

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
CENTRO DE INFORMÁTICA

METODOLOGIA PARA ANÁLISE DE DESEMPENHO DE
SISTEMAS DE TRANSFERÊNCIA ELETRÔNICA DE FUNDOS

Trabalho de Graduação



Aluno: Thiago Alencar Maciel (tam2@cin.ufpe.br)

Orientador: Paulo Romero Martins Maciel (prmm@cin.ufpe.br)

Recife, 29 de janeiro de 2008.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Assinaturas

Este Trabalho de Graduação é resultado dos esforços do aluno Thiago Alencar Maciel, sob a orientação do professor Paulo Romero Martins Maciel, conduzido no Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco. Todos abaixo estão de acordo com o conteúdo deste documento e os resultados deste Trabalho de Graduação.

Thiago Alencar Maciel

Paulo Romero Martins Maciel

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Resumo

Desempenho é uma característica vital no uso de sistemas computacionais. Desse modo, um intento de profissionais de Tecnologia da Informação (TI) é ter seus sistemas com maior desempenho e menor custo possível. Para alcançar este objetivo, profissionais de TI precisam, no mínimo, um conhecimento básico de avaliação de desempenho e suas técnicas. Este trabalho tem como objetivo propor uma metodologia, para avaliar o desempenho de sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos (TEF) tendo como estudo de caso o Sistema Completo de Pagamentos Eletrônicos (SCOPE) desenvolvido pela Itautec SA. A abordagem é desenvolvida realizando atividades de *benchmarking*, coleta de dados de desempenho e análise (BCA). Aplicando esta abordagem, espera-se que profissionais de TI tenham uma introdução para melhorar o uso dos recursos computacionais de forma adequada às necessidades de processamento e tráfego de dados do sistema.

Palavras chaves:

Avaliação de Desempenho, Técnicas, Sistemas TEF, Scope.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Abstract

Performance is a vital feature in the use of computer systems. Thus, an attempt to professionals in Information Technology (IT) is having its systems with higher performance and lower cost. To reach this goal, the IT professionals need at least a basic knowledge of evaluation of performance and their techniques. This work aims to propose a methodology to evaluate the performance of systems for Electronic Funds Transfer (EFT) with the case study the Full System of Payments Consumer Electronics (SCOPE) developed by Itaútec SA. The approach is developed performing activities of benchmarking, performance data collected, and analysis (BCA). Applying this approach, it is expected that the IT professionals have an introduction to enhance the use of computer resources adequately to the needs of processing and traffic data in the system.

Key Words:

Performance Evaluation, Techniques, EFT systems, Scope.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Sumário

Resumo	3
Sumário	5
1. Introdução	8
1.1 Trabalhos Correlatos	9
1.2 Estrutura	10
2. Sistema de Transferência Eletrônica de Fundos	11
2.1 Scope	13
2.1.1 Arquitetura	14
2.1.2 Ambiente de Medição	15
3. Avaliação de Desempenho e Planejamento de Capacidade	17
3.1 Introdução	17
3.2 Visão Geral sobre Técnicas de Avaliação de Desempenho	18
3.3 Benchmarking	20
3.4 Métricas de Desempenho	21
3.5 Modelos	22
4. Metodologia BCA	27
4.1 Definição do Escopo	28
4.2 <i>Benchmarking</i> e Coleta de Dados	29
4.3 Análise dos Dados	29
4.4 Apresentação dos Resultados	30
5. Estudo de Caso	31
5.1 Configuração do Ambiente	31
5.2 Aplicação Metodologia	31
5.2.1 Definição do Escopo	32
5.2.2 <i>Benchmarking</i> e Coleta de Dados	33
5.2.3 Análise dos Dados	35
5.2.4 Apresentação dos resultados	35
6. Conclusão	40
7. Referências Bibliográficas	41
8. Apêndice A: Métricas de Desempenho	43

Índice de Figuras

Figura 2.1	Lógica de Funcionamento.....	11
Figura 2.2	Ponto de Venda (PDV).....	12
Figura 2.3	Ambiente ilustrativo do Scope.....	13
Figura 2.4	Modelo de uma arquitetura centralizada.....	15
Figura 2.5	Fluxo de Informações resumida de uma transação TEF.....	16
Figura 3.1	Uma rede de filas.....	23
Figura 3.2	Estada do sistema descrito pelo processo nascimento-morte.....	24
Figura 3.3	Comportamento exponencial do crescimento do tamanho da fila.....	25
Figura 3.4	Gráfico do crescimento do tempo de resposta.....	26
Figura 4.1	Etapas da Metodologia BCA.....	27
Figura 5.1	Utilização do processador no servidor SGBD.....	36
Figura 5.2	Utilização do processador no servidor Scope.....	36
Figura 5.3	Tempo de resposta do disco no servidor Scope.....	37
Figura 5.4	Tempo de resposta do disco no servidor Scope.....	37
Figura 5.5	Número de escritas e leituras no servidor Scope.....	38
Figura 5.6	Número de escritas e leituras no servidor SGBD.....	38

Índice de Tabelas

Tabela 3.1	Comparação de técnicas de avaliação de desempenho (de [1], [2]).....	19
Tabela 5.1	Infra-estrutura do servidor de banco de dados.....	32
Tabela 5.2	Infra-estrutura do servidor de aplicação SCOPE.....	32
Tabela 5.3	Planilha criada durante o estudo de caso.....	34
Tabela 5.4	Configuração dos Cenários de Teste.....	35

1. Introdução

Avaliação de desempenho e planejamento de capacidade (AD/PC) são aspectos de Tecnologia da Informação frequentemente ignorados e esquecidos. Devido às constantes mudanças que frequentemente ocorrem no Mundo da Tecnologia da Informação (TI), estes fatores vêm se tornando centro implícito na tomada de decisões de negócios de TI. AD/PC possibilita o estudo e determinação, por exemplo, se o servidor suporta expansão da funcionalidade de uma aplicação ou se a base de dados pode absorver uma carga adicional. Além disso, a aplicação adequada destas técnicas permite determinar o nível de desempenho do sistema e se ajustes (*tuning*) precisam ser feitos.

O uso de processos, técnicas, métodos e modelos são bastante comuns em projetos de avaliação de desempenho [1], [2], [3], [4], [5] por serem já amplamente consolidados na literatura. Porém, todo erro durante aplicação ou criação desses procedimentos pode ter um papel fundamental entre sucesso e falha.

Entretanto, é preciso ter em mente que não existe um meio universal com o qual possamos avaliar o desempenho das diversas classes de sistemas computacionais [1]. Uma vez que cada aplicação tem diversas características, restrições e comportamentos específicos.

Em projetos de avaliação de desempenho e planejamento de capacidade é bastante comum a construção de uma base para comparação (*baseline*). Geralmente esta base é construída utilizando ferramentas que coletam métricas de desempenho que, normalmente, consideram métricas de CPU, disco, memória e estatísticas de rede. Através da *baseline* o analista pode identificar onde estão os problemas e taticamente realizar ajustes de desempenho para melhorar *throughput* de uma aplicação. O uso da disciplina de planejamento de capacidade fornece uma estratégia de estudo para determinar o que acontecerá com os recursos de hardware e software se mudanças forem feitas na *baseline*.

Assim, a aplicação de uma metodologia para uma aplicação específica é de suma importância para o sucesso de um projeto de avaliação de desempenho. A escolha de métricas de desempenho, como realizar a coleta de dados, e a análise destes dados são alguns dos passos da maioria das abordagens usadas em projetos de análise de desempenho.

Este trabalho é um esforço para definir um procedimento para avaliação (medição) de desempenho de sistemas TEF, mediante a aplicação desta abordagem no Sistema Completo de Pagamentos Eletrônicos (SCOPE) desenvolvido pela Itaautec SA.

Muitas vezes, a construção de uma abordagem é uma tarefa que envolve tomada de decisão. Há diversas soluções possíveis para o mesmo problema e é necessário encontrar uma que seja apropriada. Assim, adaptações sobre essas técnicas, métodos, processos e modelos mediante o contexto do sistema abordado são necessárias para que a solução seja eficiente o suficiente para extrair detalhes e características do sistema envolvido, bem como possa gerar um resultado que seja apropriado ao sistema.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Este trabalho está inserido num convênio de pesquisa firmado entre o CIn/UFPE e a Itaútec SA. A pesquisa é realizada no Laboratório de Análise de Performance CIn/UFPE / Itaútec, que tem como foco o domínio de técnicas para análise de desempenho em máquinas servidoras, e a certificação dos servidores da Itaútec em padrões de qualidade internacionalmente considerados. Também como foco existe a linha de pesquisa de planejamento de capacidade, responsável pelo dimensionamento de componentes de hardware, software e comunicação necessários à correta operação do ambiente de produção dos usuários de sistemas Itaútec. O autor deste Trabalho de Graduação é estagiário do laboratório, e membro de ambas as equipes: TPC (Transaction Processing Performance Council), responsável pela certificação TPC-E de servidores da Itaútec, e também atua na equipe de CP (Capacity Planning).

A motivação de propor uma metodologia para avaliar o desempenho de sistemas TEF surge da necessidade de alcançar níveis de desempenho aceitáveis e, por conseguinte, minimizar o custo dos servidores destas aplicações, visto que, o mercado brasileiro de cartões tem apresentado uma taxa de crescimento expressiva nos últimos anos (tendo uma média anual de 18%), segundo [10]. Atualmente, são cerca de 86 milhões de cartões de crédito e 192 milhões cartões de débito, gerando aproximadamente 356 milhões de transações só no mês de julho de 2007.

Propõe-se, neste trabalho, apresentar uma proposta de metodologia para avaliação de sistemas TEF. A abordagem é desenvolvida realizando atividades de *benchmarking*, coleta de dados de desempenho, e análise (BCA). O objetivo da metodologia proposta é auxiliar analista de desempenho, administradores de banco de dados e gerentes de projetos a conduzirem testes de desempenho e avaliarem o desempenho de servidores de sistemas TEF.

Além disso, é aplicada esta abordagem em um sistema real de pagamento on-line produzido pela Itaútec, a carga de trabalho submetida aos experimentos foi aumentada gradativamente. Os resultados apresentados oferecem aprofundamentos de desempenho de um sistema TEF bem como dicas e alertas.

Dessa forma, apresenta-se aos profissionais de TI uma metodologia para avaliar o desempenho de sistemas TEF, é mostrada a importância do estudo no devido contexto, e também é apresentada a análise de possíveis problemas de gargalos em sistemas TEF.

As contribuições deste trabalho combinam resultados da avaliação de desempenho em sistemas TEF, e podem ser resumidos em:

- Defini um modelo para avaliação de sistemas TEF;
- Analisar e discutir detalhes importantes sobre análise de desempenho e planejamento de capacidade;
- Sugerir contadores de desempenho que permitem determinar o nível de utilização dos diversos recursos do sistema;

1.1 Trabalhos Correlatos

Os projetos apresentados abaixo são alguns dos trabalhos relacionados com este presente trabalho:

Em [5], o trabalho se propõe a definir uma abordagem para avaliar o desempenho de sistemas quando eles são submetidos a um exorbitante crescimento na base de dados. Além de avaliar o desempenho através de métricas de desempenho, este trabalho também utiliza a técnica de modelagem LQN (Layered Queueing Networks) para prever o desempenho do sistema de acordo com uma carga de trabalho específica. Eles aplicaram, com sucesso, esta abordagem em um sistema de informação legado, na Austrália.

Em [8], o trabalho utiliza a disciplina de planejamento de capacidade para discutir o desempenho e o impacto da escalabilidade em ambiente reais de produção que vem sofrendo degradação no desempenho do sistema. De teor mais técnico, ele descreve a metodologia usada para coletar os dados de desempenho em um ambiente de produção e explica técnicas para avaliar o desempenho de sistemas OLTP.

1.2 Estrutura

Este trabalho foi estruturado da seguinte maneira: no próximo capítulo é dada uma visão geral sobre sistemas TEF expondo seus conceitos básicos. Também será apresentado o sistema SCOPE desenvolvido pela Itautec SA. No Capítulo 3, apresentam-se embasamentos teóricos sobre avaliação de desempenho e planejamento de capacidade.

O Capítulo 4 apresenta a contribuição deste presente trabalho que se dá com o desenvolvimento de uma metodologia para avaliação de desempenho de sistemas TEF. Todas as etapas de seu processo são detalhadas.

No Capítulo 5, são apresentados alguns experimentos realizados com o sistema SCOPE utilizando a metodologia proposta. Os experimentos serão detalhados e também serão mostrados os resultados obtidos.

Por fim, o Capítulo 6 apresenta as conclusões deste trabalho, explicita suas contribuições e apresenta sugestões para próximas pesquisas.

2. Sistema de Transferência Eletrônica de Fundos

O mercado de cartões vem alcançando um crescimento expressivo nos últimos anos. Nas mais variadas áreas de comércio, os Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos estão presentes. Exemplos de comércios que utilizam tais sistemas incluem desde uma grande rede de supermercados a uma simples banca de revista.

Também conhecido como sistemas TEF, eles tem por finalidade permitir a um cliente efetuar pagamentos a um estabelecimento comercial, através de uma instituição autorizadora, por meio da troca de mensagens eletrônicas, usando computadores (PDV) e cartões magnéticos, sem a necessidade do uso de papel moeda, cheque ou qualquer outro meio físico. Outros tipos de serviços, para diversos fins, foram criados sobre essa tecnologia, como por exemplo, a consulta de todos os tipos de transações de pagamento eletrônico, documentos e informações cadastrais.

Em sistemas de grande porte, existem características comuns que implicam na necessidade de analisar o desempenho de servidores de sistemas TEF. Por exemplo, devem suportar o acesso simultâneo de milhares de transações, o tempo de resposta para as requisições dos usuários deve ter um tempo inferior a um valor aceitável e também devido à importância que tem para as organizações, sistemas TEF devem estar disponíveis sempre que seja requisitado um serviço.

Para analisar o desempenho de sistemas TEF, se faz necessário um entendimento dos componentes e propósitos de um ambiente TEF. Neste capítulo, apresenta-se uma descrição rápida dos principais elementos que compõem um ambiente TEF típico. Em maior nível de detalhes, é descrito a solução desenvolvida pela Itautec para sistemas TEF, chamada Solução Completa para Pagamento Eletrônico (Scope) [20]. Visto que, este aplicativo será utilizado no estudo de caso neste presente trabalho.

Basicamente têm-se três entidades responsáveis pelo funcionamento de sistemas TEF, representados pela figura abaixo.

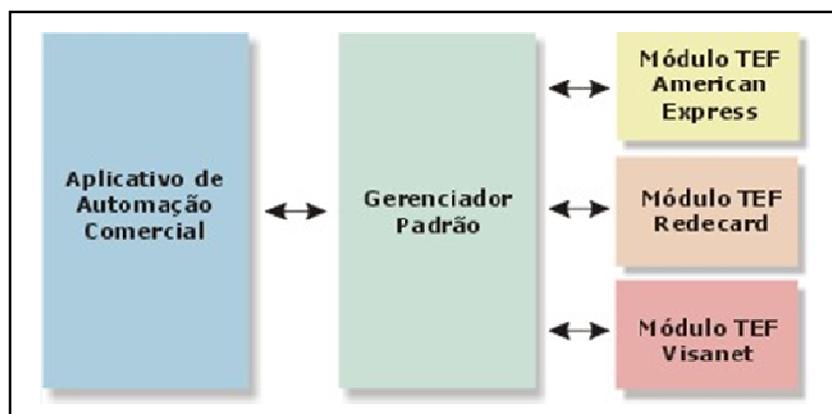


Figura 2.1 - Lógica de Funcionamento [20]

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

O Aplicativo de automação comercial é responsável pela impressão do cupom fiscal e do comprovante da transação TEF. Através dele o cliente adquire um produto ou serviço de um estabelecimento comercial. É necessário possuir um cartão magnético e uma senha, fornecidos pela instituição autorizadora, para acessar o serviço e se identificar junto à instituição autorizadora. Abaixo, é visto uma foto de um PDV (acrônimo de ponto de venda) que é uma solução típica de aplicativos de automação comercial de sistemas TEF.



Figura 2.2 - Ponto de Venda (PDV)

O ambiente de estudo será o Gerenciador Padrão que é o módulo responsável pelo direcionamento da transação para os respectivos Módulos TEF e efetua o tratamento das atividades, permitindo que o aplicativo de automação comercial interaja com as administradoras de cartão de crédito e de débito. É nesta camada onde ficam os principais módulos dos aplicativos comerciais responsáveis pelo gerenciamento e execução de TEF e, conseqüentemente, onde estão instalados os servidores de produção.

Por fim, Módulos TEF das instituições que autorizam cada tipo de Transferência Eletrônica de Fundos das transações efetuadas entre o cliente e o estabelecimento comercial.

Em termos operacionais, as três principais modalidades de TEF são:

- **Dedicada:** Na TEF Dedicada o computador usado pelo cliente (PDV) fica conectado de modo permanente com a instituição autorizadora através de uma linha privada. Para isso, é necessário neste tipo de TEF um modem da operadora responsável pelo link e um roteador. A vantagem nesta modalidade é que as transações são tratadas mais rápidas, e também, pode existir apenas um servidor para tratar as diversas transações simultaneamente.
- **Discado:** Diferente da TEF Dedicada, este tipo de modalidade usa uma linha telefônica discada, de modo que sua conexão seja executada uma por vez, a cada transação. Ao final da transação, a conexão é desligada. Desse modo, o processo torna-se mais demorado que na TEF Dedicada.
- **IP:** O TEF IP tem as mesmas características da solução TEF Dedicada. A diferença é que sua conexão é estabelecida através de protocolos IP. A vantagem nesta solução é que proporciona mais rapidez e agilidade no tráfego de informações.

2.1 Scope

O aplicativo Scope (**S**olução **C**ompleta para **P**agamento **E**letrônico) é um sistema que tem entre seus principais objetivos gerenciar e executar as principais tarefas relativas a transações eletrônicas com cartões bancários e de crédito. O Scope é uma interface entre o terminal e a autorizadora responsável pelo fluxo de informações entre as mesmas. Além disso, também tem como funcionalidade armazenar as informações relacionadas às transferências de pagamento eletrônico em um banco de dados. O acesso ao banco de dados é através de módulos de administração do sistema, pelos quais são gerados diversos tipos de consultas e relatórios estatísticos, operacionais e financeiros. Os módulos do Scope são divididos da seguinte maneira:

- Cliente: Scope Client e Hot Key
- Servidor: Scope Server, Scope Gateway, Scope IBD (interface de banco de dados), Scope ADM (administrador), Scope CNF (configurador) e Scope PND

Esses módulos serão descritos em mais detalhes nas próximas seções. A seguir, tem-se uma ilustração do ambiente do aplicativo Scope.

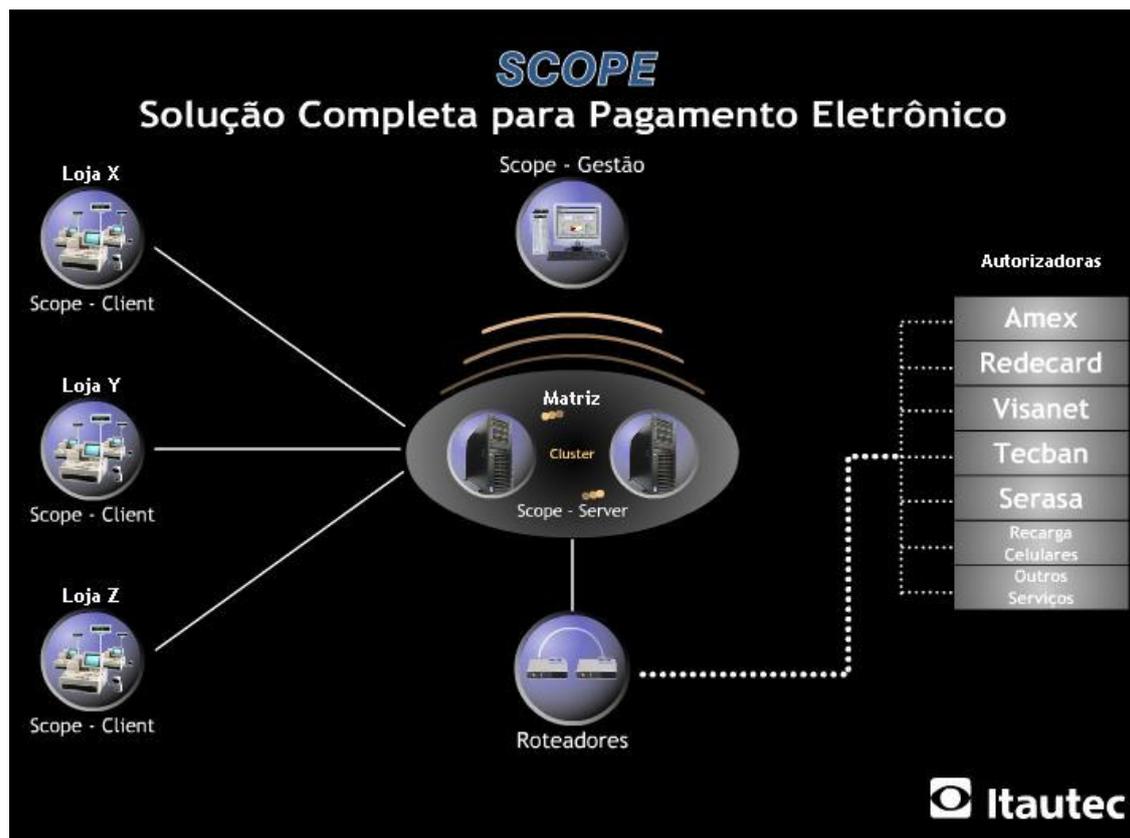


Figura 2.3 - Ambiente ilustrativo do Scope

2.1.1 Arquitetura

O aplicativo pode ser dividido em 2 módulos responsáveis pelas transações, e podem estar ou não em um mesmo hardware. São eles:

- ScopeGateway: responsável pelo envio e recepção das transações para as autorizadoras. É ele quem estabelece a conexão e controla a entrada e saída de pacotes, trabalhando como um roteador de mensagens.
- Scope Server: responsável pelo processo de montagem da mensagem ISO que será enviada a rede Autorizadora para efetuar a transação (Pré-Tef), gerencia todas as conexões cliente dos terminais terminal do ponto de venda (PoS), constrói blocos de informações que são enviados às autorizadoras, solicita logon e etc.
- Além dos módulos de transação, existem outros quatro módulos que atuam como suporte do sistema:
 - ScopeAdm: módulo administrativo que utiliza o banco de dados, tratando e filtrando dados para fornecer informações sobre transações operacionais e gerenciais. Através deste módulo pode-se visualizar gráficos e planilhas referentes a todo tipo de transação de pagamento eletrônico.
 - ScopePnd: módulo responsável pelo gerenciamento de transações pendentes. Uma transação é considerada pendente quando o Scope não consegue entregar ao *host* da rede autorizadora uma mensagem de confirmação referente ao sucesso da transação.
 - ScopeCnf: módulo configurador, responsável por toda a configuração do sistema. O módulo gerencia e insere informações no banco de dados, para que a IBD gerencie o restante do sistema.
 - ScopeCon: módulo responsável pela conciliação dos dados gerados pelas transações no Scope e os arquivos gerados pelas redes autorizadoras.
 - ScopeIBD: módulo controla todo o acesso ao banco de dados solicitado pelos demais módulos, tornando o sistema independente da plataforma de banco de dados e possibilitando o seu acesso local ou remotamente

Estes módulos não possuem dependência quanto a sua localização, podem estar na mesma máquina ou em máquinas separadas. A escolha da arquitetura é baseada no tamanho da empresa, quantidade de recursos disponíveis (por exemplo, número de servidores), nível de investimento e as necessidades da empresa, bem como outros fatores. A solução a seguir mostra uma arquitetura centralizada, este tipo de arquitetura agrupa todos os módulos no hardware servidor.

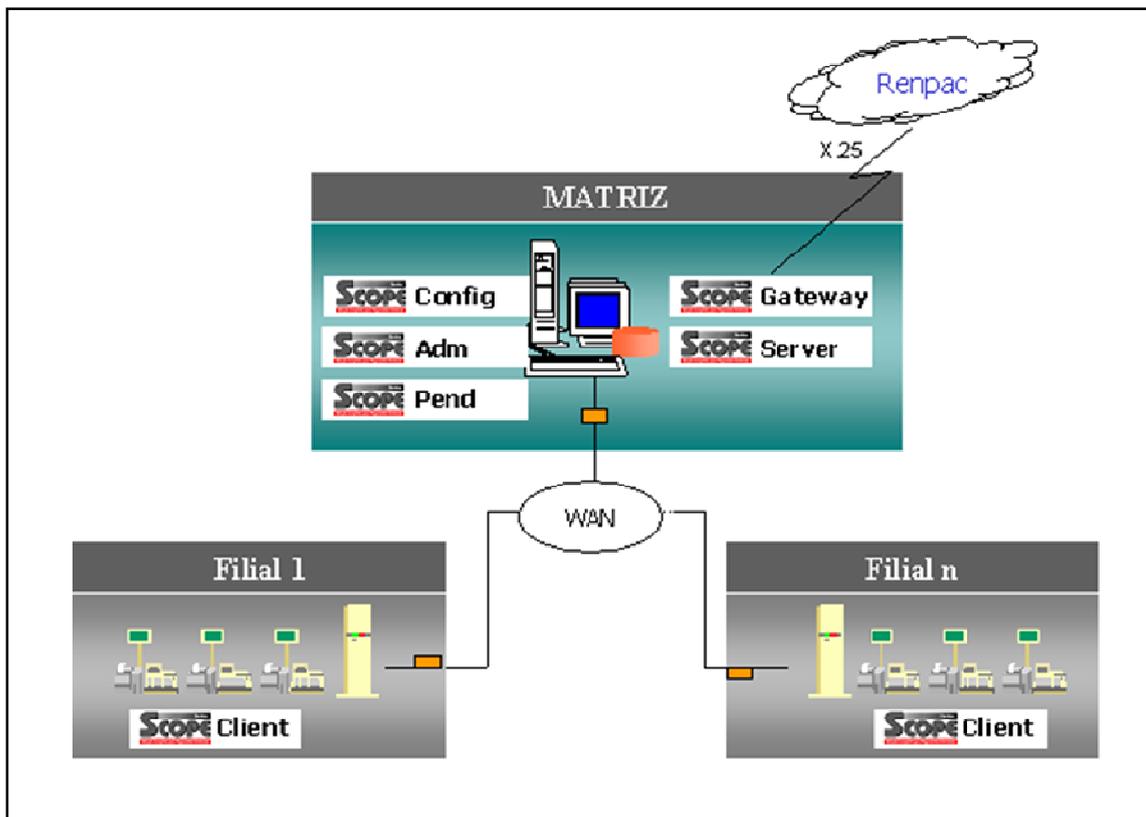


Figura 2.4 - Modelo de uma arquitetura centralizada.

Na próxima seção serão discutidos em mais detalhes os módulos que serão avaliados o desempenho de seu (s) respectivo (s) servidor (es).

2.1.2 Ambiente de Medição

No estudo de caso será analisado o desempenho do hardware onde o módulo ScopeServer está instalado e também o servidor da base de dados SQL. O módulo ScopeServer tem como função, garantir o fluxo de transações entre o ScopeClient e o ScopeGateway pelo provimento de informações ao Client para realização da Pré-Tef. O ScopeClient solicita informações sobre a transação de TEF a ser executada e o ScopeServer encarrega-se de extrair as informações da base de dados SQL para obter os parâmetros necessário para a montagem da mensagem.

A Figura 2.5 mostra o fluxo de informações percorridas quando um cliente realiza algum tipo de operação TEF.

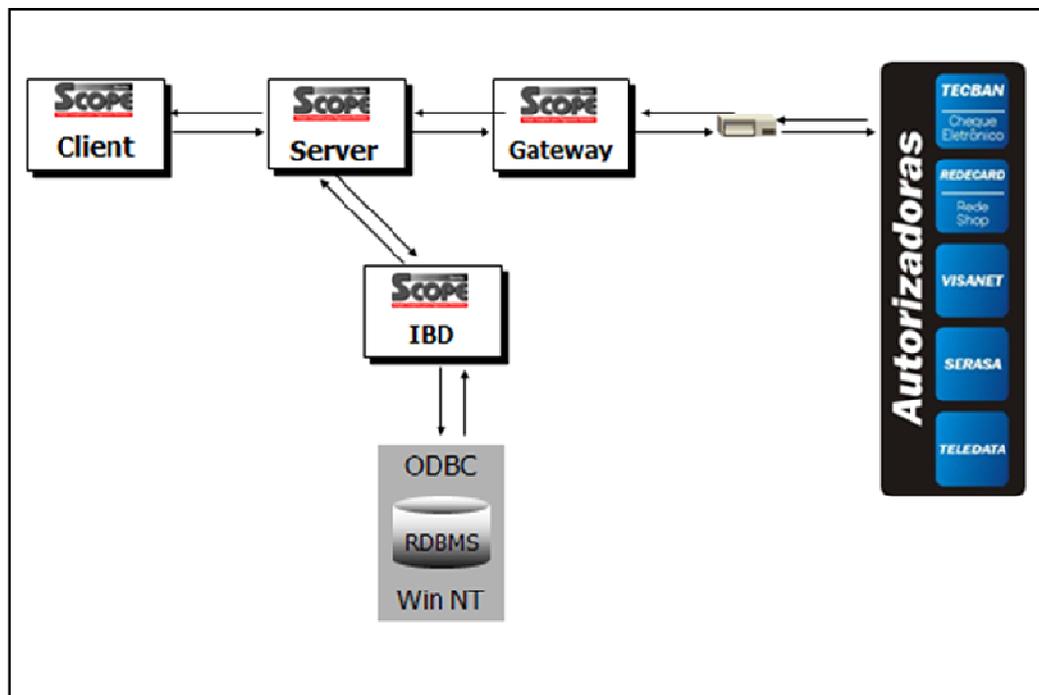


Figura 2.5 – Fluxo de Informações resumida de uma transação TEF

É tarefa do ScopeServer também atualizar as transações executadas na base de dados, manter o *status* das conexões sempre em ON e gerenciar os terminais a ele conectados, através do controle no fluxo de transações.

3. Avaliação de Desempenho e Planejamento de Capacidade

“If the facts don’t fit the theory, change the facts”

—Albert Einstein

Este capítulo fornece ao leitor embasamentos sobre avaliação de desempenho e planejamento de capacidade. Apresentam-se aspectos de avaliação de desempenho e planejamento de capacidade que são independentes da área de aplicação [1, 2, 3]. Este campo é descrito no [1].

Desempenho é um critério essencial na concepção, aquisição e utilização de sistemas computacionais. Desse modo, o objetivo dos profissionais de TI, tais como engenheiros, cientistas, analistas e os usuários é obter o melhor desempenho para um determinado custo. Para atingir esse objetivo, profissionais precisam, no mínimo, um conhecimento básico da terminologia e técnicas de avaliação. Qualquer pessoa associada com sistemas computacionais deve ser capaz de indicar as exigências de desempenho dos seus sistemas e também capaz de comparar as diferentes alternativas para encontrar aquela que melhor atenda às suas necessidades.

3.1 Introdução

Profissionais que atuam em [1] avaliação de desempenho necessitam de uma vasta gama de técnicas e métodos, assim como ter experiências para obter respostas a partir das informações coletadas. É comum profissionais desta área almejem a obtenção de resultados de forma completamente automática. Contudo, cada processo de avaliação requer um específico conhecimento do sistema que será modelado, como também a seleção de métodos, a carga e as ferramentas que serão utilizadas. É comum que analistas tenham opiniões diferentes quanto à escolha das métricas mais adequadas e da metodologia de avaliação.

Por que o interesse em avaliar o desempenho de um dado sistema? Podem-se listar vários objetivos típicos em análise de desempenho que são úteis para profissionais de TI e usuários de sistemas, dentre eles são discutidos alguns exemplos:

- Algum equipamento do sistema apresenta uma degradação de desempenho ou a resposta ao usuário não está satisfatória. Um estudo de avaliação de desempenho poderá apontar oportunidades fundamentais de melhoria de desempenho de aplicações, através de simulação e “stress” do ambiente e, por conseguinte, revelando onde estão as possíveis contenções do sistema;

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- Alguma companhia deseja comprar um novo servidor para atender os seus sistemas. É provável que se tenha diferentes opções de cada sistema, tais como o tamanho da memória principal, número de processadores, o tamanho e configuração dos discos, tipo do sistema operacional, e assim por diante. Neste caso, o objetivo é fornecer informações quantitativas e mostrar qual o melhor ambiente para uma dada carga esperada;
- Dado um determinado crescimento na carga do sistema, considere que se deseja saber qual seria o impacto na demanda de recursos, tempo de resposta médio, throughput e etc em função deste aumento, ou seja, deseja-se saber se o ambiente suportaria este incremento na carga. Caso contrário, o sistema deverá ser re-dimensionado para suportar esta demanda;
- Realizar ajustes de desempenho no sistema, ou seja, indicar um conjunto de valores de parâmetros que produza um desempenho global do sistema conforme os requisitos e demandas.

Em [4] são apresentadas uma lista de erros comuns frequentemente observados em projetos de avaliação de desempenho segundo [1]. Nesta seção serão parafraseados livremente os principais (baseados em nossa experiência):

- Devem-se ter objetivos claramente especificados. Nenhum modelo ou medição é flexível o suficiente para responder qualquer problema;
- É preciso ser imparcial. É necessário tentar ser claro e objetivo quando se compara o desempenho de sistemas;
- Possuir uma abordagem sistemática. Identificar todos os parâmetros relevantes, fatores, carga de trabalho, medidas de desempenho e desenvolver o próprio modelo de desempenho;
- Antes de começar um projeto de análise de desempenho é necessário ter entendido o problema e o sistema;
- Devem-se escolher as métricas de desempenho certas e também interpretar de maneira correta;
- Deve-se usar a técnica de avaliação de desempenho mais adequada para o problema específico;
- Devem-se evitar erros em análises. Por exemplo, coleta de dados em um mesmo horário, período de tempo e do mês. É importante estar atento a variabilidade do sistema;
- Não se devem usar métodos bastante complexos para análise;
- É necessário ser claro, objetivo e descritivo na apresentação dos resultados;

3.2 Visão Geral sobre Técnicas de Avaliação de Desempenho

Existem basicamente três principais formas usadas para avaliar o desempenho de sistemas. Quando um sistema em estudo já existe e está acessível, pode-se fazer o uso de *medições*. Quando o sistema não existe ou as condições para se realizar medições são difíceis (exemplo, o sistema a ser avaliado é toda internet) modelos de desempenho podem ser desenvolvidos. Os modelos de desempenho podem ser classificados como:

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- *Modelos Analíticos;*
- *Modelos de simulação.*

Ambos os tipos de modelos observam os aspectos mais importantes e evitam detalhes que sejam considerados menos relevantes ou difíceis de serem estimados..

Como escolher uma técnica para análise de desempenho de sistemas? A escolha da técnica depende de uma série de fatores, das quais se podem citar:

- O tempo disponível para o estudo;
- Se o sistema é flexível ou não para mudanças. Analistas normalmente estudam diferentes tipos de configurações do sistema;
- Clareza dos resultados;
- O custo alocado para o projeto. Por exemplo, quando se realizam medições são necessários equipamentos para coleta e monitoração de informações;
- Nível de exatidão desejada no projeto. Modelos analíticos requerem simplificações e pressuposições.

A Tabela 3.1 mostra um quadro comparativo entre as técnicas.

Tabela 3.1: Comparação de técnicas de avaliação de desempenho (de [1], [2])

Critério	Modelagem analítica	Modelos de simulação	Medições
Tempo	Pequeno	Médio	Alto
Flexibilidade	Alta	Alta	Baixa
Credibilidade	Baixa	Média	Alta
Custo	Baixo	Médio	Alto
Precisão	Baixa	Média	Alta

Medições de desempenho de um sistema só podem ser realizadas, em sistemas já existentes. Geralmente esta técnica baseada neste paradigma fornecem resultados mais exatos. Um objetivo comum é caracterizar como o sistema reagirá quando certas alterações na sua estrutura ou em certos parâmetros forem realizadas. No entanto, em muitas situações, a implementação de cenários específicos em um sistema real não são tarefas de fácil execução ou podem provocar custos de alta monta. Pode-se identificar quatro fases no uso da técnica de medição que são:

- Decidir as métricas de desempenho;
- Escolher as ferramentas de medição;
- Projetar os experimentos;
- Realizar a medição.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

A grande vantagem deste método é que os resultados podem ser bastante confiáveis, porém as dificuldades e limitações no uso de medições podem requerer a utilização de outras técnicas.

A modelagem analítica pode ser necessária para prever o desempenho de sistemas durante o planejamento e desenvolvimento de arquiteturas, assim pode-se saber num estado anterior ao desenvolvimento do sistema qual será a arquitetura que atenda os requisitos de projeto. Neste tratamento, utilizam-se modelos matemáticos que representem certos aspectos do sistema. Dentre os modelos podem ser citados alguns como: Modelo de Redes Petri, Modelo de Markov, Modelo de Filas e Modelos Probabilísticos [23].

A desvantagem desta abordagem é que existem situações nas quais a representação refinada do sistema se torna inviável e, portanto, são necessárias simplificações. No entanto, quando é possível representar um sistema com um nível de detalhamento adequado através de um modelo analítico, diversos aspectos de interesse podem ser avaliados, além do fato de que, em muitas situações, os custos e tempo podem ser bem reduzidos quando comparados com outros processos. Um aspecto relevante a se enfatizar é a formação necessária do profissional, que requer conhecimento sólido em diversas disciplinas e fundamentos matemáticos.

Simulação é uma ferramenta poderosa para modelar sistemas complexos. Este método se assemelha bastante com a modelagem analítica, a diferença está na maneira como os resultados são obtidos. Neste tratamento, são desenvolvidos programas que representam o comportamento dos eventos e dos estados do sistema. Por empregar um nível maior de detalhes, o uso de simulação oferece resultados mais precisos que a modelagem analítica. A desvantagem da abordagem por simulação é que pode demandar longos períodos de tempo para se alcançar uma precisão almejada, assim como um nível de confiança aceitável.

3.3 Benchmarking

Benchmarking é o processo de comparação de desempenho em diferentes sistemas [1]. Em ambientes computacionais, um *benchmark* é tipicamente um *software* que realiza um conjunto restrito e pré-definido de operações (uma carga de trabalho) e retorna um resultado em algum formato (uma métrica), que descreve o comportamento do sistema [6]. Através das métricas produzidas, é possível a realização de comparações [Gray 1993].

Benchmarking são úteis para responder perguntas como “Qual o melhor ambiente que suportará minha carga de trabalho?”. Onde o ambiente pode ser caracterizado por: tipo da CPU, arquitetura do sistema, tamanho da memória, tipo do disco, tipo do sistema de arquivo, configuração do RAID, número de discos etc.

Uma segunda abordagem para aplicações de *benchmarking* é quando se deseja fazer ajustes (*tunning*) de desempenho de sistemas. O objetivo é identificar onde estão as contenções (*bottlenecks*) e então promover mudanças e/ou alterações na estrutura do sistema, com o propósito de solucionar tais contenções, por exemplo: alterar parâmetros

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

de memória, redimensionar a capacidade de armazenamento do disco, alterar configurações da controladora, promover mudanças na configuração do SGBD etc. O número de parâmetros a serem alterados no sistema cresce com a complexidade e tamanho do sistema.

Existem outras abordagens de aplicações de *benchmarking*, bem como vários tipos de *benchmarks* no mercado. Caso o leitor queira se aprofundar sobre o assunto, sugerem-se como leitura: [9], [11], [21], [22].

Benchmarking é uma tarefa complexa, de grande importância nas organizações, que requerem um razoável número de passos para sua execução. Desse modo, estas atividades, objetivos, escolhas estão passíveis de erros. Em [1], é apresentada uma lista de erros comuns em um processo de *benchmarking*. A seguir são apresentadas algumas delas (baseado também em nossas experiências):

- É comum que os analistas coletem muito dados e não dêem a devida atenção ao processo de coleta, bem como a análise dos dados coletados. É importante que a equipe de analistas tenha conhecimentos sólidos relativos às métricas de desempenho, do sistema a ser estudado, e assim coletar realmente que reflitam o desempenho do sistema;
- Em muitas situações é comum o interesse pela obtenção de valores médios, como por exemplo, número médio de requisições de leitura e escrita em espera na fila de disco. Em alguns casos, é importante representar e analisar as variações do comportamento do sistema;
- Geralmente, programas que simulam uma carga de trabalho têm uma série de parâmetros que podem ser alterados para variar a carga no sistema. Por exemplo, o número de usuários ou número de transações por usuário. Um aumento no número de transações aumenta drasticamente a carga de trabalho, mas talvez não represente a carga real do sistema. Um aumento no número de usuários pode demandar mais recursos do sistema, por exemplo, maior número de máquinas clientes, consumo maior de memória, CPU mais rápida etc.

3.4 Métricas de Desempenho

Para cada estudo de avaliação de desempenho um conjunto de métricas deve ser selecionado e esta escolha adequada geralmente depende de dois fatores:

- o objetivo do estudo, e
- características do sistema.

Por exemplo, as métricas que poderiam ser usadas para comparar o desempenho de dois discos são diferentes das métricas que seriam coletadas para realizar ajustes de desempenho de um sistema de banco de dados.

Basicamente, quando se avalia o desempenho de sistemas computacionais, é comum a utilização de algumas métricas tais quais:

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- Taxa de serviço: é a quantidade de tarefas que são executadas pelo sistema por unidade de tempo;
- Tempo de Resposta: compreende o tempo entre a chegada da tarefa e a resposta do sistema;
- Utilização: representa o percentual de tempo que o sistema ficou ocupado realizando a tarefa. O recurso com maior utilização é dito ser o gargalo do sistema. Frequentemente, há um interesse maior em otimizar o desempenho destes recursos e otimizar o desempenho;
- Disponibilidade: a porção do tempo em que o sistema fica à disposição dos usuários para atender às suas requisições.

Após a coleta dos dados os dados devem ser analisados cautelosamente. O não entendimento ou má interpretação poderá causar efeitos não desejáveis de grande impacto na organização. Alguns aspectos importantes a serem avaliados são [1,2]:

- Não desprezar o efeito da variabilidade. Métricas que apresentem um alto valor (por exemplo, tempo de resposta) por um razoável período de tempo podem estar causando degradações significativas à produtividade do sistema;
- Métricas dependentes. Certas métricas precisam ser relacionadas e/ou comparadas entre si para que determinem algum comportamento ou problema no sistema;
- Comportamentos diferentes, valores diferentes. Nem sempre parâmetros com altos valores indicam gargalos no sistema.

3.5 Modelos

Modelos de desempenho são voltados para criar algum tipo de abstração que proporcione ter uma idéia de desempenho antes de o sistema existir ou sobre um sistema que, apesar de existir, não tenha permissão de realizar interferências em seu funcionamento normal. Os modelos podem ser associados a duas diferentes técnicas:

- Solução analítica: formulação de equações matemáticas;
- Simulação: formulação de estruturas (programas).

Na solução analítica, várias técnicas são utilizadas, dentre as quais: Teoria de Filas, Cadeias de Markov, Redes de Petri Estocásticas etc.

Um processo estocástico é definido como uma coleção de variáveis randômicas ($X(t)$) indexadas por um parâmetro t pertencente a um conjunto T . Frequentemente T é um conjunto de inteiros positivos e $X(t)$ representa uma característica mensurável de interesse no tempo t [25]. De uma maneira mais formal, um processo estocástico é definido por uma lei de probabilidade para evolução de uma variável x durante um tempo t . Eles são úteis para representar o estado de sistemas de filas. Por exemplo, $n(t)$ o número de tarefas na CPU de um sistema e $W(t)$ correspondendo ao tempo de espera em fila. Dentre os tipos de processos estocásticos usados em teorias de Filas podem-se citar alguns deles:

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- **Processo de Markov:** os estados passados e futuros são independentes considerando o estado atual, em outras palavras, para prever o valor futuro somente o valor presente de uma variável é relevante;
- **Processo de Nascimento e Morte:** processos de Markov discreto em que as transições entre estados estão restritas a estados vizinhos;
- **Processo de Poisson:** se os tempos entre as chegadas têm distribuição exponencial, o número de chegadas em um dado intervalo terá uma distribuição de Poisson.

Em sistemas computacionais, muitas tarefas compartilham o mesmo recurso do sistema como, por exemplo, CPU, disco, memória, rede e outros dispositivos. Dado que, geralmente apenas uma tarefa pode usar um recurso computacional, em um determinado momento, todas as outras tarefas que necessitam deste recurso terão que esperar [1]. O conjunto de recursos pode ser representado por uma rede de filas, como mostra a Figura 3.1.

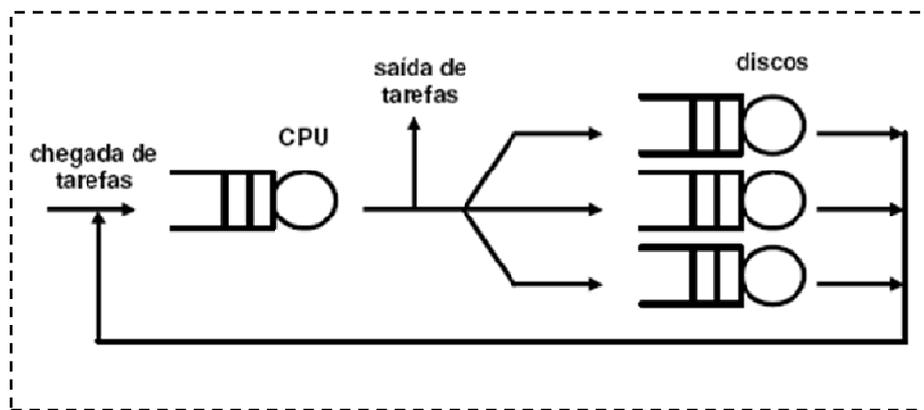


Figura 3.1 – Uma rede de filas

Para especificar um sistema de filas são utilizados seis parâmetros [1] representados na notação de Kendall por: $A/S/m/K/N/Q$, em que:

- A: Distribuição dos tempos entre as chegadas (Processo de chegada)
- S: Distribuição dos tempos de serviço
- m: Número de servidores
- K: Capacidade do sistema
- N: Tamanho da população
- Q: Disciplina de atendimento

Uma das formas mais conhecidas para a construção de modelos analíticos de filas é denominada a Teoria de Filas, que possibilita determinar, por exemplo, o tempo das tarefas em cada parte do sistema computacional. Estes tempos podem então ser combinados para o cálculo do tempo total da tarefa no sistema.

Uma das leis mais importantes na teoria das Filas é a lei de Little [1]. A lei é aplicada a qualquer sistema onde o número de tarefas que iniciam no sistema é igual ao número de tarefas completadas. Ela estabelece a relação entre o número médio de tarefas em um dado sistema e o tempo médio de resposta do sistema:

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Número médio de requisições no sistema = taxa de chegada x tempo de resposta médio

Em muitos sistemas computacionais é razoável assumir que as tarefas chegam à fila uma por vez [2]. Isso significa que grupos de tarefas não podem chegar como um único lote. O método mais comum utilizado por este tipo de fila é a fila M/M/1, onde M significa que a distribuição do tempo de serviço e de chegadas é exponencial e que existe apenas um servidor. Para análise deste tipo de fila, é preciso saber apenas a taxa média de chegada e a taxa média de serviço [1].

O espaço de estado desta fila equivale ao processo de nascimento e morte [2], como se pode observar na Figura 3.2.

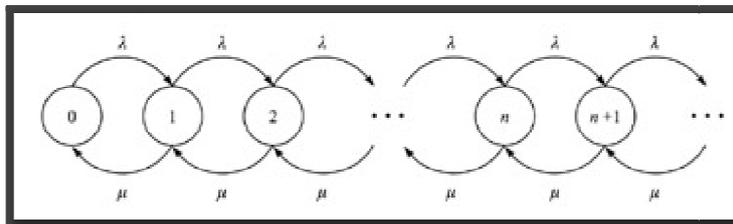


Figura 3.2 – Estados do sistema descrito pelo processo nascimento-morte.

O teorema do processo nascimento-morte diz que a probabilidade de existir n tarefas no sistema é:

$$p_n = \left(\frac{\lambda}{\mu}\right)^n p_0, \quad n = 1, 2, \dots, \infty$$

A quantidade ρ é chamada de intensidade do tráfego e é usualmente denotada pelo símbolo ρ . Assim, reorganizando o teorema, tem-se:

$$p_n = (1 - \rho)\rho^n, \quad n = 0, 1, 2, \dots, \infty$$

Onde $1 - \rho$ é a probabilidade de não se ter tarefas no sistema. Muitas outras propriedades podem ser derivadas para as filas M/M/1, como por exemplo, a utilização do servidor é dada pela probabilidade de ter um ou mais tarefas no sistema:

$$U = 1 - p_0 = \rho$$

Pode-se, portanto, calcular que o número médio de tarefas no sistema:

$$E[n] = \sum_{n=1}^{\infty} n p_n = \sum_{n=1}^{\infty} n (1 - \rho)\rho^n = \frac{\rho}{1 - \rho}$$

Utilizando-se a lei de Little:

$E[n] = \lambda E[r]$, pode-se calcular o tempo médio de resposta:

$$E[r] = \frac{E[n]}{\lambda} = \left(\frac{\rho}{1-\rho} \right) \frac{1}{\lambda} = \frac{1/\mu}{1-\rho}$$

Assumindo que existe no mínimo uma tarefa sendo servida a qualquer momento, o número de tarefas esperando na fila pode ser calculado:

$$E[n_q] = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)p_n = \sum_{n=1}^{\infty} (n-1)(1-\rho)\rho^n = \frac{\rho^2}{1-\rho}$$

Note que o número de tarefas esperando na fila é uma distribuição exponencial. A Figura 3.3 mostra como o tamanho da fila muda ao nível de utilização.

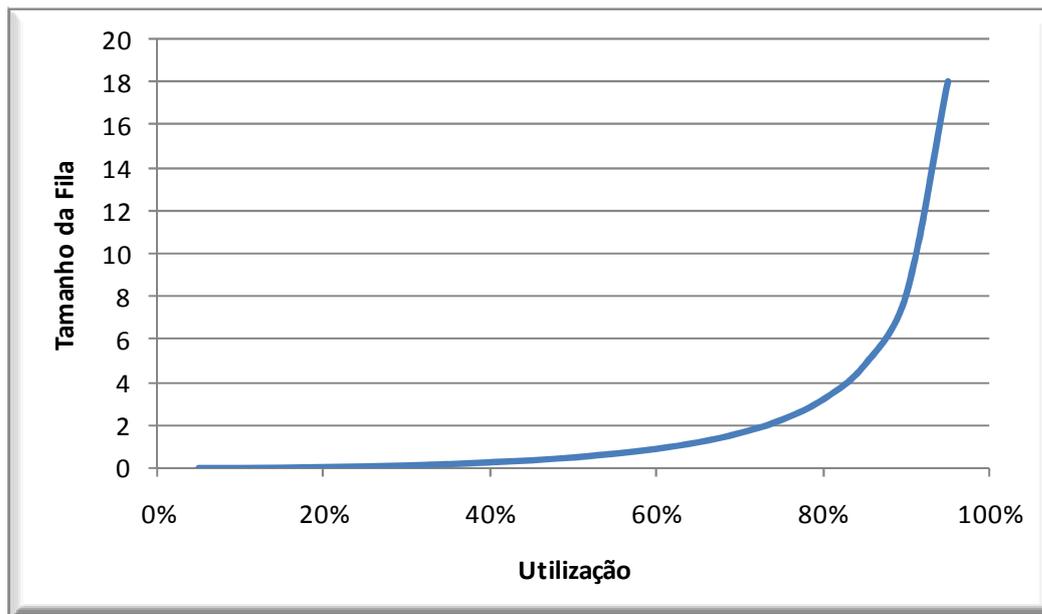


Figura 3.3 - Comportamento exponencial do crescimento do tamanho da fila versus utilização.

O tamanho da fila aumenta lentamente até que a utilização atinge aproximadamente 75% ($\rho=0.75$). A partir deste ponto, o crescimento torna-se *exponencial*. Este ponto é conhecido como *joelho da curva*.

A Figura 3.4 mostra como a utilização também afeta no tempo de resposta do sistema. Note que a curva tem o mesmo comportamento do que no tamanho da fila. A relação entre utilização, tamanho da fila e tempo de resposta é muito importante quando se deseja realizar estudos sobre dimensionamentos e impacto da carga (previsão de

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

crescimento na carga de trabalho) em sistemas computacionais. Por exemplo, suponha que o sistema irá produzir uma carga de trabalho adicional de ordem 180% em relação atual. Seria melhor comprar três CPUs que teriam aproximadamente com 60% de utilização, mantendo a utilização 15% abaixo da inclinação da curva, do que ter duas CPUs com aproximadamente 90% de utilização [3].

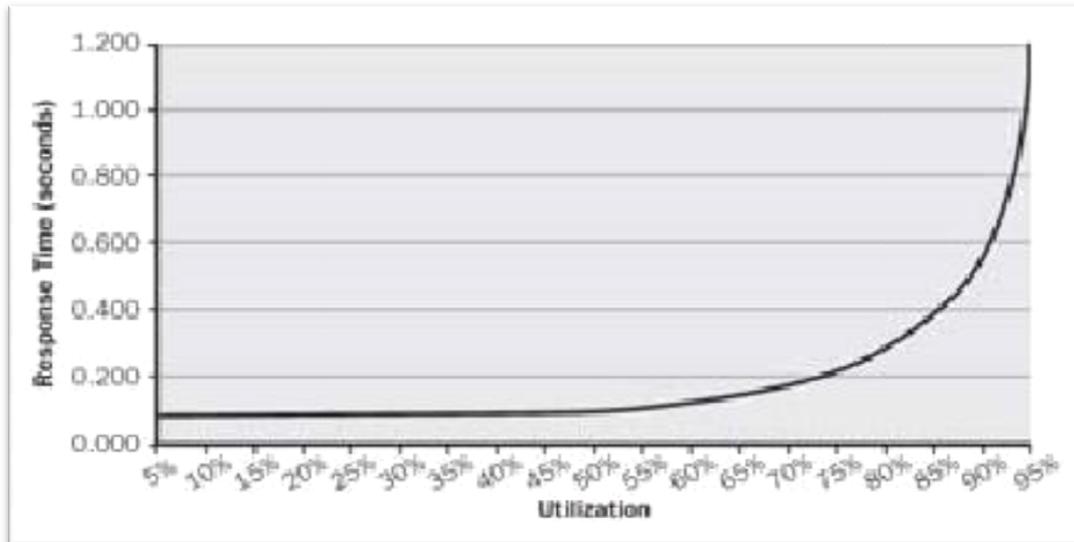


Figura 3.4 - Gráfico do crescimento do tempo de resposta versus utilização [3].

Assim, é aconselhável que sistemas não tenham nível de utilização acima de 75%.

4. Metodologia BCA

“Prediction is very difficult, especially if it's about the future”

—Niels Bohr

Nesta seção apresenta-se uma abordagem para avaliar o desempenho de sistemas TEF chamada BCA que combina *benchmarking*, coleta de dados de desempenho e análise. A metodologia foi criada pelos engenheiros de desempenho do Laboratório de Análise de Performance Itaotec-CIn¹, localizado no Centro de Informática, da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE). Este capítulo apresenta esta metodologia de forma sistemática, descreve cada fase, seus insumos assim como os respectivos produtos de cada fase. Basicamente, a metodologia consiste de 4 (quatro) etapas ilustradas na Figura 4.1 e descritas a seguir:

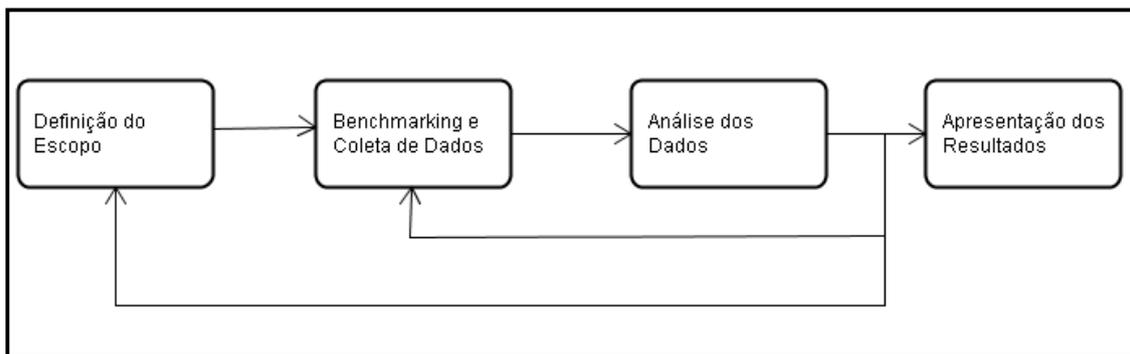


Figura 4.1 – Etapas da Metodologia BCA

1. *Definição do Escopo*: consiste em determinar o escopo do estudo de desempenho;
2. *Benchmarking e Coleta de Dados*: consiste em realizar testes no sistema variando suas condições de trabalho (mudança de parâmetros) ou arquitetura (mudanças no ambiente), além de coletar dados de desempenho para avaliar e analisar o comportamento do sistema;
3. *Análise dos Dados*: consiste na interpretação dos dados de desempenho gerados na etapa 2;
4. *Apresentação dos Resultados*: consiste em comunicar da melhor forma possível os resultados obtidos durante o estudo.

¹ <http://itaotec.cin.ufpe.br/>

4.1 Definição do Escopo

A preparação do escopo de avaliação de desempenho de sistemas engloba cinco aspectos principais:

Definir objetivos do estudo. É necessário primeiramente definir as metas de estudo e seu propósito. Em geral, o cliente ou o patrocinador do projeto é quem define o que se deseja alcançar com o término do projeto de avaliação de desempenho. As métricas, parâmetros de estudo, procedimentos para coleta de dados e execução de testes dependem tudo do objetivo. Por exemplo, um estudo sobre o impacto da carga de trabalho de sistemas TEF será bem diferente de um estudo sobre melhoria de desempenho (*tuning*) do SGBD de um sistema TEF.

Entender a arquitetura do ambiente. No quesito arquitetura do ambiente, é necessário estudar e entender como está (ão) organizado (s) a (s) máquina (s) servidora alvo(s) do (s) estudo (s) bem como analisar a (s) configuração (ões) da (s) mesma (s). Entender a arquitetura do ambiente de estudo é saber se o ambiente está disposto de modo centralizado (todos os aplicativos em uma mesma máquina servidora) ou descentralizado (aplicativos do sistema TEF em máquinas servidoras diferentes). Por fim, deve-se conhecer a plataforma de hardware e software instalada e a configuração do ambiente de armazenamento de dados no (s) servidor (es) alvo (s). Os seguintes itens necessitam ser considerados: CPU (quantidade, processador e *clock*), memória RAM (quantidade), discos (tecnologia, quantidade, capacidade e velocidade), Sistema Operacional e SGBD (plataforma, versão).

Definir ferramenta para coleta de dados. Neste quesito, a maior preocupação refere-se à escolha da ferramenta que será utilizada para coleta de dados. A escolha depende basicamente de dois fatores: plataforma do Sistema Operacional (SO) instalada no servidor e a familiaridade do analista com a ferramenta disponível. Por exemplo, em ambiente Windows, o analista pode optar pela ferramenta nativa chamada *perfmon*. Por outro lado, em ambiente Linux o analista pode optar pelos comandos *ps*, *vmstat*, *iostat*, *mpstat* e *sar*.

Identificar parâmetros para estudo. O próximo passo é identificar os fatores (parâmetros) que irão variar no estudo. Estes fatores são bastante úteis para realização do *benchmarking*. A escolha depende, além do objetivo de estudo do projeto, também dos parâmetros que podem ser alterados para definir a intensidade da carga. Estes parâmetros são disponíveis na ferramenta de geração de carga de trabalho. Por exemplo, um estudo sobre o impacto da carga em sistemas TEF, o analista poderia incrementar gradativamente o número de transações completas por minuto por cada loja. Por outro lado, um estudo sobre melhoria de desempenho (*tuning*) do SGBD, o analista poderia deixar constante a quantidade de pdvs que se comunicam com o servidor e então alteraria alguns parâmetros de configuração do SGBD.

Identificar métricas de desempenho. O próximo passo é selecionar as métricas que servirão como critério para comparar o desempenho. A escolha depende, além do

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

estudo, também da ferramenta escolhida para coleta de dados. Cada ferramenta disponibiliza serviços diferentes. Geralmente, as métricas selecionadas estão relacionadas com utilização de recurso (CPU, memória, disco e /ou rede), tempo de resposta etc.

Terminada a definição do escopo, o analista deve documentar todos os aspectos mencionados anteriormente. Este documento será usado como auxílio na preparação das atividades referentes às próximas etapas da metodologia proposta.

4.2 *Benchmarking* e Coleta de Dados

Benchmarking de aplicação específica é importante porque eles fornecem informações úteis que caracterizam a base do sistema [13]. O objetivo é testar a aplicação para coletar dados em vários experimentos de mudanças de carga (por exemplo, aumentar o número de usuários do sistema) e /ou alterações das configurações do sistema (hardware, software, sgb). O intuito é obter resultados sobre as características do sistema (quanto a desempenho) através da comparação entre esses consecutivos experimentos realizados.

O primeiro passo para realizar a atividade de *benchmarking* é projetar os experimentos. Uma seqüência de experimentos é definida através dos parâmetros definidos no planejamento do escopo e também relacionados com o objetivo de estudo. É importante salientar que os parâmetros devem ser alterados um por vez em cada cenário, caso contrário torna-se difícil identificar que parâmetro proporcionou uma melhoria ou degradação do resultado final.

A execução de testes de desempenho envolve cinco passos principais. (1) Seleciona o cenário de teste a ser executado. (2) Executa a ferramenta especializada para geração de carga. (3) Inicia a ferramenta para coleta de dados no servidor alvo. É preciso definir por quanto tempo o sistema deve ser coletado. A escolha depende basicamente do objetivo de estudo. O tempo de monitoramento pode levar, por exemplo, a quantidade de horas de um dia normal de trabalho. (4) Para a coleta de dados e arquiva todos os dados coletados. É importante conhecer o formato dos dados de saída das ferramentas e o local onde os mesmos são armazenados. (5) Documenta em uma planilha os dados coletados e seus respectivos valores. Esta planilha será usada como auxílio para realizar a etapa de análise referente à próxima etapa da metodologia proposta.

Durante o *benchmarking*, os recursos consumidos dos cenários individuais como, por exemplo, utilização de CPU e atividade de I/O (leitura e escrita) são medidos. Através da planilha, os comportamentos, previsões e potenciais gargalos do sistema podem ser mais bem entendidos, e então decisões serem tomadas.

4.3 Análise dos Dados

Para se realizar um estudo sobre avaliação de desempenho de sistemas é necessário analisar os dados coletados para entender as características de desempenho do sistema. Interpretar os resultados obtidos é a parte fundamental no estudo. De posse dos valores das métricas de desempenho do sistema, atividades podem ser executadas tais

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

quais: identificar os possíveis gargalos, realizar *tuning* de aplicação e ambiente, ou também fazer estimativas de dimensionamento de hardware para suportar o sistema.

Durante a análise de desempenho os resultados obtidos na etapa anterior são avaliados. Através da planilha, as tendências, os possíveis gargalos e o impacto da carga de trabalho nos recursos do sistema são avaliados. Por exemplo, o que acontece se no sistema sendo avaliado acrescentar mais usuários? Em geral, deve-se observar os valores das métricas de desempenho para que não passem dos seus limites ideais recomendados. Por exemplo, o tamanho da fila em disco não deve passar de dois. Assim é importante que o time responsável pela análise de desempenho tenha conhecimentos sólidos sobre como avaliar e analisar os dados coletados. No Apêndice A deste presente trabalho, são definidas e analisadas algumas das métricas comumente utilizadas em servidores TEF.

É nesta etapa que é observado qual o recurso computacional que causa maior impacto na degradação do desempenho durante o uso intenso da aplicação. A interpretação deste resultado fornece a base na qual o responsável pelo estudo possa tirar conclusões e então, dependendo do objetivo, tomar decisões. Por exemplo, mudanças na estrutura do ambiente, realizar alterações na configuração do sistema operacional etc.

É importante salientar que nesta etapa do projeto o conhecimento obtido pelo estudo possa requisitar que o analista volte às etapas anteriores da metodologia proposta e reconsidere algumas das decisões feitas. Por exemplo, o analista pode querer redefinir os cenários de testes ou incluir novas métricas que não foram consideradas antes. O projeto completo, assim, pode ou não consistir de vários ciclos pelas etapas.

Por fim, é importante que o analista descreva em um documento o resumo das análises feitas. Este documento será usado como auxílio na preparação das atividades referentes à próxima etapa da metodologia proposta.

4.4 Apresentação dos Resultados

Terminada a análise de desempenho, deve ser apresentado um relatório final que contenha a descrição dos experimentos de *benchmarking* e seus resultados. Os documentos produzidos nas etapas anteriores servem como auxílio para preparação do relatório. É importante salientar que este material deve ser claro e objetivo, pois nem sempre os clientes ou patrocinadores do projeto que são responsáveis pelas decisões de negócios são profissionais da área de tecnologia da informação. Assim, é aconselhável que a divulgação dos resultados da análise seja acompanhada de ilustrações, por exemplo, gráficos e de um resumo sucinto com as principais conclusões obtidas.

5. Estudo de Caso

Este capítulo apresenta a aplicação da metodologia descrita a um sistema específico. O sistema considerado no estudo de caso é o sistema Scope, um aplicativo desenvolvido pela Itaotec SA para gerenciar e executar transações eletrônicas de fundos.

Neste capítulo, apresentam-se os possíveis benefícios da estratégia através da aplicação da abordagem proposta. No estudo realizado, usa-se esta abordagem para verificar o impacto da carga em servidores de produção do sistema Scope.

5.1 Configuração do Ambiente

Como já foi apresentado, o aplicativo Scope é composto de Servidor, Roteador, Cliente e outros módulos administrativos. Os componentes do sistema relevantes na construção dos cenários de testes são:

- *SCOPEsrv* - Responsável por concentrar a comunicação entre as redes autorizadas e a loja;
- *SCOPEAut* - Simulador de conexões com o Gateway e com as Redes Autorizadas;
- *SCOPEAdmin* - Módulo de Administração do SCOPE que permite a modificação de parâmetros de configuração do ambiente SCOPE geral além do modo como o *SCOPEsrv* deve tratar as transações.

Para simular uma carga de trabalho TEF, foi utilizado o ScopeStress. Este aplicativo foi também desenvolvido pela Itaotec para simular pdvs que se conectam e submetem transações ao *SCOPEsrv*. Os pdvs são organizados em um número determinado de Empresas e Filiais, e precisam estar previamente cadastrados no banco de dados para o correto funcionamento.

O aplicativo Scope (*ScopeSrv* + *ScopeAut*) é executado em um servidor Itaotec MX-200 com um processador Intel Xeon 3.0 GHZ e 4Gb de memória. No servidor foi instalado o sistema operacional Windows 2003 Standard Edition, com service Pack 2, com um disco SCSI de 80GB, 15Krpm (usado para armazenar dados e arquivos do sistema operacional) e um disco SCSI de 36Gb, 15Krpm (usado para cache do *ScopeSrv*).

O servidor da base de dados é um servidor Itaotec ZX-400 com 4 processadores Intel Xeon 3.0 GHZ e 32 Gb de memória, com sistema operacional Windows 2003 Enterprise Edition, com service Pack 1, SGBD Oracle 10g Standard Edition e 3 discos SCSI de 36Gb, 10Krpm (usado para dados, log e arquivos do sistema operacional).

O ScopeStress e a configuração do ambiente descritos acima serão usados como referência para etapa da metodologia Definição do Escopo apresentada neste presente trabalho.

5.2 Aplicação Metodologia

Os detalhes do processo de aplicação da metodologia proposta para o sistema Scope são descritos nas subseções seguintes.

5.2.1 Definição do Escopo

O objetivo do estudo foi avaliar o impacto da carga de trabalho de sistemas TEF. O propósito desta análise é mostrar o real impacto nas métricas de desempenho em decorrência de crescimentos na carga de trabalho. A arquitetura do ambiente estava disposta da forma descentralizada, dois servidores diferentes foram analisados nos experimentos: servidor onde o aplicativo Scope está instalado e o servidor da base de dados. As Tabelas 5.1 e 5.2, mostradas a seguir, descrevem a configuração do ambiente do servidor de banco de dados e do servidor de aplicação respectivamente.

Tabela 5.1 – Infra-estrutura do servidor de banco de dados

Processador	4 Intel Xeon MP 3.0 GHz
Memória	32 GB (DDR2, 400MHz)
I/O	3 discos SCSI, 36 GB, 10 krpm, para dados, log e SO
Sistema Operacional	Windows 2003 Server Enterprise Edition, Service Pack 1
SGBD	Oracle 10g

Tabela 5.2 – Infra-estrutura do servidor de aplicação SCOPE

Processador	1 Intel Xeon 3.0 GHz
Memória	4 GB (DDR2, 400MHz)
I/O	1 disco SCSI, 80 GB, 10 krpm, para dados e SO 1 disco SCSI, 36 GB, 15 krpm, para cache do <i>ScopeSrv</i>
Sistema Operacional	Windows 2003 Server Standard Edition, Service Pack 2
SGBD	Oracle 10g Client

Como já foi apresentado, o SCOPEStress foi utilizado para simular carga de trabalho. Os fatores utilizados para alterar entre os experimentos realizados foram: número de pontos de venda (pdv) e também a quantidade de transações submetidas por minuto. Para a coleta de dados de desempenho, foi utilizada a ferramenta *perfmon* que é nativa do Windows. Ela permite a coleta de diversos contadores de desempenho, com *overhead* mínimo.

Por fim, foram escolhidos 15 contadores de desempenho, descritos no Apêndice A, divididos entre os seguintes componentes:

- Processador: %Processor Time, %Privileged Time, %Interrupt Time;
- Memória: Pages/sec, Available Mbytes, Page Reads/sec;
- Disco: Disk Read Bytes/sec, Disk Write Bytes/sec, Disk Transfer/sec, Average Disk Queue Length, Average Disk sec/Transfer;
- Sistema: Processor Queue Length, Context Switches/sec;
- Rede: Bytes Received/sec, Bytes Sent/sec.

5.2.2 *Benchmarking* e Coleta de Dados

O *benchmarking* do estudo de caso foi planejado para obter características do sistema sob diferentes tipos de situações de carga. Para isto, foi utilizado um ambiente que suportasse com folga as diferentes situações de carga impostas.

Nos experimentos, três tipos de cenários foram definidos: o cenário 1, sendo este construído para ser a *baseline*, foi configurado para obter uma taxa de 418 por minuto (**418txn/min**) e simulação 3726 pdvs. No cenário 2, a base foi configurada para duplicar o número de transações por minuto, totalizando **836txn/min** e 6822 pdvs conectados. Por fim, o cenário 3, aproximadamente, o número de transações por minutos foi triplicado, obtendo **1235txn/min** e simulação 9511 pdvs.

Os três cenários permitem medir o *throughput* e a utilização dos recursos assim como relacionar desempenho entre eles. Com esta informação, o aumento da carga e seus efeitos sobre os recursos consumidos podem ser medidos.

Foram coletados dados dos dois servidores identificados na etapa anterior em três diferentes cenários de teste. Para o primeiro cenário foram realizados dois testes, sendo o primeiro com duração de 24 horas e o segundo em 4 horas. Os outros dois cenários foram coletados dados em um período de 4 horas. As amostras foram coletadas em intervalos de um segundo.

A Tabela 5.3, representa a planilha criada durante os sucessivos experimentos. Nele os valores **médios** das métricas de desempenho coletados durante o *benchmarking* estão devidamente preenchidos.

As medidas dos recursos consumidos foram arquivadas em um diretório responsável para armazenar os dados coletados do *perfmon* para análise. Estas informações permitiram entender o comportamento de desempenho do sistema em diferentes situações de carga.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

Tabela 5.3 – Planilha criada durante o estudo de caso

Configurações do Teste				
	Id	Cenário - 1	Cenário - 2	Cenário - 3
	Data do Teste	7/11/2007	8/11/2007	7/11/2007
	Duração	4h	4h	4h
	Servidor Scope	cp-server-05	cp-server-05	cp-server-05
	Servidor SGBD	scope-bd-quad	scope-bd-quad	scope-bd-quad
	Cliente(s)	cp-sata-01 cp-sata-02 cp-sata-07	cp-sata-02 cp-sata-07	cp-sata-01 cp-sata-02 cp-sata-07
	Composição da Carga (txn/min)	418	836	1235
	# Pdvs	3726	6822	9511
	Obs			
Resultados Servidor Scope				
Processor	%Privileged Time	1,008	1,882	2,816
	%Processor Time	4,595	9,931	17,43
	%Interrupt Time	0,145	0,267	0,402
Memory	Pages/sec	0,001	0,067	0,003
	Available Mbytes	2891	2748	2595
Physical Disk	I/O Load (MB/s)	0,10379873	0,157759972	0,22401259
	I/O Read (MB/s)	0,000156786	2,12097E-06	1,371E-05
	I/O Write (MB/s)	0,103641944	0,157757851	0,22399888
	Disk Read Bytes/sec	164,402	2,224	14,376
	Disk Write Bytes/sec	108676,455	165421,096	234879,85
	Disk Transfers/Sec	23,982	36,714	52,751
	Average Disk Queue Length	0,099	0,161	0,293
	Average Disk Sec/Transfer	0,004	0,005	0,005
System	Processor Queue Length	1	1	1
	Context Switches/sec	1857,352	2759,765	3531,685
Network	Bytes Received/Sec	14716,171	43565,22	60185,735
	Bytes Sent/Sec	27670,026	48922,759	68142,898
	Packets Outbound Errors	3	3	3
Resultados SGBD				
Processor	%Privileged Time	0,312	0,439	0,59
	%Processor Time	1,475	2,367	3,541
	%Interrupt Time	0,029	0,045	0,065
Memory	Pages/sec	0,011	0,021	0,022
	Available Mbytes	31607	31564	31513
Physical Disk	I/O Load (MB/s)	0,107459745	0,148644373	0,21271873
	I/O Read (MB/s)	0,009489085	0,014729539	0,023016438

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

	I/O Write (MB/s)	0,09797066	0,133914834	0,189702292
	Disk Read Bytes/sec	9950,027	15445,041	24134,484
	Disk Write Bytes/sec	102729,683	140419,881	198917,271
	Disk Transfers/Sec	16,136	24,131	34,273
	Average Disk Queue Length	0,054	0,077	0,109
	Average Disk Sec/Transfer	0,003	0,003	0,003
System	Processor Queue Length	0	0	0
	Context Switches/sec	548,859	677,529	855,732
Network	Bytes Received/Sec	24267,561	40490,86	57935,07
	Bytes Sent/Sec	20566,341	36534,757	52675,362
	Packets Outbound Errors	0	0	0

5.2.3 Análise dos Dados

Usando as medições alcançadas através do benchmarking, foi possível analisar a planilha gerada e então avaliar o desempenho do sistema à medida que a carga de trabalho aumenta. É importante salientar os valores descritos na planilha são valores **médios**.

Análise de dados do Servidor Scope: Analisando a planilha concebida na etapa anterior, pode-se observar que o principal recurso afetado quando se compara os cenários é CPU. Todos os contadores do disco e memória se mantiveram estáveis com pequenas variações periódicas. Um fato a se destacar é que em termos de banda de I/O, a taxa de escrita em disco é muito maior que leitura. Os contadores relacionados às métricas de rede também não apresentaram nenhum crescimento expressivo.

Análise de dados do Servidor SGBD: Para este servidor, não foi observado nenhum contador com crescimento expressivo. Todas as métricas de CPU, disco, memória e rede tiveram alterações esperadas à medida que a carga de trabalho crescia. Por exemplo, a métrica de disco “Average Disk Sec/Transfer” nos três cenários apresentou uma taxa de 0,003. Também foi observada a mesma característica em termos de banda de I/O, a taxa de escrita é maior que leitura, mas a diferença não se apresentou tão grande comparada com o servidor Scope.

5.2.4 Apresentação dos resultados

A intenção dos experimentos realizados foi avaliar o impacto da carga nos servidores de produção de sistemas TEF. Foram configurados três cenários de testes da seguinte forma:

Tabela 5.4 – Configuração dos Cenários de Teste

	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
# Transações por minuto	418	836	1235
# pdvs conectados	3726	6822	9511

Os resultados mostram que, considerando os cenários adotados, a CPU do servidor é o dispositivo que sofre maior impacto à medida que a carga aumenta, dado que é neste servidor que o aplicativo responsável pela comunicação entre as lojas e as autorizadoras está instalado.

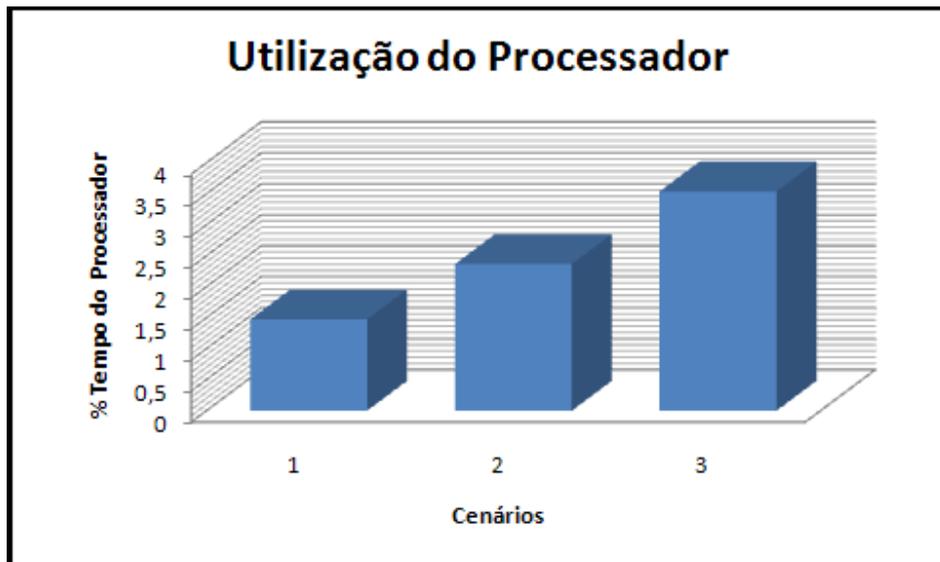


Figura 5.1 – Utilização do processador no servidor SGBD

Entre o Cenário 1 e 3 (aumento de 100% na carga de trabalho), o acréscimo na utilização de CPU foi de 2,4 vezes.

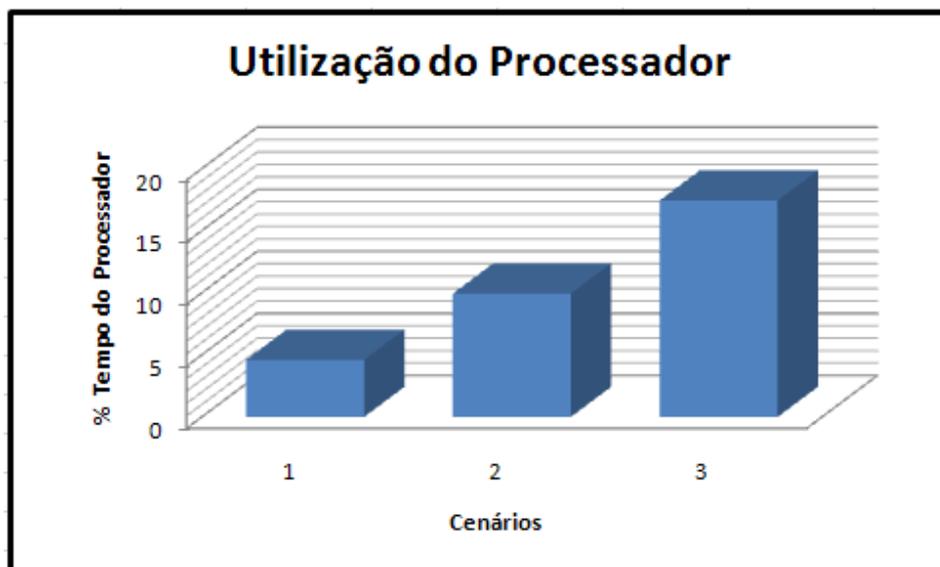


Figura 5.2 – Utilização do processador no servidor Scope

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

O mesmo não ocorre no servidor Scope, o aumento de CPU foi de aproximadamente 3,8 vezes.

Em relação a uma análise mais específica dos servidores, também foi possível apresentar que uma razão para degradação de desempenho, à medida que cresce a carga, é devido ao poder de processamento da CPU no sistema.

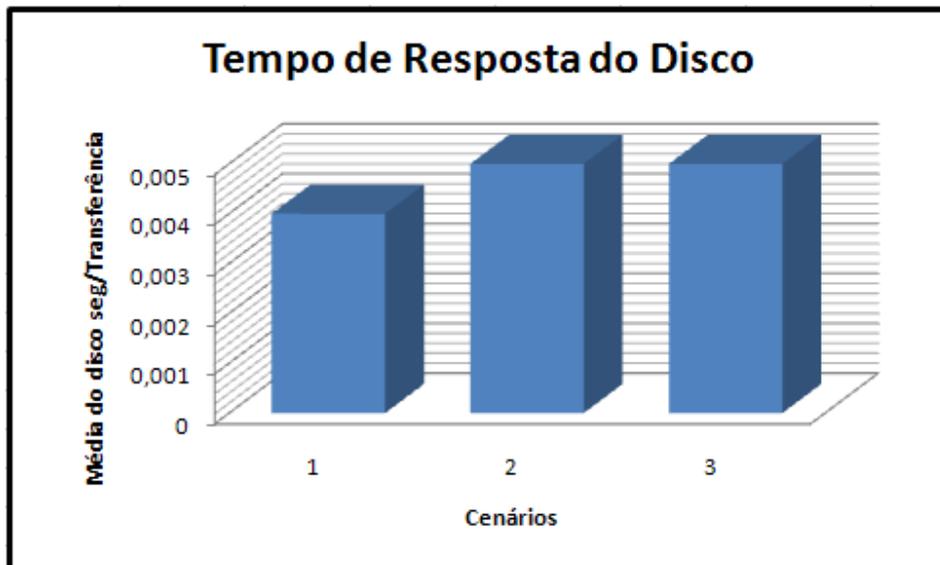


Figura 5.3 – Tempo de resposta do disco no servidor Scope

No gráfico acima se observa o comportamento do disco. Pode ser visto que o tempo de resposta do disco no servidor Scope foi praticamente constante.



Figura 5.4 – Tempo de resposta do disco no servidor Scope

O mesmo fato ocorreu no servidor SGBD. O fato interessante é que o tempo de resposta do disco foi estável em todos os testes.

Outro resultado da análise é que o disco é bem mais utilizado para escrita. Esse comportamento é observado em ambos servidores.

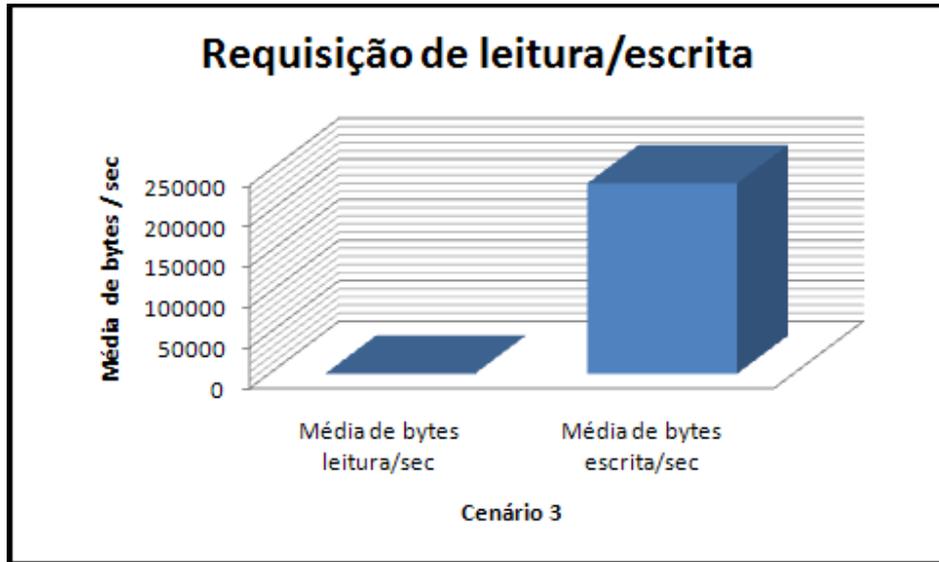


Figura 5.5 – Número de escritas e leituras no servidor Scope

A figura acima mostra que a taxa de escrita é muito maior que a taxa de leitura em sistemas TEF.

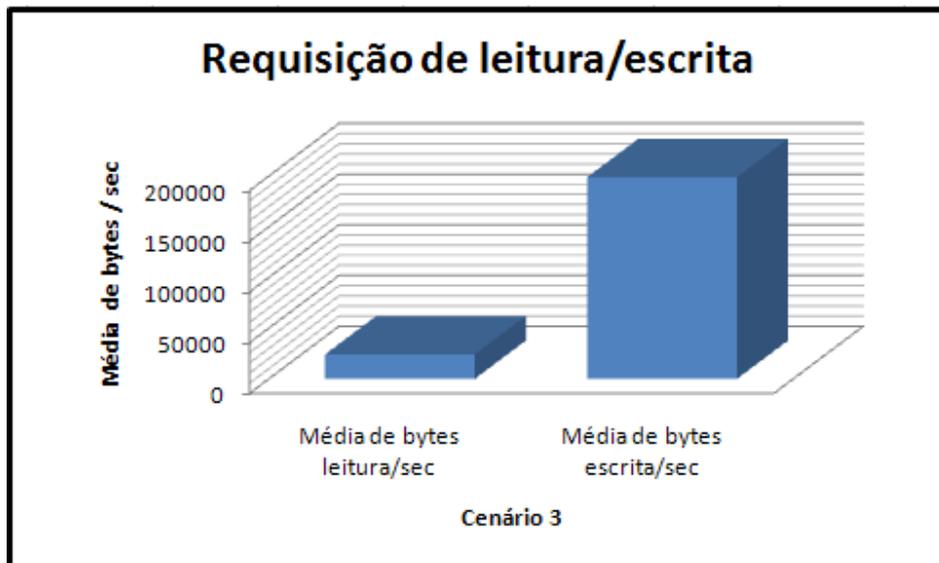


Figura 5.6 – Número de escritas e leituras no servidor SGBD

O mesmo comportamento é observado no servidor do banco de dados, a diferença é que a leitura é um pouco mais requisita comparando com o servidor do aplicativo TEF.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

A seguir, apresentam-se os pontos mais importantes desta análise:

- O processador do servidor Scope é o que apresenta um maior aumento de utilização à medida que a carga aumenta;
- Uma possível degradação do desempenho do sistema, com o aumento da carga, está mais relacionada ao poder de processamento da CPU. Visto que, todas as outras métricas analisadas apresentaram um crescimento pequeno. É importante salientar que estes resultados foram obtidos para os cenários avaliados e que estes cenários são significativos, mas em outras situações podem ser diferentes;
- O disco é mais utilizado para escrita. Esta informação é útil para a configuração do ambiente de disco em servidores de produção de sistemas TEF.

6. Conclusão

Atualmente o ambiente competitivo deixa pouco espaço para erros de negócio. Dessa forma, cada vez mais o ramo empresarial faz o uso da tecnologia das disciplinas de desempenho e planejamento de capacidade para tomar decisões estratégicas.

Este trabalho apresenta a metodologia BCA, que faz uso da ferramenta de monitoramento e *benchmarking* para caracterizar o desempenho do sistema TEF. A metodologia proposta destina-se aos profissionais de TI que desejem conduzir testes de desempenho baseados em uma carga de trabalho real de sistema TEF. A aplicação dessa abordagem pode orientar na escolha do dimensionamento do hardware ideal como também fornecer dados para a criação e validação de modelos. Além disso, pode ser útil na realização de projetos de *tuning* de sistemas.

Neste trabalho foi possível identificar as principais áreas onde o desempenho do sistema poderá sofrer o maior impacto. Através das informações coletadas e posteriormente analisadas, observou-se que entre os recursos do sistema que sofre maior impacto de desempenho dado o acréscimo na carga de trabalho, é a CPU. Ainda, percebeu-se que em sistemas TEF há maior requisição de escrita nos discos.

Por outro lado, a implementação da metodologia proposta necessita de hardware suficiente para execução de testes, ferramenta de geração de carga de trabalho TEF ou um sistema de produção real capaz de realizar testes de desempenho.

Como trabalho futuro, pretende-se realizar testes de escalabilidade de servidores de produção TEF, situação em que seriam considerados, por acréscimo de memória, troca de discos ou processador. Assim, seria possível determinar o impacto no desempenho em função destes parâmetros. O objetivo deste tipo de análise é auxiliar a previsão de ganhos e perdas de desempenho em decorrência de mudanças de hardware.

Outro trabalho futuro compreende a criação de um modelo para avaliar o desempenho de sistemas TEF. Este modelo poderia ser utilizado para realizar projetos de planejamento de capacidade.

7. Referências Bibliográficas

- [1] Jain, R. - The Art of Computer Systems Performance Analysis - Techniques for Experimental Design, Measurement, Simulation, and Modeling. Wiley Professional Computing. John Wiley and Sons, New York, Chichester, 1991.
- [2] D. Lilja. - Measuring Computer Performance. Cambridge Univ. Press, 2000.
- [3] Whalen, E., Garcia, M., Deluca, S.A., Thompson, D. - Microsoft Sql Server 2000 Performance Tuning Technical Reference. Microsoft Press, 2001
- [4] Willig, A. - Performance Evaluation Techniques. Summer, 2004
- [5] Menascé, D.A., Almeida, V.A.F., Dowdy, L.W. - Performance by Design: Computer Capacity Planning by Example. 2005
- [6] Jin, Y., Tang, A., Han, J., Liu, Y. - Performance Evaluation and Prediction for Legacy Information Systems. ICSE, 2007.
- [7] DeRosa, J. - A Capacity Planning Methodology using ISM PerfMan pSeries Case Study. 2004. Disponível em: <http://www.techsearch.co.kr/down/perfman/white%20paper/CapacityPlanningMethodologyUsingISMPerfmanpSeries.pdf>, último acesso em 21/1/2008
- [8] Sun BluePrints OnLine. - Capacity Planning as a Performance Tuning Tool: Case Study for a Very Large Database Environment. Disponível em: <http://www.sun.com/blueprints/0703/817-3176.pdf>, último acesso em 21/01/2008.
- [9] Pires, C. E. S., Nascimento, R. O. - “Comparativo de Desempenho entre Bancos de Dados de Código Livre”. In Proc. of 6º Fórum Internacional de Software Livre, Porto Alegre, RS, 2005.
- [10] ABECS. – Associação Brasileira das Empresas de Cartões de Crédito e Serviços. Disponível em: http://www.abecs.org.br/mercado_cartoes.asp, último acesso em 29/01/2008.
- [11] TPC. “Transaction Processing Performance Council”. 2008. Disponível em: <http://www.tpc.org/>, último acesso em 29/1/2008.
- [12] Kinicki, B. - Performance Evaluation of Computer Networks. WPI. Disponível em: <http://web.cs.wpi.edu/~rek/PerformanceMeasurement.ppt>, último acesso em 29/1/2008.
- [13] Seltzer, M., Krinsky, D., Smith, K., Zhang, X., - The Case for Application-Specific Benchmarking. In Workshop on Hot Topics in Operating Systems. 1999
- [14] Microsoft TechNet. – Detecting Processor Bottlenecks. Disponível em: <http://www.microsoft.com/technet/archive/ntwrkstn/reskit/procsr.msp?mfr=true>, último acesso em 29/01/2008.

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- [15] Microsoft TechNet. – Detecting Disk Bottlenecks. Disponível em: <http://www.microsoft.com/technet/archive/ntwrkstn/reskit/procsr.mspx?mfr=true>, último acesso em 29/01/2008.
- [16] Microsoft TechNet. – Detecting Memory Bottlenecks. Disponível em: <http://www.microsoft.com/technet/archive/ntwrkstn/reskit/procsr.mspx?mfr=true>, último acesso em 29/01/2008.
- [17] Microsoft TechNet. – Optimizing Windows NT for Performance. Disponível em: <http://support.microsoft.com/?scid=kb%3Ben-us%3B146005&x=18&y=7>, último acesso em 29/01/2008.
- [18] Microsoft TechNet. – Monitoring and Tuning Your Server. Disponível em: http://www.microsoft.com/technet/prodtechnol/windows2000serv/reskit/iisbook/c05_using_perfmon_to_monitor_processor_activity.mspx?mfr=true, último acesso em 29/01/2005.
- [19] Microsoft TechNet. – Performance Monitor Counters. Disponível em: <http://www.microsoft.com/technet/archive/winntas/maintain/perform.mspx?mfr=true>, último acesso em 29/01/2005.
- [20] Linha de código. – Transferência Eletrônica de Fundos. Disponível em: <http://www.linhadecodigo.com/Artigo.aspx?id=835>, último acesso em 29/01/2008
- [21] EAC Software. - TEF-Transferência Eletrônica de Fundos. Disponível em: http://www.eacsoftware.com.br/downloads/howto/TEF_Conceitos.pdf, último acesso em 29/01/2008.
- [22] Itaotec SA. - Itaotec Scope. Disponível em: <http://www.itaotec.com.br/iPortal/pt-BR/48835260-841c-4fe7-93c9-f8d239a2539f.htm>, último acesso em 29/01/2008.
- [23] Nascimento, R. O. - Digesting an open-source fair-use TPC-E implementation. In Proc. of the PostgreSQL Conference for Users and Developers. Ottawa, Canadá, 2007.
- [24] OSDB. - The Open Source Database Benchmark. Disponível em: <http://osdb.sourceforge.net/>, último acesso em 1/29/2008.
- [25] Trivedi, K. S. - Probability and Statistics with Reliability, Queuing, and Computer Science Applications. John Wiley and Sons, 2 edition, 2002.

8. Apêndice A: Métricas de Desempenho

O texto a seguir descreve os contadores e objetos comumente utilizados para avaliar o desempenho de sistemas TEF através da ferramenta de monitoramento nativa do Windows, *Perfmon*. É importante salientar que as métricas mostradas abaixo não são todas que são disponíveis pelo *Perfmon* e nem tão pouco resolverão todos os problemas encontrados relativos à degradação de desempenho. O intuito aqui é ajudar a entender as principais métricas coletadas quando se suspeita de problemas de gargalo em determinado recurso do sistema. Caso o leitor queira se aprofundar mais no assunto, sugere-se como leitura: [14, 15, 16, 17, 18, 19].

Métricas utilizadas para análise do Processador:

- **% Tempo de processador (%Processor Time):** indica a porcentagem de tempo que o processador estava ocupado servindo alguma solicitação, em outras palavras, a utilização do processador do sistema. Valores constantemente acima de 75% não são recomendados;
- **Tamanho da fila do processador (Processor Queue Length):** este parâmetro indica *threads* que estão no estado *pronto* esperando para ser processada. Um processador rodando com fila acima de dois, geralmente indica problema de gargalo;
- **% Tempo de Interrupção (%Interrupt Time):** indica a porcentagem de tempo que o processador gasta para lidar com interrupções. Geralmente, se este valor excede 50% da utilização do processador, pode indicar problema de hardware.
- **% Tempo de usuário (%User Time):** proporção de tempo gasto dos processadores no modo usuário. O valor deste contador ajuda a determinar o tipo de processo que está afetando o sistema. Por exemplo, aplicações executam no modo usuário;
- **% Tempo privilegiado (%Privileged Time):** proporção de tempo gasto dos processadores no modo privilegiado. Quando algum serviço do Sistema Operacional é requisitado, este serviço freqüentemente roda no modo privilegiado em ordem de ganhar acesso para dados de sistema privado. Esses dados são protegidos de acesso por *threads* executando no modo usuário;
- **Alternâncias de contexto /seg (Context Switches/sec):** a taxa em que os processadores do sistema são chaveados entre os vários processos e *threads* (de usuários e do sistema) em execução. Uma taxa alta de trocas de contexto indica que várias *threads* de igual prioridade estão competindo pelo tempo de processador, o que

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

degrada o desempenho do sistema. Valores acima de 8000 evidenciam uma taxa excessiva de trocas de contexto;

- **Interrupções/seg (Interrupts/sec):** número de interrupções que o processador foi solicitado a responder. Interrupções são geradas a partir de componentes de hardware, como disco rígido, controladoras, placas de interface de rede etc. Valores constantemente acima de 1000 é geralmente a indicação de algum problema tais quais: falhas de hardware, uso excessivo de um dispositivo etc;

Métricas utilizadas para análise de Memória:

- **Páginas/seg (Pages/sec):** este contador é uma combinação dos contadores: Saídas de Páginas/seg e Entrada de Páginas/seg. Ele geralmente é um bom indicador da frequência com que o sistema está usando o disco rígido para armazenar ou encontrar dados associados à memória;
- **Entrada de páginas/seg (Pages Input/sec):** este contador em comparação com o contador Falhas de Página/seg determina a porcentagem de falhas de página que são falhas de página forçada (*hard page faults*). Assim, Entrada de Página/seg dividido por Falhas de Página/seg é igual a % Falhas de Página Forçada. Valores constantemente acima de 40% podem indicar gargalo de memória. *Hard Page Faults* representa leitura ou escrita no disco.
- **MBytes disponíveis (Available MBytes):** quantidade de memória deixada para o processo alocar;
- **Saídas de páginas/seg (Pages Output/sec):** quando a memória torna-se mais requisitada, pode-se perceber que a quantidade de informações removidas da memória aumenta. Este contador indica quantas vezes paginas estão sendo escritas no disco para liberar espaço;
- **Falhas de página/seg (Page Faults/sec):** este contador dá uma idéia geral de quantas vezes as informações solicitadas não estão onde a aplicação esperava que estivesse.
- **Leitura de página/seg (Pages Reads/sec):** este contador indica com que frequência o sistema está lendo do disco. Valores constantemente acima de 5 podem indicar gargalo de memória.

Métricas utilizadas para análise de Disco:

- **Comprimento médio da fila de disco (Average Disk Queue Length):** indica o número médio de requisições de I/O (leitura e escrita) em espera na fila do disco. Valores constantemente acima de 2 por disco pode indicar sobrecarga do subsistema de I/O;

[Metodologia para análise de desempenho de Sistemas de Transferência Eletrônica de Fundos]

- **Média de disco seg/transferência (Average Diks Sec/ Transfer):** o valor deste contador indica o tempo médio que uma requisição de I/O (leitura e escrita) leva para cada transferência ,em outras palavras, o tempo médio de resposta do disco. Valores constantemente acima de 0,02 podem indicar sobrecarga do subsistema de I/O.
- **Transferência de disco/seg (Disk Transfer/sec):** o valor deste contador indica a taxa de solicitação de operações de I/O do disco;
- **Bytes de leitura de disco/seg (Disk Read Bytes/sec):** o valor deste contador indica a quantidade de bytes por segundo que foram lidas do disco. Ele pode ajudar a entender a banda de leitura no subsistema de disco;
- **Bytes de escrita de disco/seg (Disk Write Bytes/sec):** o valor deste contador indica a quantidade de bytes por segundo que foram escritas no disco. Ele pode ajudar a entender a banda de escrita no subsistema de disco.

Métricas utilizadas para análise de Rede:

- **Bytes enviados/seg (Bytes Sent/sec):** indica quantos bytes de dados estão sendo enviados para cada adaptador de rede;
- **Bytes recebidos/seg (Bytes Received/sec):** indica quantos bytes de dados estão sendo recebidos para cada adaptador de rede;
- **Erros de pacote de saída (Packets Outbound Errors):** indica o número de pacotes de saída que não podem ser transmitido devido a erros.