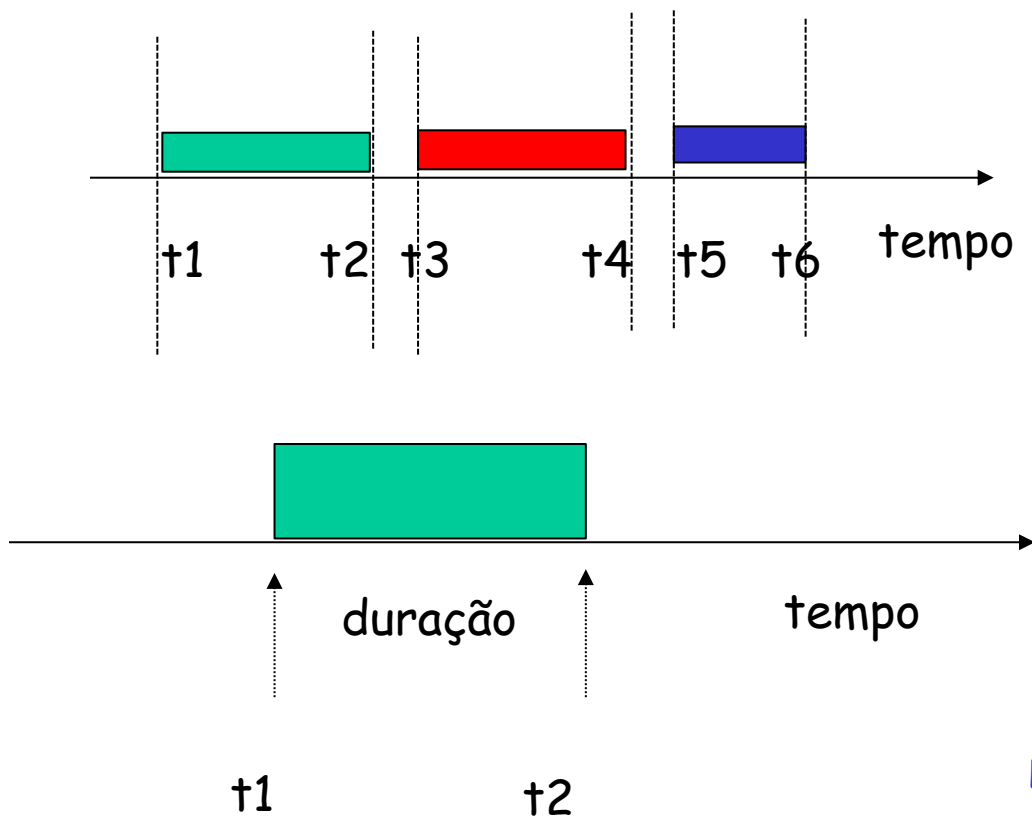
Tempo e Ordem Temporal

- Uma base de tempo global é fundamental para estabelecer uma ordem temporal consistente com relação aos rótulos (*time stamps*) de tempo dos eventos ocorridos nos diversos componentes do sistema.



Tempo e Ordem Temporal

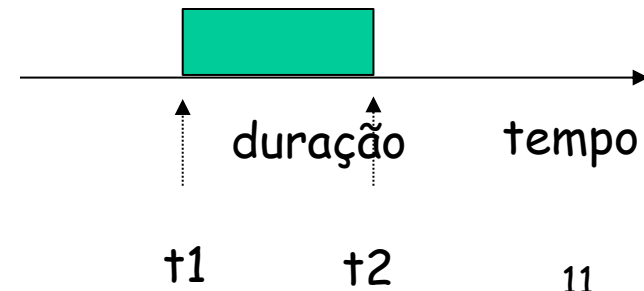
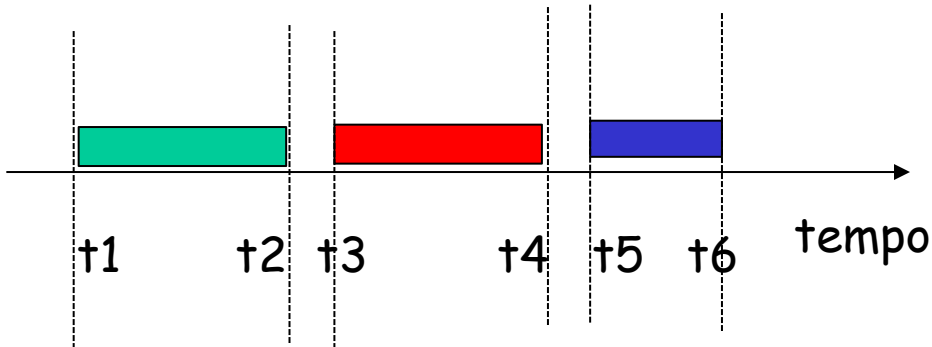
- Na física newtoniana o tempo é representado por uma linha contínua, que rege a causalidade do sistema.



Tempo e Ordem Temporal

□ Ordem temporal

- Ordem dos instantes numa linha do tempo contínuo.
- Modelado por um conjunto infinito de instantes $\{T\}$
 - $\{T\}$ é ordenado: dois eventos p e q são simultâneos, ou p precede q ou vice-versa.
 - $\{T\}$ é denso: há pelo menos um instante de tempo entre dois outros instantes.
 - Evento ocorre em um instante e não tem duração.
 - Instantes são totalmente ordenados.
 - Eventos que ocorrem no mesmo instante são simultâneos.
 - Se houver algum critério para ordenar eventos simultâneos, então todos os eventos podem ser totalmente ordenados.

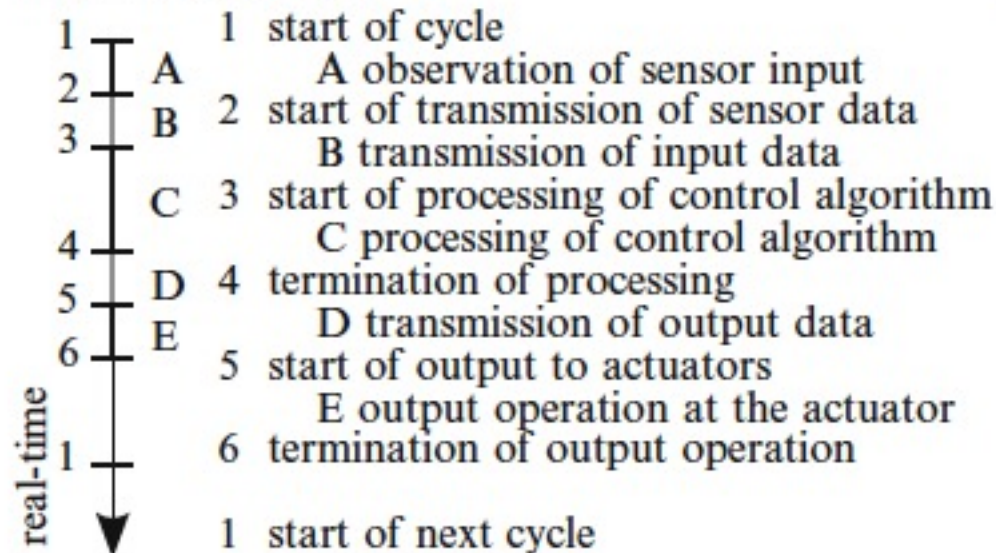


Tempo Denso e Tempo Esparso

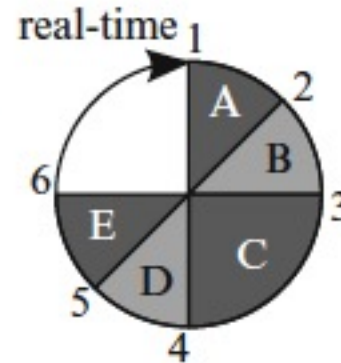
□ Representação cíclica de tempo

- Tempo particionado em ciclos de igual duração.
 - Bom para representação de tarefas periódicas: loop de controle
 - Ciclo → círculo
 - Instante dentro do ciclo → fase

linear model of time



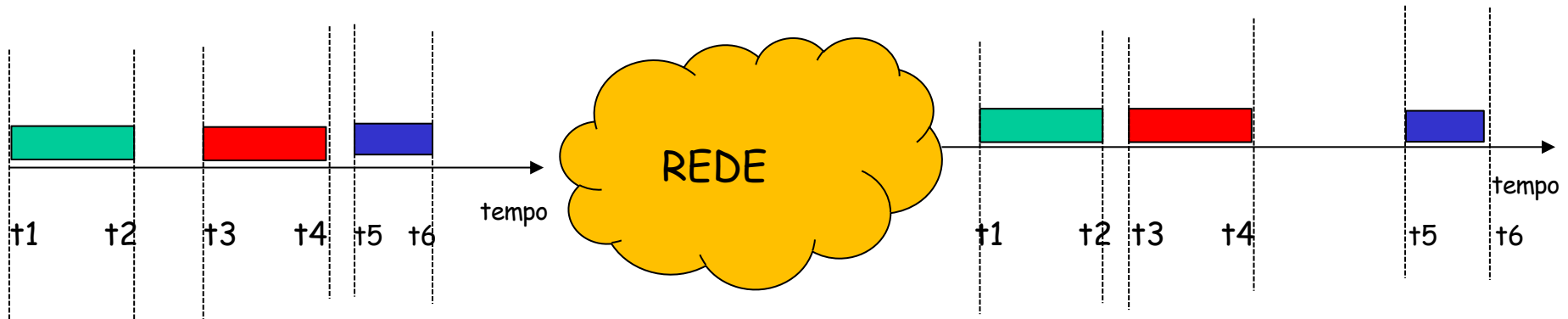
cyclic model of time



Tempo e Ordem Temporal

□ Ordem de entrega

- É uma ordem temporal fraca oferecida usualmente por sistemas de comunicação distribuídos.
 - O sistema garante que todos os nós veem um determinado conjunto de dados na mesma ordem de entrega.

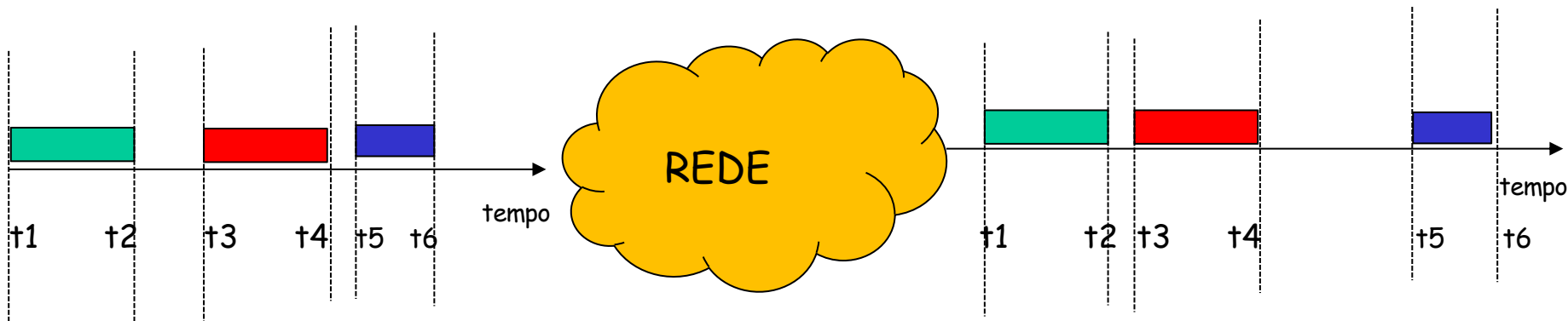


Diferentes Ordens

□ Ordem causal

○ Dependência causal pode ser suficiente.

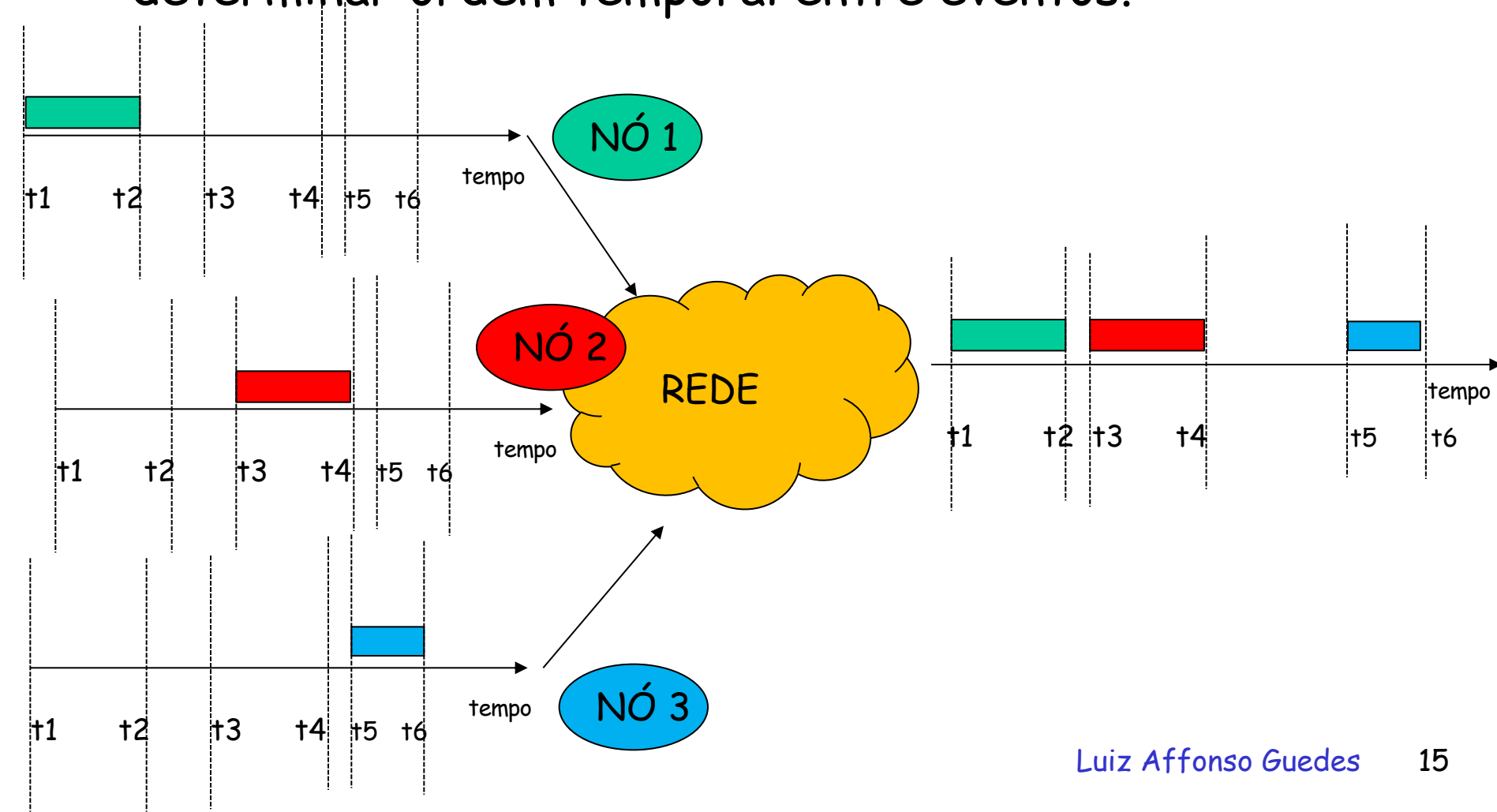
- Ordem temporal de dois eventos é necessária mas não suficiente para determinação da ordem causal.
 - Causalidade é mais que ordem temporal e correlação
 - Se o evento e1 é a causa do evento e2, então uma pequena variação temporal em e1 deve causar uma pequena variação temporal em e2.



Diferentes Ordens

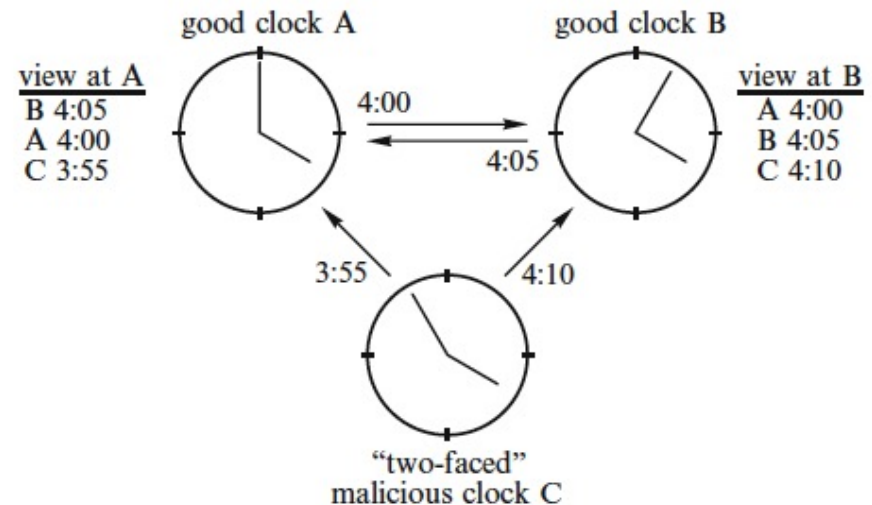
□ Ordem causal

- Uma base de tempo global precisa é importante para se determinar ordem temporal entre eventos.



Tempo e Ordem Temporal

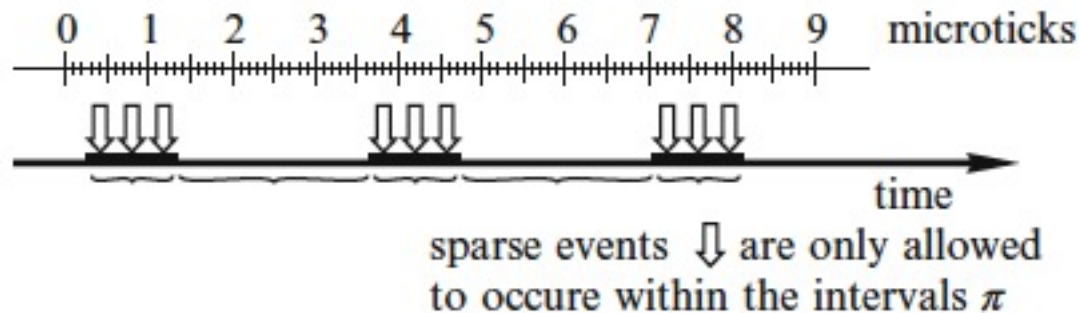
- Análise temporal baseada na física Newtoniana.
 - Em sistemas distribuídos, há a necessidade de se ter coerência temporal entre os seus diversos componentes.



Diferentes Ordens

□ Clocks

- Clock físico digital é um dispositivo de medição de tempo.
- O contador é incrementado sequencialmente via um mecanismo físico de oscilação, denominado de microtick do clock.
- Grânulo é a duração de tempo entre microticks consecutivos.
 - Granularidade é a medida do grão do clock.
 - Granularidade indica o erro de digitalização da medição do tempo contínuo.

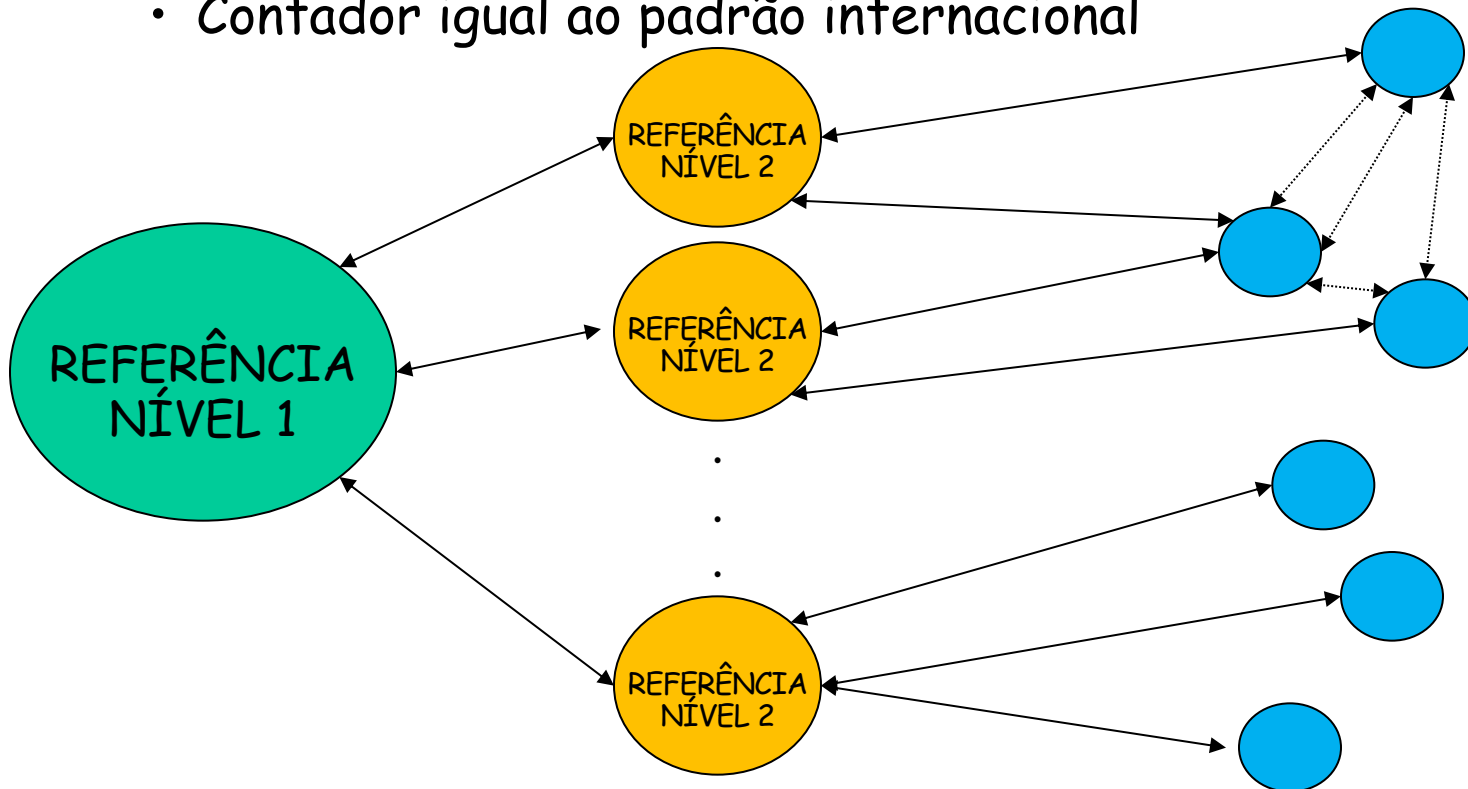


Diferentes Ordens

□ Clocks

○ Clock de Referência

- Assume-se um observador externo onisciente de todos os eventos que ocorrem no sistema.
- Contador igual ao padrão internacional

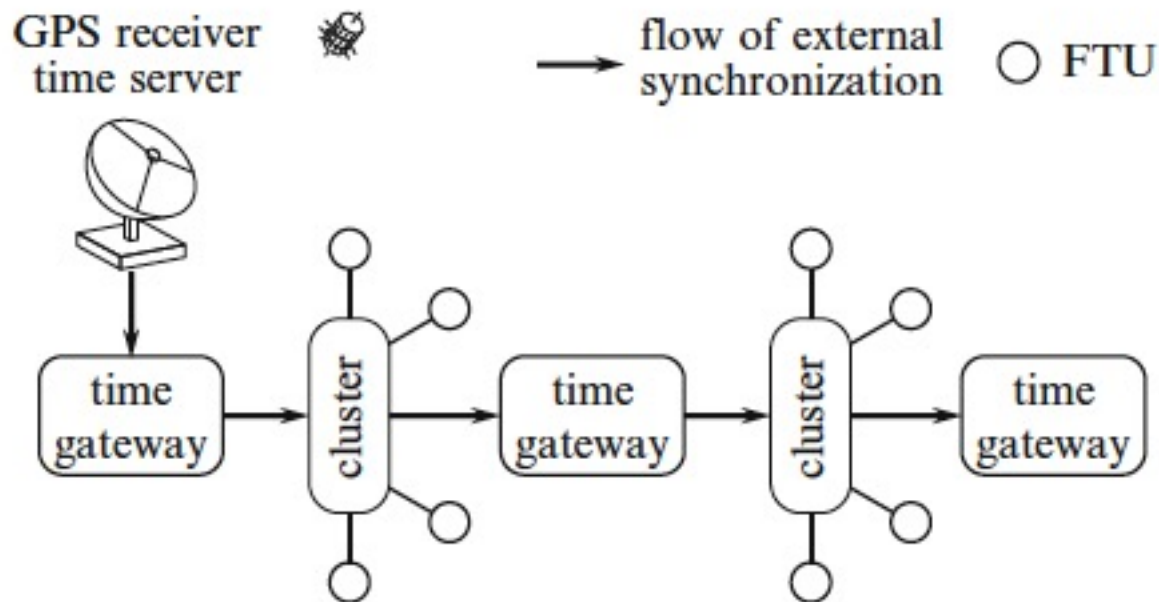


Sincronização Externa de Clock

- ❑ Associa o tempo global de um sistema distribuído com um padrão de tempo externo.
 - Escala de tempo baseada em medida largamente aceita, ex.: segundos.
 - Escala de tempo com origem definida: época
- ❑ Fontes de tempo externo
 - GPS - acurácia maior que 100ns
 - Oscilador de cristal de alta precisão com compensação de temperatura (TXCO)
 - drift de 1 μ s/s
 - Relógio atômico
 - Drift de 1 μ s a cada 10 dias

Sincronização Externa de Clock

- ❑ Exemplo: Sincronização de Gateway.
 - Processo de sincronização unidirecional



Sincronização Externa de Clock

□ Gateway de Tempo

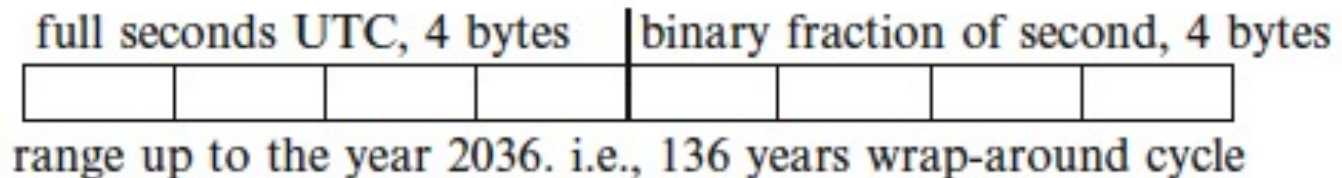
- Inicializa cluster com tempo externo corrente
- Ajusta periodicamente taxa do tempo global
 - De acordo com tempo externo e padrão de medida
- Envia periodicamente valor do tempo externo
 - Nó reintegrado pode reiniciar tempo externo

Sincronização Externa de Clock

□ Formatos de Tempo

○ Network Time Protocol (NTP) - Internet

- Baseado no UTC (não-cronoscópico)
- Contador começou em 01 de janeiro de 1900, às 00:00h



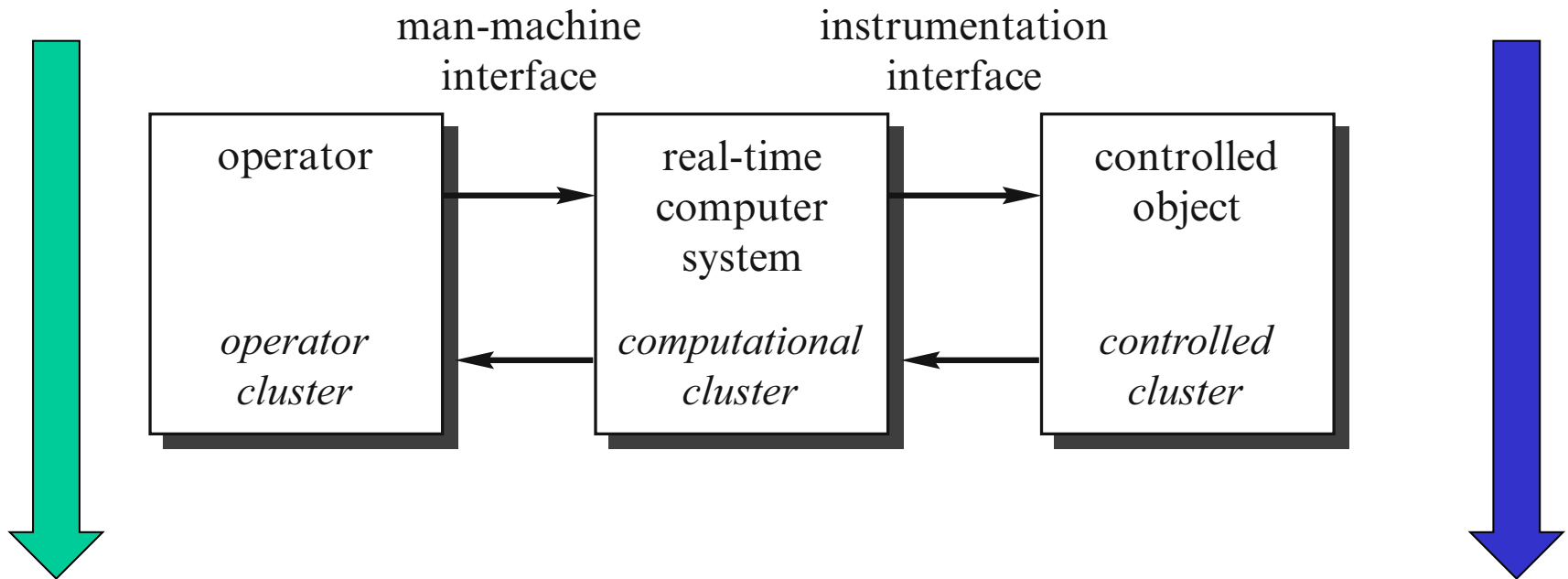
○ IEEE 1588

- Contador começou em 01 de janeiro de 1970. às 00:00h
- Os segundos cheios são contados de acordo com o TAI
- A fração mínima é dada em nano-segundos

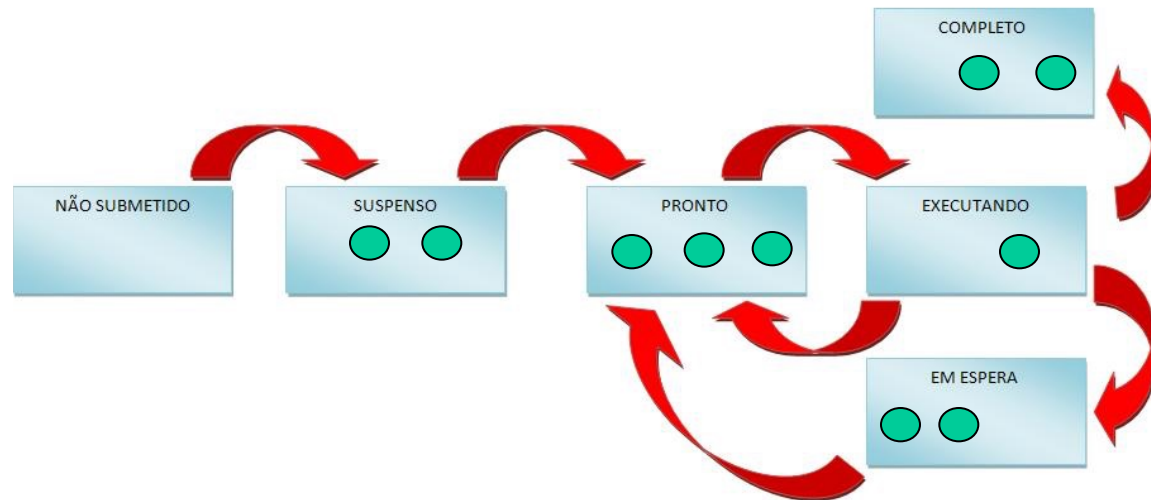
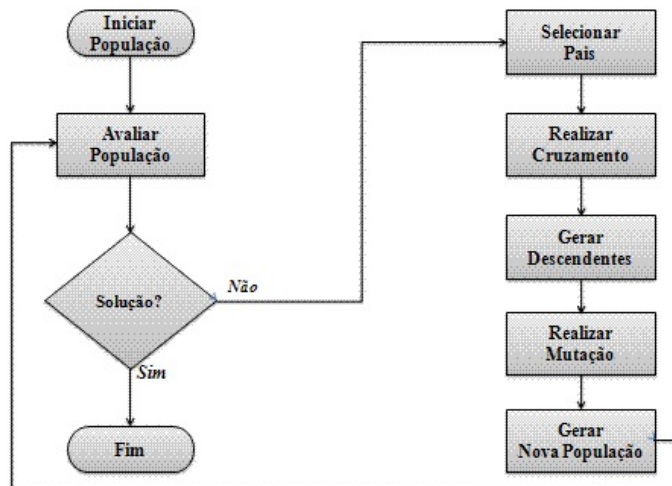
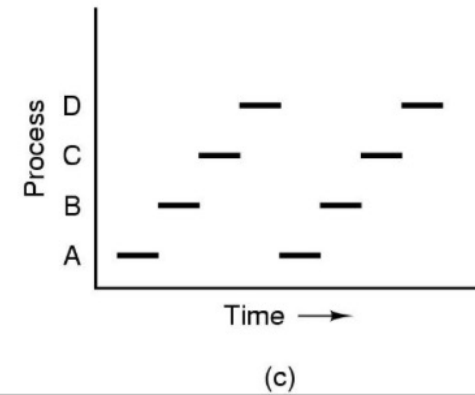
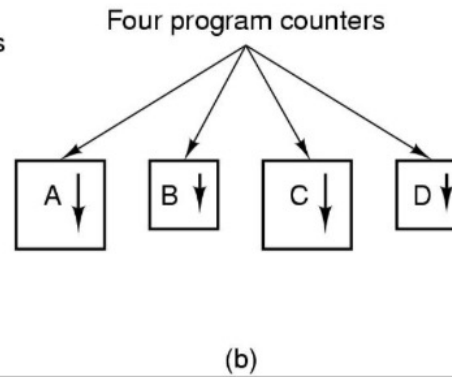
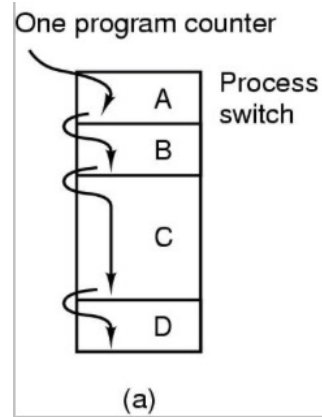
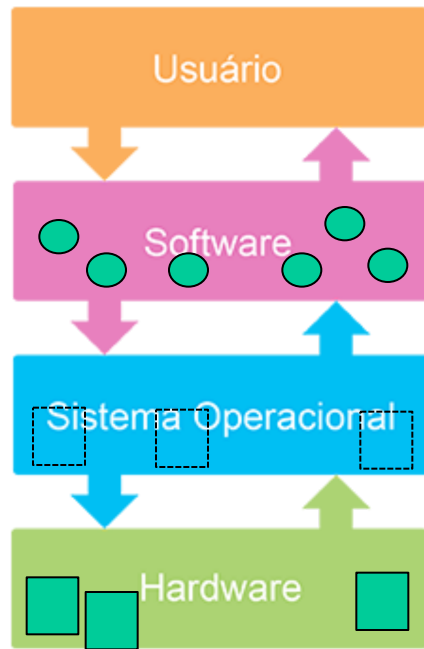
Tempo Físico e Tempo Computacional

Tempo Lógico

Tempo Físico



Tempo Físico e Tempo Computacional



Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: tempo
 - `g++ tempo.cpp -o tempo`
 - `\\.tempo`
- ❑ Analisar resposta do programa

Medição de Tempo Físico

time() function in C

Last Updated: 28-09-2018

The time() function is defined in time.h (ctime in C++) header file. This function returns the time since 00:00:00 UTC, January 1, 1970 (Unix timestamp) in seconds. If second is not a null pointer, the returned value is also stored in the object pointed to by second.

Syntax:

```
time_t time( time_t *second )
```

Parameter: This function accepts single parameter *second*. This parameter is used to set the time_t object which store the time.

Return Value: This function returns current calender time as a object of type time_t.

Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: sleep
 - g++ sleep.cpp -o sleep
 - \.sleep
- ❑ Analisar resposta do programa

Medição de Tempo Físico

Name

sleep - sleep for the specified number of seconds

Synopsis

```
#include <unistd.h>
unsigned int sleep(unsigned int seconds);
```

Description

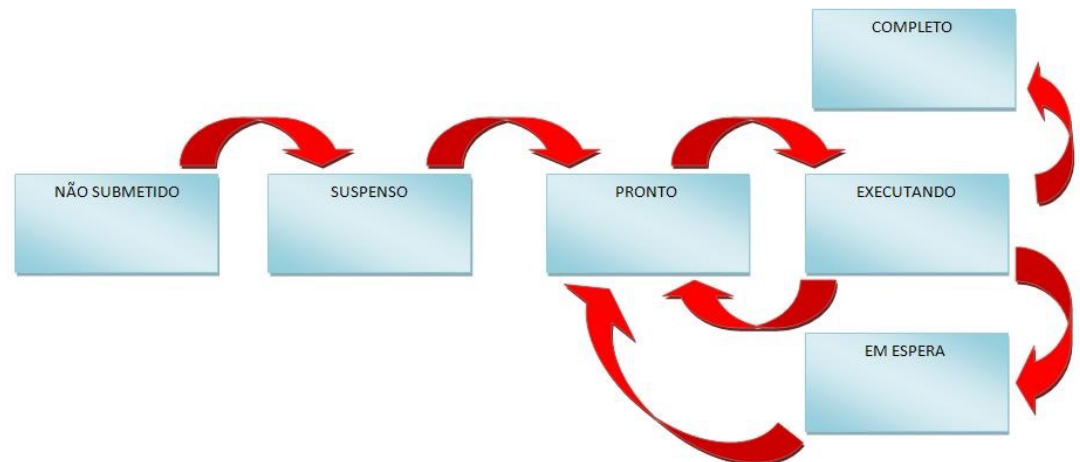
sleep() makes the calling thread sleep until *seconds* seconds have elapsed or a signal arrives which is not ignored.

Return Value

Zero if the requested time has elapsed, or the number of seconds left to sleep, if the call was interrupted by a signal handler.

Conforming to

POSIX.1-2001.



Medição de Tempo Físico

- ❑ Implemente um programa `tempo_s.cpp`, que apresente o tempo decorrido em segundos desde 01/01/1970 05 vezes em intervalos de 1, 2, 3 e 4 segundos.

Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: `gmtime`
 - `g++ gmtime.cpp -o gmtime`
 - `./gmtime`
- ❑ Analisar resposta do programa
- ❑ Investigue as funções:
 - `gmtime(&tempo);`
 - `localtime(&tempo)`
 - `ctime(&tempo_valor)`
 - `asctime(*tm_ptr)`
 - `mktime(*tm_ptr)`

Medição de Tempo Físico

- ❑ Implemente um programa tempo_3.cpp, que:
 - Imprima o valor do tempo atual.
 - Durma por X segundos (valor definido pelo usuário).
 - Imprima o valor do tempo atual.

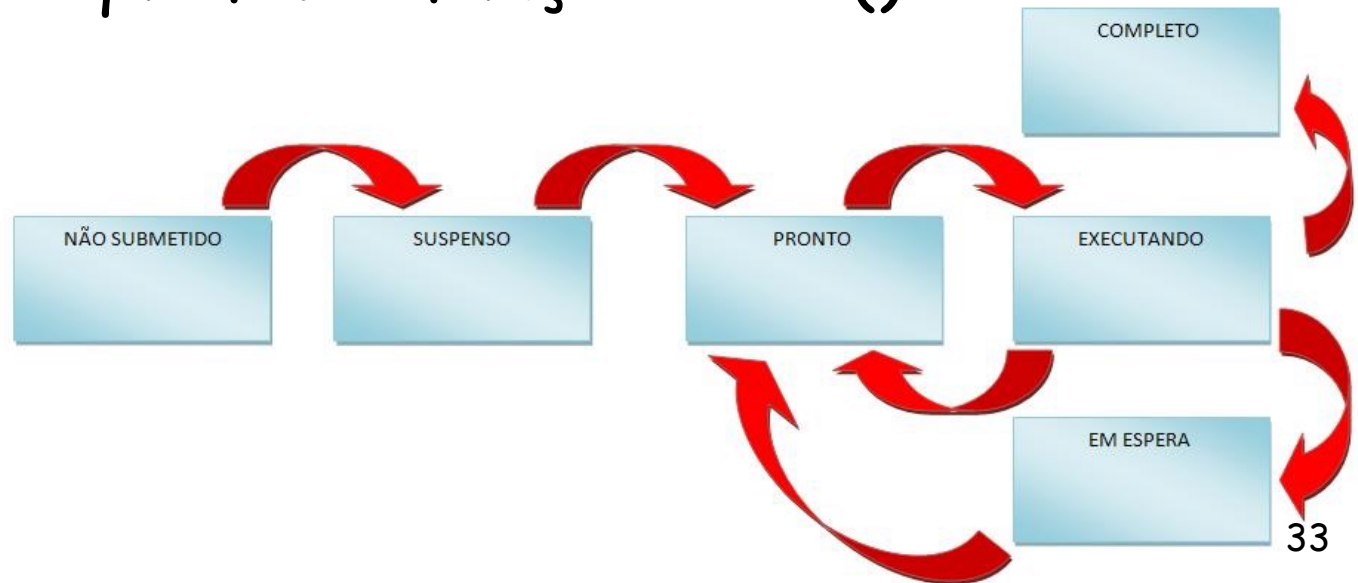
- ❑ Implemente o seguinte programa:
 - O usuário fornece a data de seu aniversário.
 - O programa calcula quantos segundos o usuário tem de vida.

Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: sistema
 - `g++ sistema.cpp -o sistema`
 - `\\.sistema`
- ❑ Analisar resposta do programa
- ❑ Investigue o que faz a função `system()`

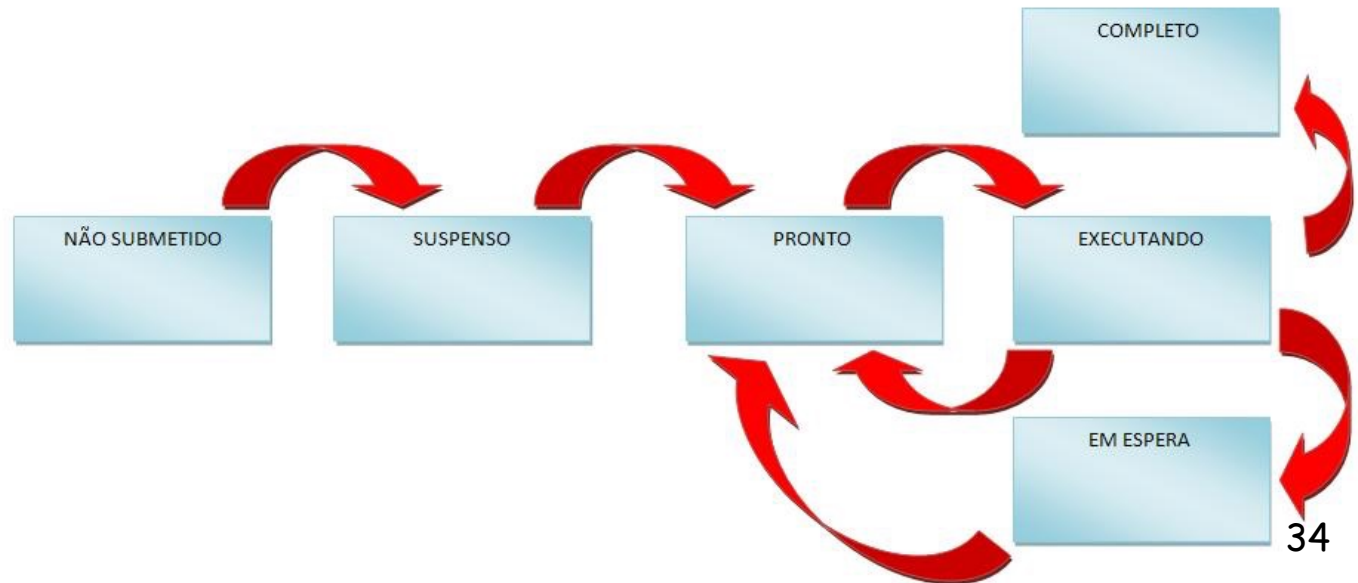
Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: clock1
 - `g++ clock1.cpp -o clock1`
 - `.\clock1`
- ❑ Analisar resposta do programa
- ❑ Investigue o que faz a função `clock()`



Medição de Tempo Físico

- ❑ Execute o programa: tempomicro
 - `g++ tempomicro.cpp -o tempomicro`
 - `\\.tempomicro`
- ❑ Analisar resposta do programa
- ❑ Investigue o que faz a função `gettimeofday(&tempo, NULL)`



Medição de Tempo de Computação

- ❑ Utilizando-se o programa `ordenacao.cpp` como base, investigue de forma experimental a complexidade dos algoritmos de ordenação Quick Sort e Bubble Sort.
- ❑ Dica: Meça o tempo computacional dos algoritmos para ordenar vetores de dados de diversos tamanhos.