INE 5645 – Programação Paralela e Distribuída

Prof. João Bosco M. Sobral
INE - UFSC
bosco@inf.ufsc.br

Urian K. Bardemaker
PPGCC - INE - UFSC
uriank@gmail.com

DMC-NS
Distributed Mobile Computing and Network Security

Conteúdo Programático da Disciplina

- 1. Introdução
- 2. Programação Paralela
- 3. Controle de Concorrência
- 4. Programação Distribuída
- 5. Comunicação entre processos

Atividades da Disciplina

Unidade I
Unidade II
Unidade III - Monitores
Atividade de Laboratório 1
Unidade III - Lock
Atividade de Laboratório 2
Unidade III - Semáforos
Atividade de Laboratório 3
PROVA 1 - Assunto: Unidades I, II e III
Unidade IV
Unidade V
Atividade de Laboratório 4
PROVA 2 - Assunto: Unidades IV e V
Projeto Final

Avaliação

- 2 Provas teóricas (P1 e P2);
- 4 Atividades de laboratório (LAB1 a 4);
- 1 Projeto final (PROJ).

- MT = (P1 + P2)/2
  - Se MT < 6,00; ((P1+P2)/2)+PR)/2.

- MP = (LAB1 + LAB2 + LAB3 + LAB4 + 2 * PROJ)/6

- Se MT e MF > 6,00; MF = (MT + MP)/2

Referências Bibliográficas

- ANDREWS, G. R., Concurrent Programming, Benjamin-Cummings, 1991.
- COULOURIS, George; DOLLIMORE, Jean; KINDBERG, Tim. Distributed Systems: -Concepts and Design. 3rd Edition. Addison-Wesley, 2001.
- DEA, Doug; Concurrent Programing in Java, 2nd Ed., Addison-Wesley, 2000.
- DEITEL, Harvey M.; DEITEL, Paul J. Java: Como Programar. 4a Edição. Bookman, 2002.
- HORSTMANN, Cay S.; CORNELL, Gary. Core Java 2. Vol I e II. Makron Books, 1999

Recursos

- Software
  - Java JDK
- Página da disciplina
  - http://www.inf.ufsc.br/~bosco/
  - http://www.inf.ufsc.br/~lau.lung/INE5645/
- Lista de e-mails

UNIDADE I

INTRODUÇÃO À PROGRAMAÇÃO PARALELA E DISTRIBUÍDA

Tópicos

- História
- Programação Concorrente
- Programação Paralela e Distribuída
- Vantagens e Dificuldades
- Plataformas de Execução
- Suporte Computacional

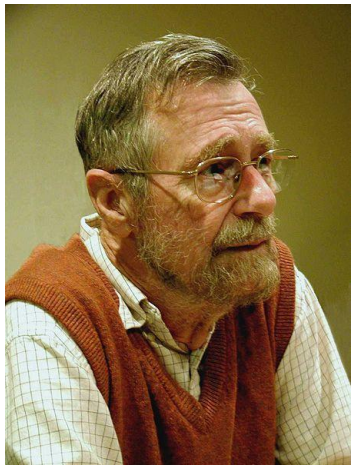
História

- O campo da programação paralela e distribuída surgiu do campo da programação concorrente.

- O campo da Programação Concorrente iniciou uma explosiva expansão desde:

Histórico

- **1968** *E. W. Dijkstra*: Cooperando Processos Seqüenciais.



E.W. Dijkstra

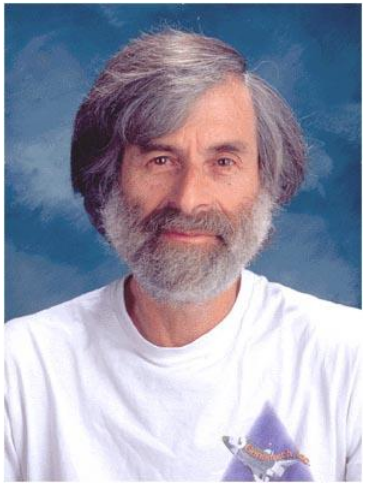
- **1971** *E. W. Dijkstra*: Ordem hierárquica de processos seqüenciais.

- **1973** *C. L. Liu e J. W. Layland* : Algoritmos de escalonamento para multiprogramação em ambiente de tempo real.

Histórico

- **1974** *C. A. R. Hoare:* Monitores - conceito para estruturar sistemas operacionais.

- **1974** *Lamport:* Uma nova solução para o problema da programação concorrente de Dijkstra.



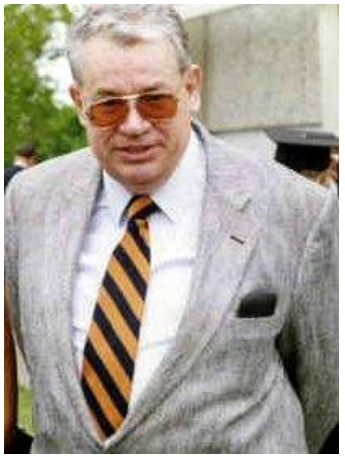
Leslie Lamport

Histórico

- **1976** *J. H. Howard:* Provando monitores.

- **1976** *S. Owicki e D. Gries*: Verificando propriedades de programas paralelos: uma abordagem axiomática.

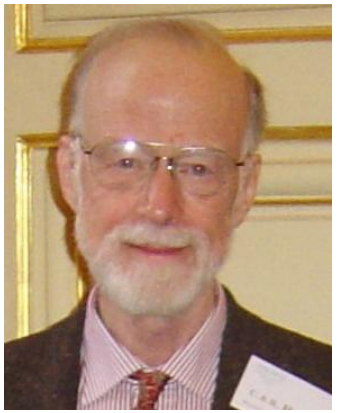
- **1977** *P. Brinch Hansen*: A arquitetura de programas concorrentes.



P. Brinch Hansen

Histórico

- **1978** *C. A. R. Hoare*: Comunicação de Processos Sequenciais.



C. A. R. Hoare

- **1978** *E. W. Dijkstra, L. Lamport, A. J. Martin, C. S. Sholten* e *E. F. M. Steffens*: Um exercício em cooperação para "garbage collection".

- **1980** *E. W. Dijkstra* e *C. S. Sholten*: Detecção e terminação.

Histórico

- **1981** *G. Ricart* e *A. Agrawala*: Um algoritmo ótimo pra exclusão mútua distribuída.
- **1981** *G. L. Peterson*: O problema da exclusão mútua.
- **1982** *J. Misra* e *K. M. Chandy*: Detecção de terminação em *Communicating Sequencial Processes*.

Histórico

- **1983** *G. L. Peterson*: Uma nova solução para o prolema de programação concorrente de Lamport usando variáveis compartilhadas.

- **1983** *DoD, USA*: Linguagem de Programação Ada.

- **1985** *D. Gelernter*: A Linguagem Linda

David Gelernter

O que é Programação Concorrente

- *"Um programa 'ordinário' consiste de declarações de dados e instruções executáveis em uma linguagem de programação."*

M. Ben-Ari, Principles of Concurrent and Distributed Programming

O que é Programação Concorrente

- As instruções são executadas sequencialmente sobre um computador, o qual aloca memória para reter os dados do programa.

- Um **programa concorrente** é um **conjunto de programas sequenciais ordinários** os quais são **executados em uma** *abstração* **de paralelismo**.

O que é Programação Concorrente

- Usamos a palavra **processo** para programas sequenciais e reservamos a palavra **programa** para o conjunto de processos.

Pseudo-Paralelismo

- Um **programa concorrente** é executado por se **compartilhar o poder de processamento de um único processador entre os processos** desse programa.

Abstração para Concorrência

- O paralelismo é ***abstrato*** porque não requeremos que **um processador físico** seja usado para **executar cada processo**.

Exemplos de Concorrência

- Sobreposição de I/O e Computação (Overlapped I/O and Computation)
- Multiprogramação (Multi-programming)
- Multi-tarefação (Multi-Tasking)

Sobreposição de I/O e Computação

- Controlar I/O não pode ser feito em **paralelo** com outra computação **sobre um único processador**.

- Mas é possivel, fazer **concorrentemente**, retirando da computação principal, alguns microsegundos necessários para controlar I/O.

Sobreposição de I/O e Computação

- Entretanto, é mais simples **programar os controladores de I/O** como **processos separados**, os quais são **executados em paralelo** com o processo de computação principal.

Multiprogramação

- Uma simples generalização de sobreposição de I/O dentro de um único programa é sobrepor a computação e I/O de diversos programas.

Multiprogramação

- É a execução concorrente de diversos programas / processos independentes sobre um processador.

Time-Slicing

- Fatia de tempo.
- Compartilhar o processador entre diversas computações de processos.
- Ao contrário do que um processo esperar para o término de uma operação de I/O, o processador é compartilhado através de um hardware (timer) usado para interromper uma computação de um processo em intervalos pre-determinados.

Time-Slicing

- Um programa do SO chamado ***scheduler*** é executado para determinar qual processo deve ser permitido executar no próximo intervalo.

- O Scheduler pode levar em consideração, prioridades dos processos.

Interactive Time-Sharing Systems

- Usam **multiprogramação com time-sliced**, para dar a um grupo de usuários a ilusão que cada um tem acesso a um computador dedicado.

Multi-Tasking

- Resolvendo um problema por decomposição, dentro de diversos processos concorrentes.

Correção de um programa concorrente

- Por causa das possíveis **interações entre os processos** que compreendem um programa concorrente é difícil escrever um programa concorrente correto.

- Para interagirem, processos precisam se **sincronizar** e se **comunicar** diretamente ou não.

Correção de um programa concorrente

- **Programação concorrente** pode **expressar a concorrência** requerida, provendo instruções de programação para a **sincronização** e **comunicação** entre processos.

Ferramentas de Correção

- Um programador pode ser totalmente confundido pelo comportamento que um programa concorrente pode exibir.

- Ferramentas são necessárias para **especificar**, **programar** e **verificar** propriedades desses programas.

Programação Concorrente

- Estuda a abstração que é usada (sequências de instruções atômicas de execução intercalada.

- Define o que significa um programa concorrente ser correto e introduz os métodos usados para provar correção.

Programação Concorrente

- Trata as primitivas e as estruturas de programação concorrente clássicas:
  - Semáforos
  - Monitores
  - Threads

Panorama Atual

Poder de processamento das máquinas vem crescendo rapidamente.

Grande parte das máquinas são interligadas em rede.

Programação Paralela e Distribuída

Sistemas e aplicações estão cada vez mais complexos:

- Funcionalidade, Interfaceamento gráfico, Comunicação, ...
- Maior carga, Maior número de usuários, ...
- Melhor tempo de resposta, Maior confiabilidade

Programação Paralela

- “É uma forma de computação em que vários cálculos são realizados simultaneamente, operando sob o princípio de que grande problemas geralmente podem ser divididos em problemas menores, que então são resolvidos concorrentemente (em paralelo)”

- Consiste em executar simultaneamente várias partes de um mesmo programa.

- Tornou-se possível a partir do desenvolvimento de sistemas operacionais multi-tarefa, multi-thread e paralelos.

Programação Paralela

- Aplicações são executadas paralelamente:
  - Em um mesmo processador (pseudo-paralelismo).
  - Em uma máquina multiprocessada.
  - Em um grupo de máquinas interligadas que se comporta como uma só máquina.

Programação Distribuída

- “Coleção de computadores independentes que se apresenta ao usuário como um sistema único e consistente.”

  Andrew Tanenbaum

- “Coleção de computadores autônomos interligados através de uma rede de computadores e equipados com software que permita o compartilhamento dos recursos do sistema: hardware, software e dados”

  George Coulouris

Programação Distribuída

- Aplicações são executadas em máquinas diferentes interligadas por uma rede:
  - Intranets
  - Internet
  - Outras redes públicas ou privadas

Diferenças

- Acoplamento
  - Sistemas paralelos são **fortemente acoplados**:
    - compartilham hardware ou se comunicam através de um barramento de alta velocidade.
  - Sistemas distribuídos são **fracamente acoplados**:
    - não compartilham hardware e se comunicam através de uma rede.

Diferenças

- Previsibilidade
  - O comportamento de sistemas paralelos é mais previsível.
  - Já os sistemas distribuídos são mais imprevisíveis devido ao uso da rede e a falhas.

Diferenças

- Influência do Tempo
  - Sistemas distribuídos são bastante influenciados pelo tempo de comunicação pela rede; em geral não há uma referência de tempo global.
  - Em sistemas paralelos o tempo de troca de mensagens pode ser desconsiderado.

Diferenças

- Controle
  - Em geral em sistemas paralelos se tem o controle de todos os recursos computacionais;
  - Já os sistemas distribuídos tendem a empregar também recursos de terceiros.

Vantagens

- Usam melhor o poder de processamento
- Apresentam um melhor desempenho
- Permitem compartilhar dados e recursos
- Podem apresentar maior confiabilidade
- Permitem reutilizar serviços já disponíveis
- Atendem um maior número de usuários
- ...

Dificuldades

- Desenvolver, gerenciar e manter o sistema.
- Controlar o acesso concorrente a dados e a recursos compartilhados.
- Evitar que falhas de máquinas ou da rede comprometam o funcionamento do sistema.
- Garantir a segurança do sistema e o sigilo dos dados trocados entre máquinas
- Lidar com a heterogeneidade do ambiente
- ...

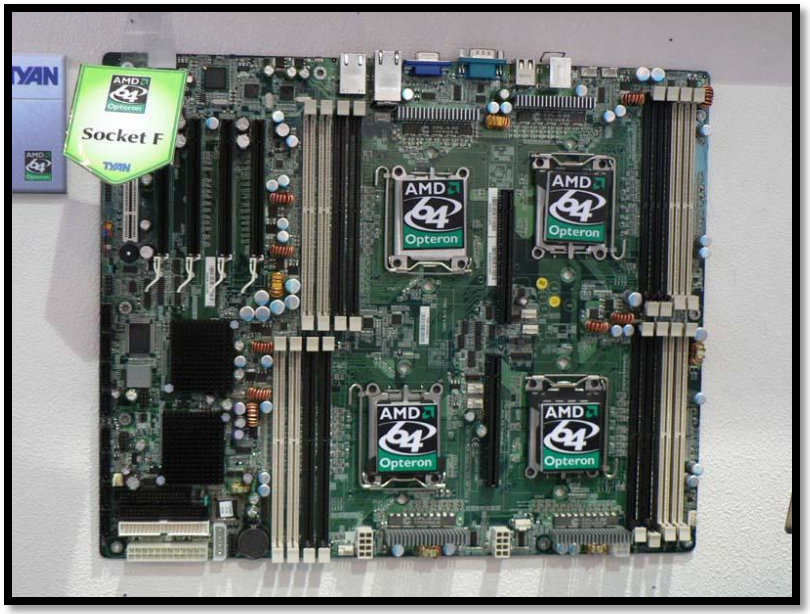
Plataformas de Execução

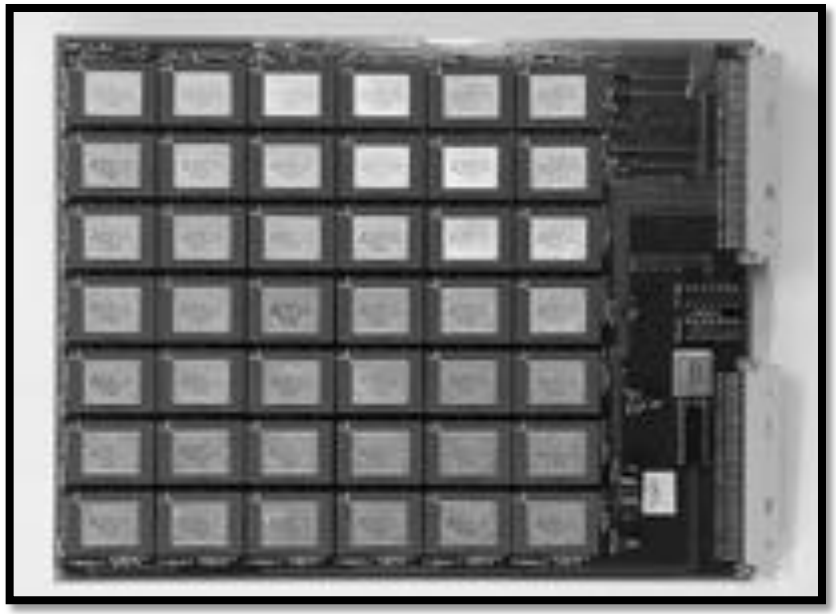
- Um S.O. multitarefa permite simular o paralelismo em um único processador, alternando a execução de processos.

- Um processador com núcleo múltiplo permite paralelismo real entre processos, executando múltiplas instruções por ciclo.

Plataformas de Execução

- Uma Placa-Mãe Multiprocessador permite que cada processador execute um processo.





Plataformas de Execução

- ***Cluster*** é o nome dado a um sistema montado com mais de um computador, cujo objetivo é fazer com que todo o processamento da aplicação seja distribuído aos computadores, mas de forma que pareça com que eles sejam um computador só.

- Com isso, é possível realizar processamentos que até então somente computadores de alta performance seriam capazes de fazer.

Plataformas de Execução

- Um ***cluster*** é uma solução de baixo custo para processamento paralelo de alto desempenho.

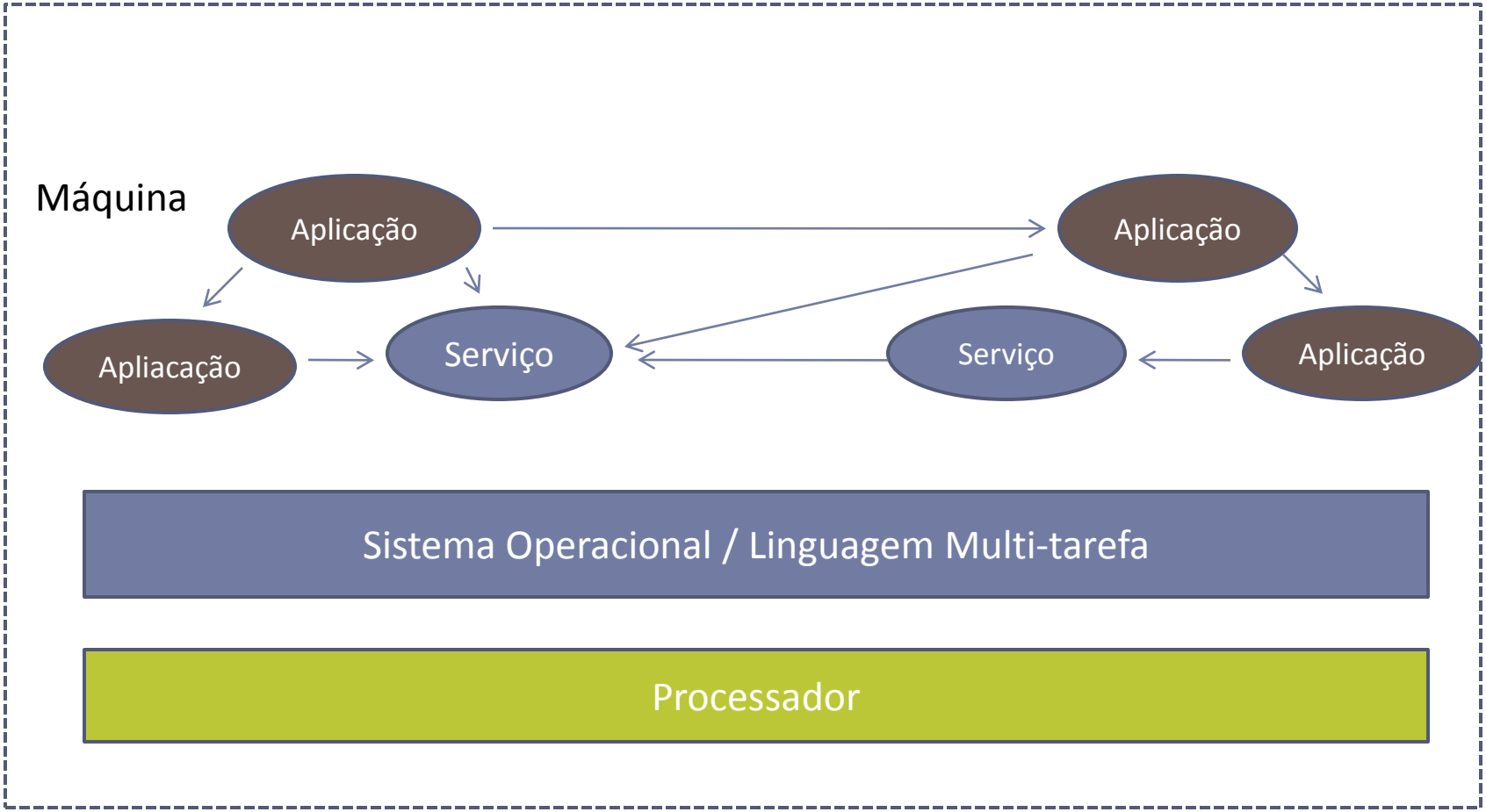
Suporte Computacional

- Suportes para Computação Paralela e Distribuída devem fornecer:
  - Mecanismos para execução paralela ou distribuída de programas.
  - Mecanismos para controle de concorrência.
  - Mecanismos para comunicação entre processos / *threads* em paralelo / distribuídos
  - Ferramentas e mecanismos para desenvolvimento, testes, gerenciamento, controle, segurança, tolerância a faltas, ...

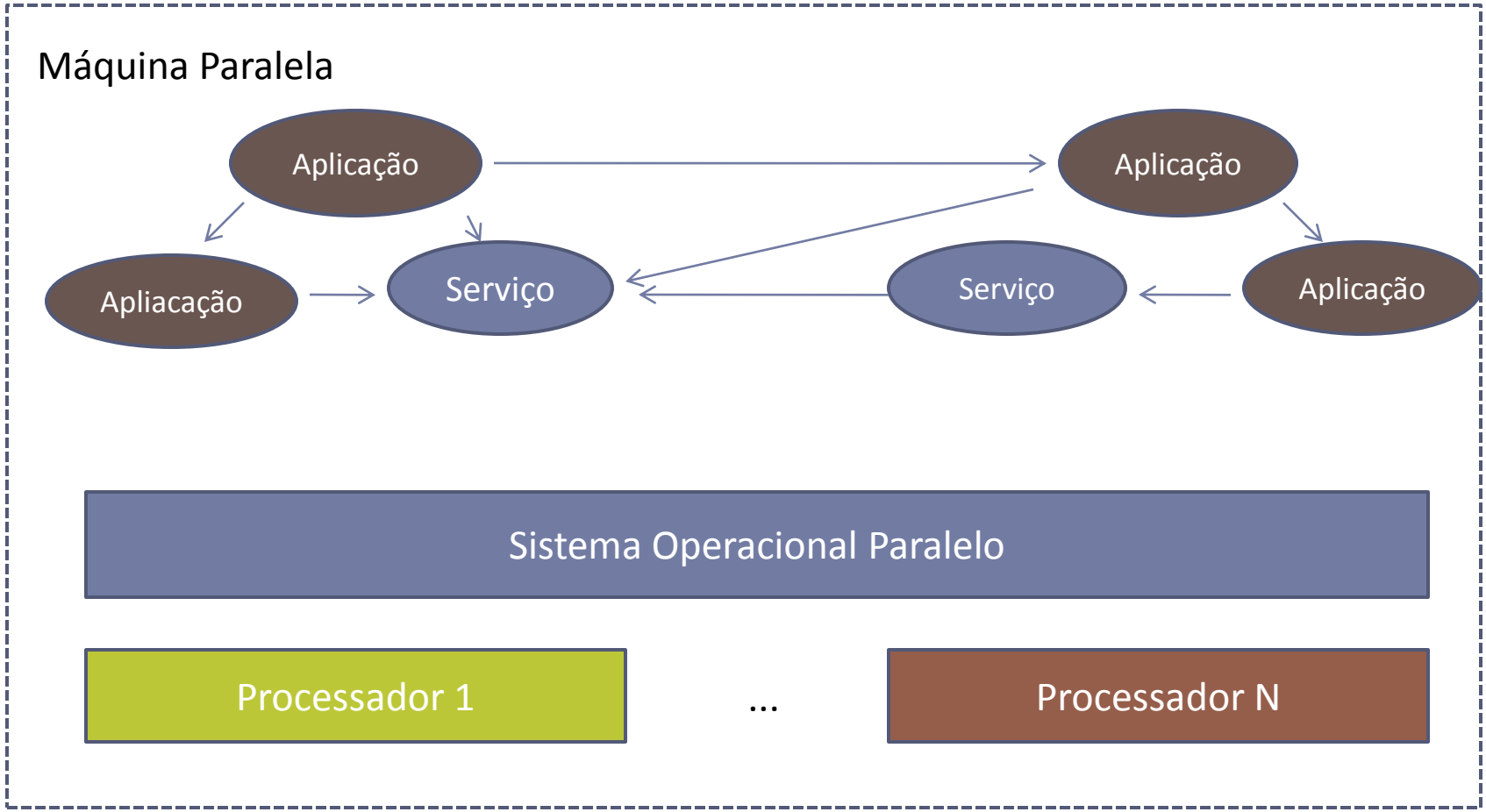
Suporte Computacional para Computação Paralela

- Sistemas Operacionais Multi-Tarefa: permitem a troca de contexto entre processos / threads.
  - Ex.: Windows, Linux, Solaris, HP-UX, AIX, etc.
- Linguagens Multi-Tarefa: permitem escrever programas paralelos.
  - Ex.: Pascal FC, Java, etc.
- Sistemas Operacionais Paralelos: permitem usar vários processadores em uma máquina.
  - Ex.: Linux, Solaris, Windows, etc.
- Suportes para Programação Paralela: permitem criar uma máquina paralela virtual.
  - Ex.: PVM

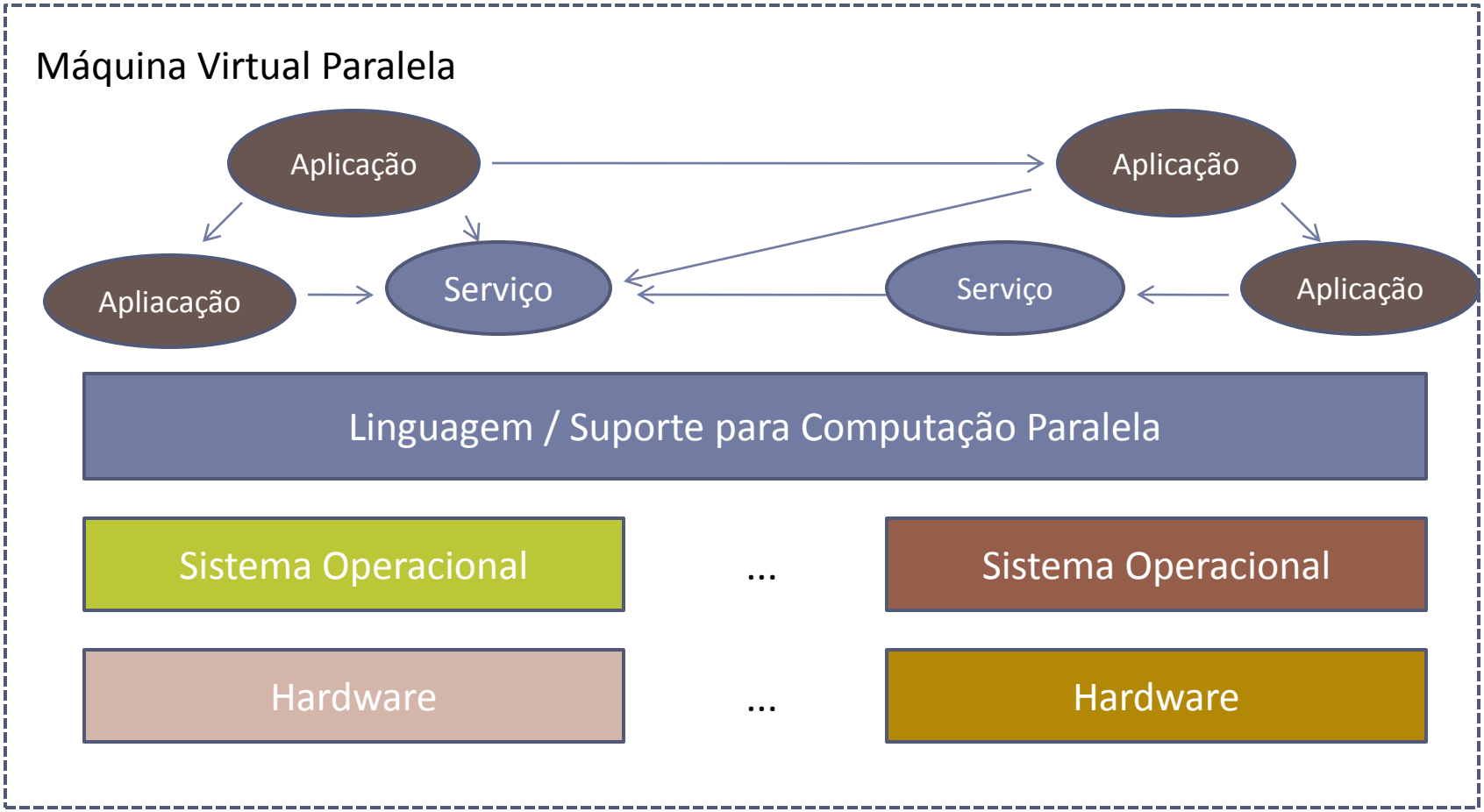
Suporte Computacional para SOs / Linguagens Multi-tarefa



Suporte Computacional para SOs Paralelos



Suporte Computacional para Computação Paralela

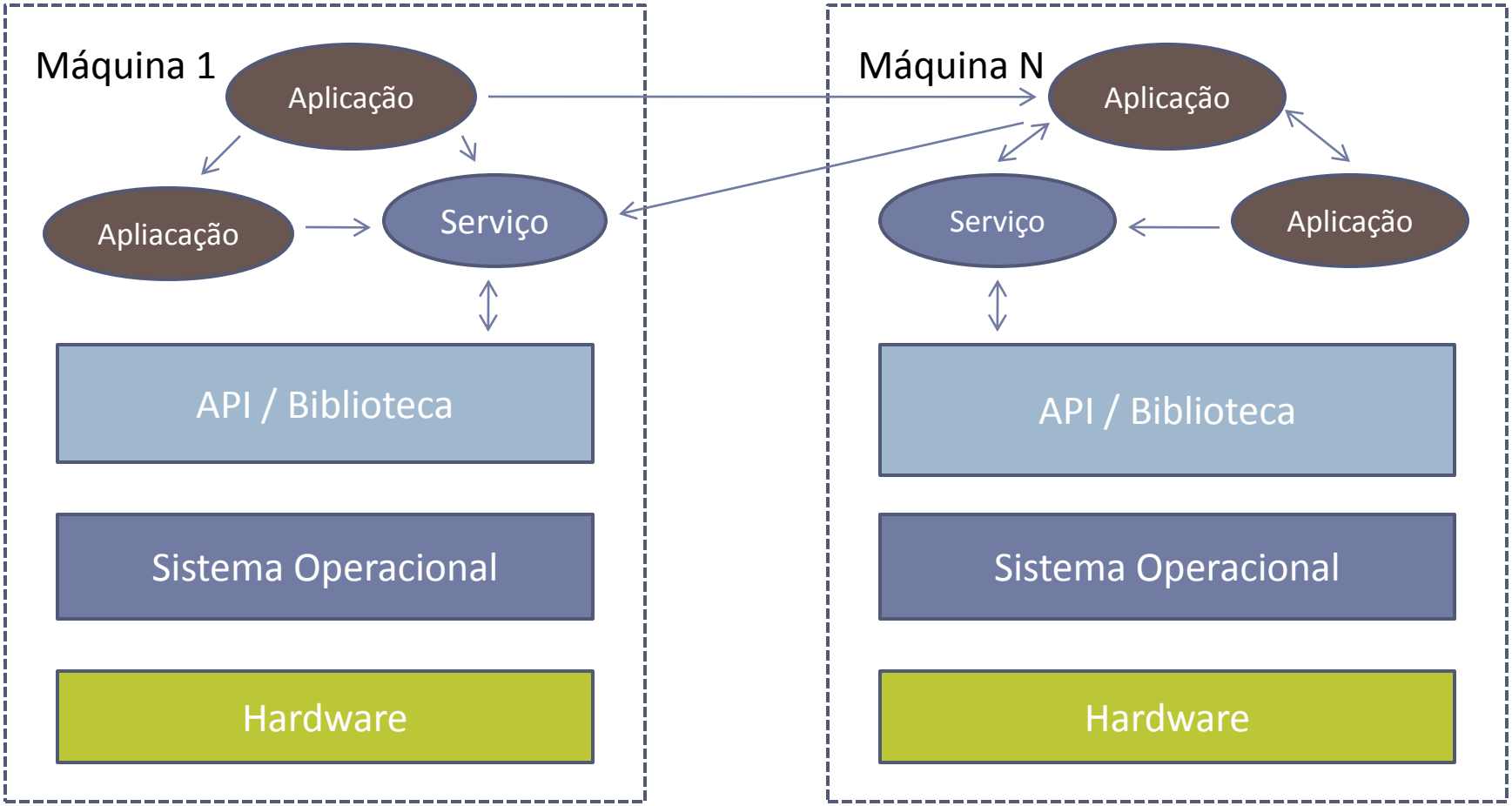


Suporte Computacional para Programação Distribuída

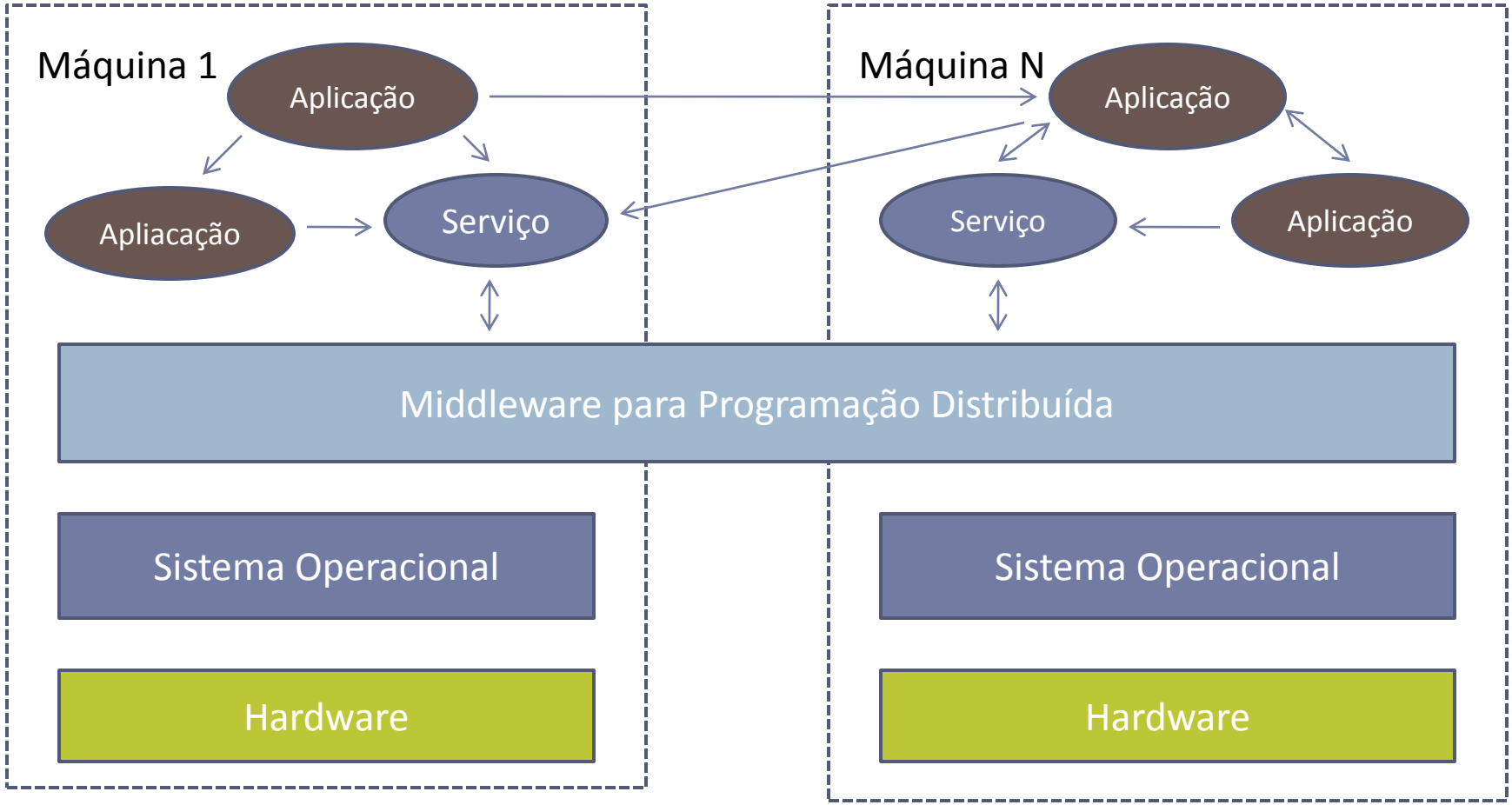
- Suporte para Computação Distribuída
  - **APIs e Bibliotecas**: fornecem rotinas para comunicação entre processos
    Ex.: UNIX Sockets, WinSock, java.net, etc.
  - **Middleware para Programação Distribuída**: fornece suporte para criar / executar programas distribuídos. Ex.: CORBA, COM, etc.
  - **Servidores de Aplicação**: permitem o acesso a aplicações via rede. Ex.: Tomcat, JBoss, etc.

- Linguagens e sistemas operacionais distribuídos caíram em desuso por não suportarem heterogeneidade de ambiente.

API / Biblioteca



Middleware para Programação Distribuída



Servidor de Aplicação