

## **SIMULAÇÃO: UM MÉTODO PARA ANÁLISE DE CUSTOS E PERFORMANCE EM SISTEMAS DISTRIBUÍDOS**

**Jair Strack - CEEE**

**José Palazzo Moreira de Oliveira - UFRGS**

Universidade Federal Do Rio Grande Do Sul  
Pós-Graduação em Ciência da Computação  
Av. Osvaldo Arnha 99, Porto Alegre, Brasil

### OBJETIVO

Este trabalho visa apresentar uma metodologia experimental, baseada em modelos de simulação, para apoiar o processo de decisão na análise de alternativas para o processamento remoto interativo.

São apresentados modelos para sistemas de computação e desenvolvidas experiências de simulação visando determinar as características operacionais de sistemas configurados em estrela.

Análises de sensibilidade da solução ótima e de relação de custos entre sistemas centralizados e distribuídos são desenvolvidas a partir dos modelos.

Uma das motivações para o uso de sistemas distribuídos é a obtenção de menores custos. Esta não é sempre a única motivação, muitas vezes a escolha é decidida por um melhor serviço ou maior segurança. Entretanto o custo de um sistema é sempre importante e deve ser cuidadosamente analisado.

O custo total de operação de um sistema depende da distribuição do processamento. Aumentando o grau de distribuição alguns custos subirão enquanto outros tenderão a diminuir, é necessária uma análise destas tendências para uma decisão acertada.

A metodologia apresentada não visa a obtenção de um modelo geral que, dados certos parâmetros, forneça uma solução ideal, mas permite avaliar um certo número de alternativas com diferentes graus de distribuição.

A possibilidade de quantificar as características operacionais de diversas configurações de sistemas distribuídos fornece, em um estágio inicial, dados para apoiar o processo decisório, diminuindo os riscos envolvidos na correta seleção das alternativas disponíveis.

A metodologia descrita decompõe o problema em duas fases distintas: a análise de desempenho das máquinas envolvidas no estudo e após considerações de custos relativos, entre uma opção centralizada e diversos casos de distribuição.

#### A SIMULAÇÃO COMO FERRAMENTA DE ANÁLISE DE DESEMPENHO

Foi desenvolvido um modelo de simulação, a um nível de agregação, que permite simular o desempenho de um sistema de computação atendendo a diversos usuários de "time-sharing", possibilitando determinar as possíveis relações entre as entradas e saídas, e a análise de sensibilidade quanto a variação dos parâmetros do sistema.

É empregado um modelo suficientemente geral para abranger qualquer sistema que possa ser descrito pela características acima, isto implica em resultados aproximados mas permitindo uma compreensão muito precisa sobre os mecanismos básicos de um sistema interativo, principalmente na medida em que os mesmos crescem em complexidade.

A simulação desenvolvida permite decidir quanto a exequibilidade de uma dada aplicação, tendo em vista restrições quanto ao tempo de resposta e "throughput" dos sistemas considerados, fornecendo indicações sobre as possibilidades de desempenho de diversos equipamentos submetidos a uma dada carga de trabalho.

Dentro dos objetivos propostos, a simulação é um ele

mento auxiliar para a tomada de decisões a médio para longo prazo em situações que envolvam custos e riscos elevados. Esta afirmativa deve-se, principalmente, a duas razões. A primeira é o custo que tende a ser elevado devido ao treinamento necessário do pessoal incumbido de desenvolver o estudo, à preparação dos dados de entrada, que é uma tarefa que requer tempo considerável e, finalmente, devido aos custos de processamento. A segunda prende-se ao grau de agregação que é, como já foi dito acima, bastante grande devido à utilidade geral a que se destina o estudo, além disto, uma simulação não atinge, normalmente, um alto grau de acuracidade devido a dificuldade de implementar um alto nível de detalhamento no modelo. Como decorrência destas restrições devemos limitar o escopo de nosso trabalho a escolha da configuração e do porte dos seus elementos constituintes.

## O MODELO DE SIMULAÇÃO

O modelo selecionado é o apresentado graficamente na fig. 1, que é de uso geral na bibliografia e que, caso os parâmetros de entrada forem escolhidos criteriosamente pelo modelista, representa o sistema real com uma acuracidade bastante boa.

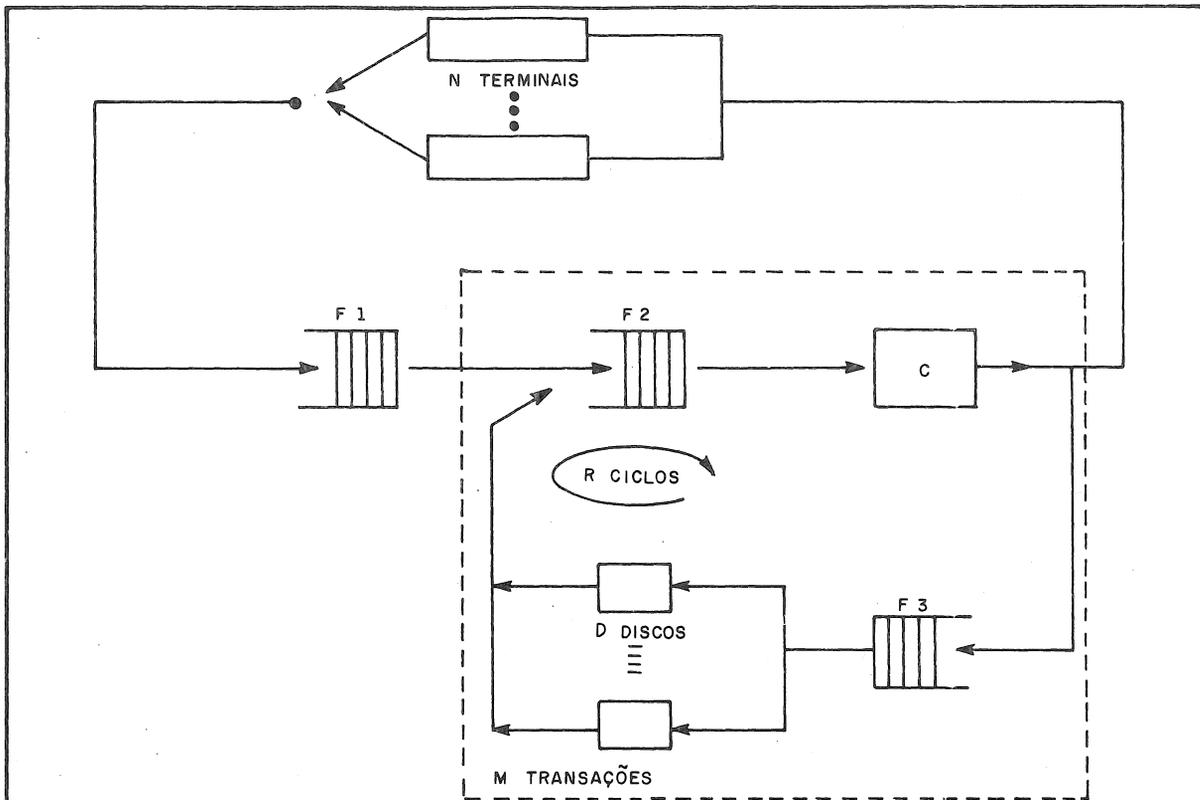
O elemento, básico, neste modelo, é a transação a qual é entendida como sendo o conjunto de operações solicitadas por um comando do usuário e satisfeita por uma mensagem do computador.

Existem, em um dado momento, N terminais ativos interagindo com o computador por meio de transações. Cada comando de usuário identifica uma determinada rotina que é carregada na memória e executada, dando lugar a R acessos a disco no decorrer do processamento da transação.

É definido um determinado nível de multiprogramação M que pode ser variado para permitir uma melhor utilização da máquina. O nível de multiprogramação, juntamente com a tecnologia empregada, causam um certo "overhead".

Finalmente existem unidades de disco com D canais independentes de acesso de uso compartilhado pelas transações ativas.

O modelo apresentado não é adequado à simulação de máquinas de pequeno porte (minicomputadores) devido a características específicas deste tipo de equipamento. A principal delas é a operação em monoprogramação e a utilização de técnica de "swap-out", "swap-in" ao passar o atendimento de um tipo de transação para outro. Em decorrência da monoprogramação não existem as fitas associadas ao processador e ao disco. Aplicadas estas características ao modelo da fig. 1 é obtida uma representação adequada aos minicomputadores que serão utilizados



Modelo de uma Máquina Multiprogramada (de grande porte)

fig. 1

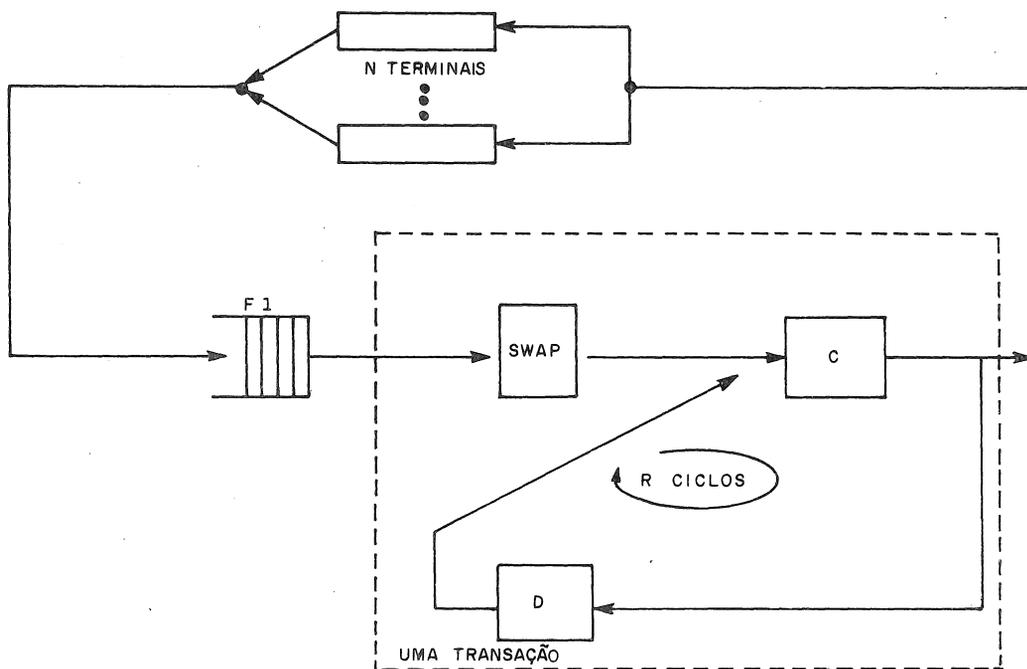


fig. 2 - Modelo de um Minicomputador Monoprogramado

como processadores remotos nos sistemas distribuídos (fig. 2).

## ANÁLISE DE PERFORMANCE DE UMA MÁQUINA MULTIPROGRAMADA (GRANDE)

Os parâmetros para a experiência de simulação, com o modelo da fig. 1, foram definidos de forma a representar uma máquina de porte razoavelmente grande, sem que fosse selecionado um equipamento específico mas procurando ser representativos desta classe de computadores.

### PARÂMETROS:

Velocidade da CPU = 1.000.000 instruções/seg  
Nível de multiprogramação = 3  
Número de canais de I/O = 2  
Tamanho de uma transação = 100.000 instruções  
"Overhead" por transação = 0,08 seg  
Número de I/Os por transação = 10  
Tempo por I/O = 0,03 seg  
Tempo de raciocínio do usuário = 15 seg.

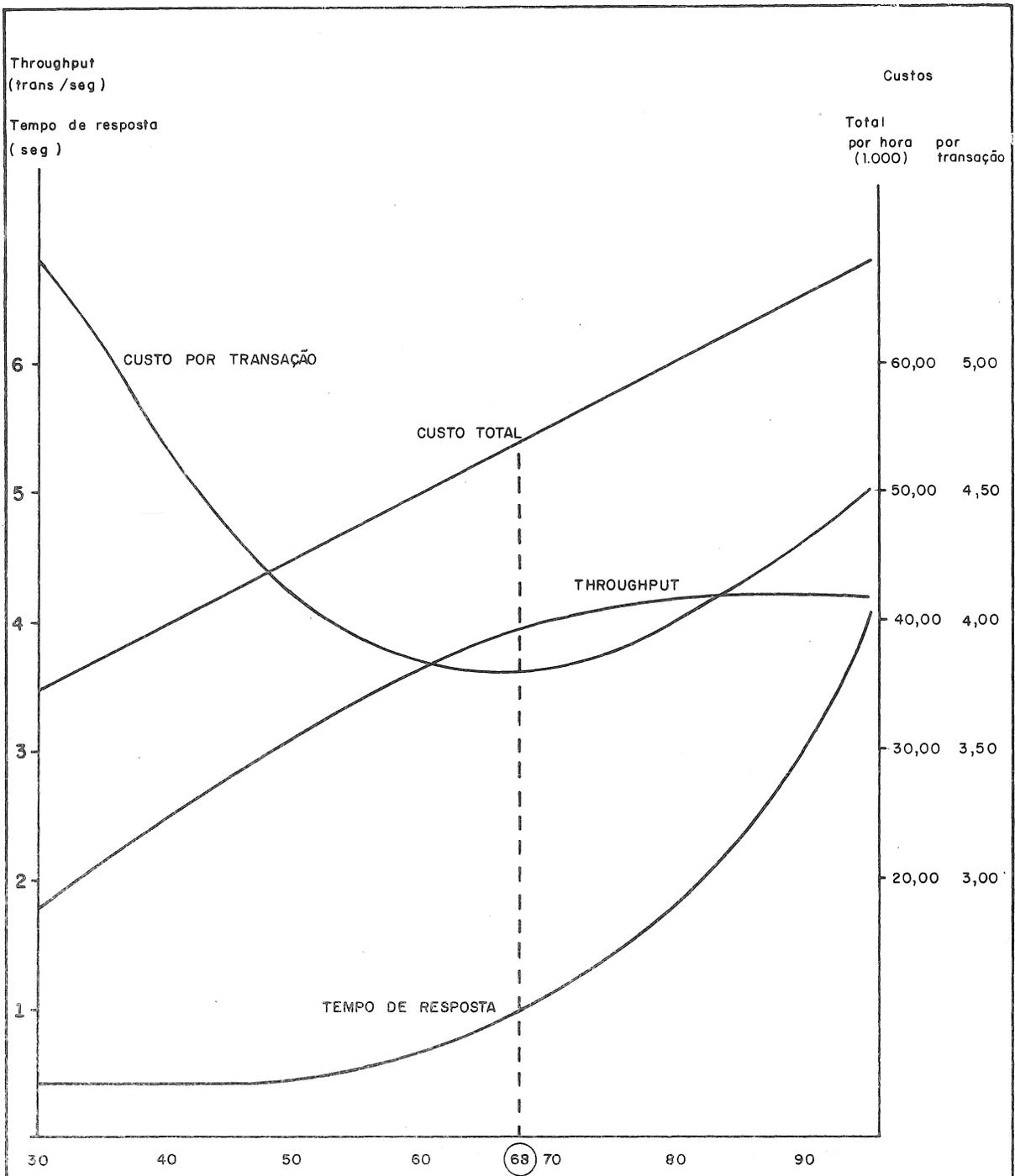
O modelo de simulação foi codificado na linguagem GPSS gerando um programa que executado, para diversas configurações de terminais ativos, permite obter os valores de tempo de resposta e "throughput", medido em transações por segundo. Uma execução típica, em IBM/370 modelo 145, com um tempo real de 20 minutos, sendo 10 minutos de inicialização e 10 minutos de simulação com obtenção de estatísticas, utiliza cerca de 5 minutos de CPU.

A seguir é calculado o custo de operação do computador, pela soma de duas parcelas correspondentes ao custo da máquina central e ao custo dos terminais ativos, estes valores são globais incorporando "hardware", instalações e pessoal. Os custos considerados foram:

Computador = Cr\$ 20.000,00/hora  
Terminal = Cr\$ 500,00/hora

Dividindo-se o custo total, por segundo, pelo "throughput" obtém-se o custo unitário por transação. Estes valores encontram-se representados graficamente na fig. 3 onde pode-se notar um nítido mínimo, no valor do custo unitário. Selecionando-se este ponto é obtido o tempo de resposta e a capacidade de processamento do sistema para o custo mínimo. Estes são os elementos básicos para a decisão sobre a exequibilidade do sistema em análise.

Caso os resultados da simulação não se enquadrem nas limitações do projeto devem ser modificados os parâmetros do sistema até ser atingida uma configuração adequada que, uma vez obtida, fornecerá o custo por transação que será utilizado na avaliação de desempenho e custo relativo entre a configuração centralizada e as diversas configurações distribuídos.



Resultados da Simulação de uma Máquina Multiprogramada ( grande )

fig. 3

O mesmo modelo permite desenvolver uma série de análises considerando a variação dos diversos parâmetros utilizados. Na figura 4, foi considerada a configuração ideal de 68 terminais ativos e a variação dos parâmetros: ciclos de I/O, instruções por ciclo e tempo de acesso a disco.

Com esta análise é possível determinar a sensibilidade da solução ótima a eventuais modificações que devem ser introduzidas nas transações ou a alterações na localização física dos arquivos nas unidades de disco alterando o tempo de acesso. Os resultados são apresentados graficamente na fig. 4.

#### ANÁLISE DE PERFORMANCE E CUSTO COMPARADA ENTRE SISTEMA CENTRALIZADO E DISTRIBUÍDOS.

Para a realização das experiências de simulação com o modelo da fig. 2 foram especificados os seguintes parâmetros:

Velocidade da CPU = 100.000 instruções/seg  
 Tamanho de uma transação = 100.000 instruções  
 Tempo de "swap" = 20,3 seg  
 "Overhead" por transação = 0,2 seg  
 Número de I/Os por transação = 10  
 Tempo de I/O = 0,054 seg  
 Custo do computador = Cr\$ 3.000,00/hora  
 Custo do terminal = Cr\$ 350,00/hora

Nos casos de menor custo, por transação, para os modelos multi e monoprogramado foram obtidos os valores a seguir:

	Multiprogramada (grande)	Monoprogramada (mini)
Throughput	3,95 tr/seg	0,51 tr/seg
Tempo de resposta	1 seg	2,6 seg
Custo total	Cr\$ 48.000,00/hora	Cr\$ 6.150,00/hora
Custo transação	Cr\$ 3,80	Cr\$ 3,34
Número terminais	68	9

A partir destes dados pode ser realizada a comparação entre um sistema centralizado, atendendo uma rede de terminais em estrela, e um totalmente distribuído.

No totalmente distribuído, constituído por uma rede de minicomputadores é suposto que todos os dados necessários ao processamento de uma mesma transação estejam armazenados em apenas um nodo. O sistema de aplicação global pode ser decomposto em áreas geográficas bem definidas, de tal modo que cada área é atendida por um minicomputador.

TEMPO DE  
RESPOSTA  
(seg)

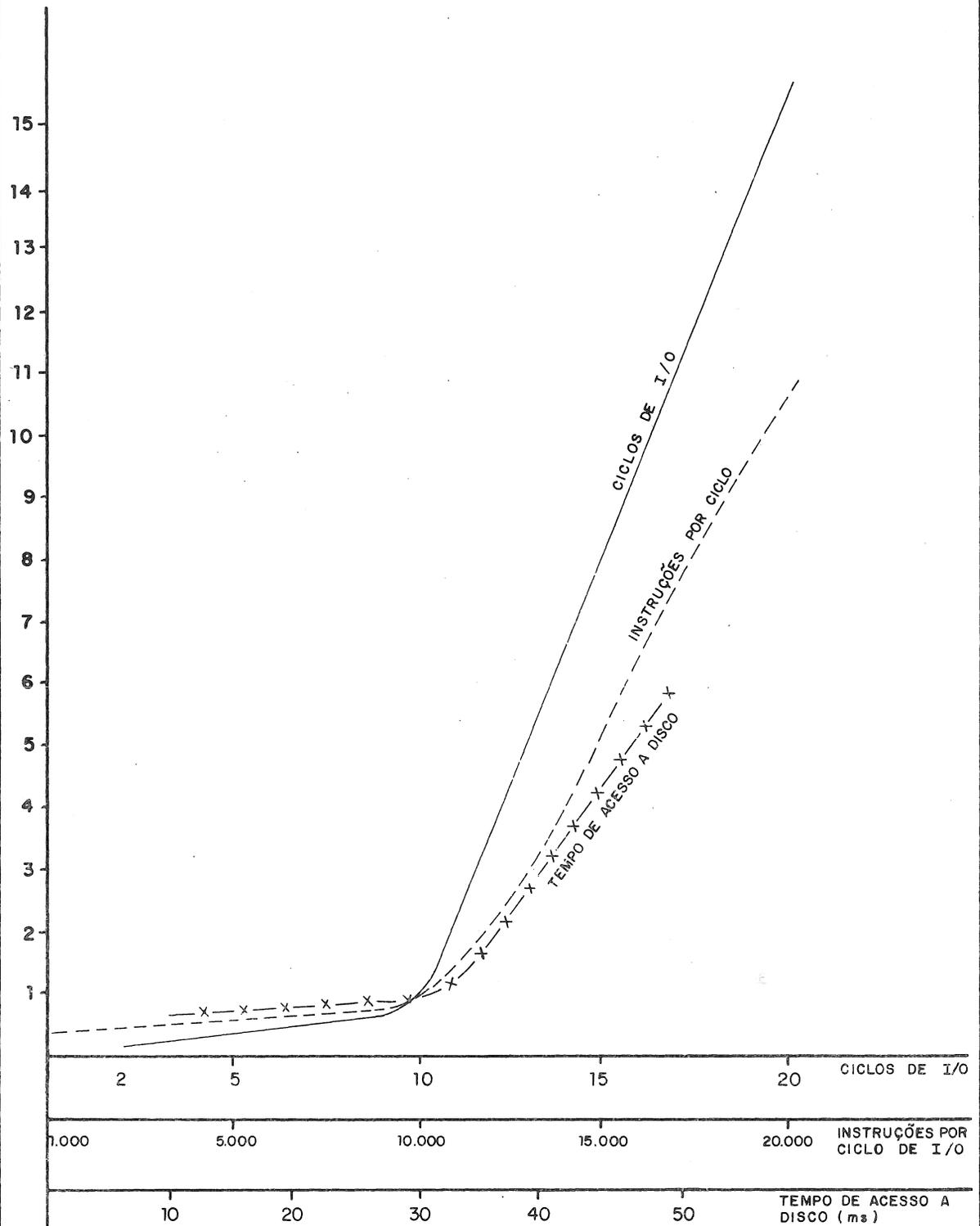


fig. 4 - Análise de sensibilidade do tempo de resposta

Caso uma transação necessite dados que não estejam no mesmo nodo ao qual está ligado o terminal é necessário que este nodo contenha informações suficientes para determinar aonde estão armazenados os dados para o processamento. O custo de transmissão de dados, por transação, é considerado igual ao do sistema centralizado, pois quanto menor o número de transações remotas, menor poderá ser a velocidade dos canais de telecomunicação empregados pelo sistema. Finalmente o custo de processamento para uma transação remota será igual a duas vezes o do processamento de uma transação local e é dividido igualmente entre os dois nodos envolvidos no processamento.

Dadas as características acima o custo, por transação, associado ao sistema centralizado será:

$$C_{\text{centr}} = C_g + C_t$$

onde  $C_g$  = custo por transação obtido a partir da simulação de uma máquina de grande porte.

$C_t$  = custo de transmissão de dados por transação

e o custo para o sistema distribuído será:

$$C_{\text{distr}} = PC_m + (1 - P)(2C_m + C_t)$$

onde  $C_m$  = custo por transação obtido a partir da simulação de um minicomputador.

Para determinar o ponto a partir do qual será mais econômico empregar um sistema distribuído, é calculada a relação entre o custo  $C_{\text{distr}}$  e o custo  $C_{\text{centr}}$ .

A reta definida pela relação de custos igual a um se para as zonas onde é economicamente aconselhável o processamento totalmente distribuído e aquela onde é mais adequado o centralizado (fig. 5).

Outra configuração de sistema distribuído a ser considerado é o sistema hierárquico composto por um nodo central, constituído por uma máquina de grande porte, ao qual estão conectados diversos minicomputadores.

Inicialmente é considerado que o nodo central contenha uma cópia total da base de dados e que os nodos periféricos, contenham o subconjunto da base global referente a sua região geográfica.

Uma transação pode ser processada localmente ou, caso os dados não estejam disponíveis em seu nodo, deve acessar o nodo central onde encontrará os dados necessários. O custo de transmissão, por transação, é considerado igual ao custo no ca

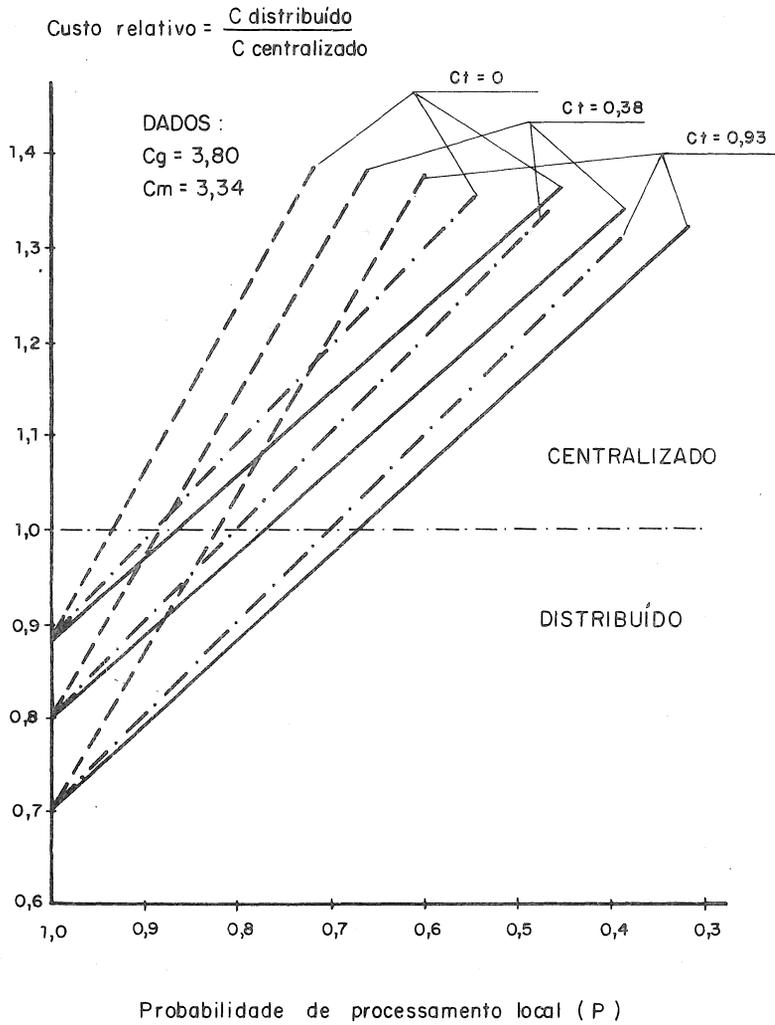


fig. 5 - Sistema totalmente distribuído ———  
 Sistema hierárquico { Nodo central sem cópia da base de dados - - - -  
 { Nodo central com cópia da base de dados - . - .

so centralizado.

A relação entre os custos será:

$$\text{Custo relativo} = \frac{C_m}{C_g + C_t} + (1 - P),$$

os resultados da avaliação desta expressão estão representados graficamente na fig. 5.

Uma outra forma de operação, de um sistema hierárquico, é desenvolvida para evitar a necessidade de manutenção de uma cópia central atualizada de toda a base de dados. Este custo pode ser consideravelmente alto caso a taxa de alterações for elevada. Neste modo de operação caso uma transação não possa ser atendida localmente, deverá acessar o nodo central de onde será dirigida para o nodo que contém os dados necessários ao processamento. O custo do processamento da transação no sistema distribuído será:

$$C_{\text{distr}} = PC_m + (1 - P)(2C_m + C_g + 2C_t)$$

e a relação entre os custos:

$$\text{Custo Relativo} = \frac{PC_m + (1 - P)(2C_m + C_g + 2C_t)}{C_g + C_t}$$

cujas avaliações encontra-se representada na fig. 5.

## CONCLUSÕES

O método apresentado permite uma avaliação prévia de configurações de sistemas de informação distribuídos, utilizando, para prever o desempenho de cada nodo, modelos de simulação. Estes modelos permitem obter as mais importantes características operacionais das máquinas utilizadas. Constata-se que o emprego de modelagem requer uma compreensão bastante clara dos mecanismos de funcionamento dos equipamentos, bem como um estudo criterioso das características das transações envolvidas e do sistema de aplicação. A utilização de variantes do modelo básico permite representar outras categorias de sistemas operacionais e configurações de "hardware".

A análise, propriamente dita, dos sistemas de informação distribuídos utiliza os dados obtidos por meio da simulação para avaliar analiticamente diversas configurações.

Finalmente, deve ser salientado, que o exemplo estudado representa unicamente um caso específico. A metodologia apresentada pode ser facilmente adaptada para um sistema deter

minado, permitindo uma análise de custos e desempenho em uma fase inicial de projeto. Desta forma podem ser selecionadas as melhores alternativas para um estudo mais detalhado, minimizando os custos e riscos envolvidos no mesmo.

#### BIBLIOGRAFIA

- OLIVEIRA, José Palazzo M. Minicomputadores um caminho na distribuição do processamento. In: CONGRESSO REGIONAL DE MINICOMPUTADORES, 1, Recife, maio 1979 Anais SUCESU, 1979. p. 9-15.
- OLIVEIRA, José Palazzo M. Processamento distribuído-Características de uma nova metodologia. In: XII CONGRESSO NACIONAL DE PROCESSAMENTO DE DADOS, São Paulo, outubro 1979. Anais SUCESU, 1979. p. 255-257.
- BOYSE, J.W. & WARN, D.R. A straightforward model for computer performance prediction. Computing Surveys, 7 (2): 73-93, June, 1975.
- DENNING, Peter J & BUZEN, Jeffrey P. The operational analysis of queueing network models. Computing Surveys, 10 (3):225-261, Sept., 1978.
- BUCCI, Giacomo & STREETER, Donald N. A methodology for the design of distributed information systems Communications of ACM, 22(4):233-245, Apr. 1979.
- SIMULATION: its place in performance analysis. EDP Performance Review, 1(11):1-5, Nov., 1973.