CENTRO UNIVERSITÁRIO FEEVALE

GUSTAVO PORTO DE ALMEIDA

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE SGBDS EM SERVIDORES VIRTUALIZADOS NO AMBIENTE CORPORATIVO

Novo Hamburgo, novembro de 2008.

GUSTAVO PORTO DE ALMEIDA

ANÁLISE DA UTILIZAÇÃO DE SGBDS EM SERVIDORES VIRTUALIZADOS NO AMBIENTE CORPORATIVO

Centro Universitário Feevale
Instituto de Ciências Exatas e Tecnológicas
Curso de Sistemas de Informação
Trabalho de Conclusão de Curso

Professor Orientador: Edvar Bergmann Araujo

Novo Hamburgo, novembro de 2008.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos os que participaram desta caminhada e que, de alguma maneira, contribuíram para que eu chegasse a este momento, em especial aos meus pais por terem me ensinado desde pequeno a sempre correr atrás dos meus sonhos e nunca desistir. A minha mãe que com certeza é uma vencedora e que me apoiou incondicionalmente em todos os momentos. A minha filha que a cada dia que passa me motiva a querer sempre mais. Ao meu irmão que, mesmo de longe, esteve sempre presente me apoiando e servindo como exemplo de dedicação, força de vontade e sucesso. A minha namorada que esteve ao meu lado incondicionalmente nesse árduo período, de muitas horas, dias, noites e finais de semana de testes e elaboração do trabalho. A empresa que cedeu sua estrutura de TI para a realização dos testes. Ao Msc Edvar Bergmann Araujo pela orientação, pela atenção, pela parceria e pelos conselhos valiosos durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

A corrida tecnológica, principalmente nas empresas, tem transformado a área de TI em uma área estratégica de fundamental importância nos negócios. Alguns dos grandes desafios dos gestores de TI são administrar estruturas e demandas cada vez maiores com orçamentos cada vez mais restritos. Esses desafios motivam estes gestores a trabalhar sempre em busca de novas tecnologias que possam auxiliar nesse processo de adequação da estrutura de TI a realidade do negócio sem reduzir a sua capacidade. Uma das alternativas para equacionar o crescimento da estrutura de TI com as possibilidades de investimentos é utilização de virtualização de servidores. A virtualização permite uma melhor administração de recursos disponíveis o que reflete no volume de investimentos necessários para suportar a estrutura de TI. Os bancos de dados demandam recursos computacionais, pois armazenam e processam a grande maioria das informações das corporações. A utilização de banco de dados em servidores virtuais pode ser considerada uma alternativa às necessidades da área de TI das corporações, pois proporciona um maior aproveitamento dos recursos disponíveis, conseqüentemente possibilita a melhor administração dos recursos financeiros destinados a TI. Desta forma, este trabalho tem como objetivo realizar uma investigação comparativa sobre o desempenho de Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBDs), identificar como se porta um SGBD em um ambiente virtual e em quais situações a utilização de SGBDs em ambiente virtual torna-se viável para as empresas.

Palavras-Chave: Banco de Dados; Virtualização; Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados; Servidores Virtuais; *Benchmark*.

ABSTRACT

The high speed evolution of technology on the organizations changed the IT focus to a strategical area for the companies business. Manage the IT infrastructure increase with restricted budgets are the challenge of the CIOS nowadays. That kind of challenge motivates the CIOS to search for alternative solutions to help on this process without capacity reduces. One of the alternatives to support the IT structure increase is the server virtualization technology. The virtualization allows the CIO better ways to manage the available resources of the IT infrastructure. Maintain a database infrastructure demands large investments and large IT resources because the database is responsible for great part of the processing resources and information storage of the companies. One alternative to help the CIO to manage the IT resources is virtualization of database servers, using database servers virtualized is possible to use the idle server resources. The objective of this work is investigate and compare the Database Management Systems (DBMS) performance, identify the how the virtualization technology supports the database servers and verify the alternative value of this technologies for the business environment.

Key words: Database; Virtualization; Database Management Systems; Virtual Servers; Benchmark.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Esquema de um sistema de banco de dados simplificado ____ 17
Figura 1.2: Exemplo de tabela do modelo relacional ____ 18
Figura 1.3: Sistema de computação moderno ____ 22
Figura 1.4: Componentes de um sistema de computação ____ 23
Figura 1.5: Máquina Virtual. ____ 26
Figura 1.6: Ambiente de TI não virtualizado. ____ 27
Figura 1.7: Ambiente de TI virtualizado. ____ 28
Figura 2.1: Ambiente do TPC-C ____ 35
Figura 2.2: Relacionamentos entre tabelas TPC-C ____ 36
Figura 3.1: *Workload* 35 ____ 41
Figura 3.2: *Workload* 50 ____ 42
Figura 3.3: *Userload* 1, 4, 8, 10 ____ 43
Figura 3.4: *Userload* 1, 5, 10, 25, 50 ____ 43
Figura 4.1: Gráfico TPS (Transações por Segundo), Oracle, *Workload* 35 ____ 47
Figura 4.2: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), Oracle,*Workload* 35 ____ 48
Figura 4.3: Gráfico Tempo de Resposta, Oracle, *Workload* 35 ____ 48
Figura 4.4: Gráfico TPS (Transações por Segundo), Oracle, *Workload* 50 ____ 50
Figura 4.5: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), Oracle, *Workload* 50 ____ 50
Figura 4.6: Gráfico Tempo de Resposta, Oracle,*Workload* 50 ____ 51
Figura 4.7: Gráfico TPS (Transações por Segundo) SQL *Server Workload* 35 ____ 53
Figura 4.8: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), SQL *Server*, *Workload* 35 ____ 54
Figura 4.9: Gráfico Tempo de Resposta, SQL *Server*,*Workload* 35 ____ 54
Figura 4.10: Gráfico TPS (Transações por Segundo) SQL *Server Workload* 50 ____ 56
Figura 4.11: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), SQL *Server*, *Workload* 50 ____ 56
Figura 4.12: Gráfico Tempo de Resposta, SQL *Server*,*Workload* 50 ____ 57

Figura 5.1: Gráfico TPS (Transações por Segundo) *Workload* 35 59
Figura 5.2: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), *Workload* 50 60
Figura 5.3: Gráfico Tempo de Resposta, *Workload* 35 60
Figura 5.4: Gráfico TPS (Transações por Segundo) *Workload* 50 61
Figura 5.5: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), *Workload* 50 62
Figura 5.6: Gráfico Tempo de Resposta, *Workload* 50 62

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1: Tabelas TPC-C _____ 37
Tabela 4.1: *Workload* 35 - Ambiente Nativo - S.O. Windows - SGBD Oracle _____ 46
Tabela 4.2: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Windows - SGBD Oraclec _____ 47
Tabela 4.3: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Linux - SGBD Oracle _____ 47
Tabela 4.4: *Workload* 50 - Ambiente Nativo - S.O. Windows - SGBD Oracle _____ 49
Tabela 4.5: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Windows - SGBD Oracle _____ 49
Tabela 4.6: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Linux - SGBD Oracle _____ 49
Tabela 4.7: *Workload* 35 - Ambiente Nativo - S.O. Windows – SQL *Server* _____ 52
Tabela 4.8: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Windows – SQL *Server* _____ 52
Tabela 4.9: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Linux – SQL *Server* _____ 53
Tabela 4.10: *Workload* 50 - Ambiente Nativo - S.O. Windows – SQL *Server* _____ 55
Tabela 4.11: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Windows – SQL *Server* _____ 55
Tabela 4.12: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Linux – SQL *Server* _____ 55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ADO	ActiveX Data Object
BDE	Borland *Database* Engine
BPS	*Bytes* por Segundo
CIO	Chief Information Officer
CPU	Central Processing Unit
DNS	Domain Name System
E-R	Entidade Relacionamento
FTP	File Transfer Protocol
Gb	Giga*Bytes*
Ghz	GigaHertz
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
I/O	Imput/Output
IP	Internet Protocol
JDBC	Java *Database* Connectivity
Mb	Mega*Bytes*
NAT	Network Address Translation
NETBEUI	NetBIOS Extended User *Interface*
NFS	Network File System
ODBC	Open *Database* Connectivity
OLTP	On Line Transactions Processing
PDA	Personal Digital Assistant
QOS	Quality of Service
RAC	Real Application Clusters
RPM	Rotações por Minuto
SAS	Serial Attached SCSI

SCSI	*Small* Computer System *Interface*
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
S.O.	Sistema Operacional
SQL	Structured Query Language
TCP	Transmission Control Protocol
TPS	Transações por Segundo
TI	Tecnologia da Informação
XML	Extensible Markup Language

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO 12

1 SGBDS E VIRTUALIZAÇÃO 15
1.1 Conceitos de SGBDs 15
1.1.1 SQL *Server* 18
1.1.2 Oracle 20
1.2 Sistemas Operacionais 21
1.3 Virtualização 24
1.3.1 Virtualização de servidores 27
1.3.2 Ferramentas de Virtualização 28
1.3.3 Vmware *Server* 28

2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO 31
2.1 Fatores Relevantes para o Desempenho do SGBD 31
2.2 *Benchmark* de Banco de Dados 32
2.2.1 *Transaction Processing Performance Council* (TPC) 32
2.3 TPC-C 33

3 CENÁRIOS DE TESTES 38
3.1 Ambiente 38
3.2 *Benchmark* 39
3.2.1 *Workload* 39
3.2.2 *Userload* 41

4 TESTES E RESULTADOS 43
4.1 Preparação do Ambiente Nativo 43
4.2 Preparação do Ambiente Virtual 44
4.3 Oracle 10g 45
4.3.1 Oracle: *Workload* 35 45
4.3.2 Oracle: *Workload* 50 48
4.3.3 Análise dos Resultados Obtidos com SGBD Oracle 50
4.4 SQL *Server* 2000 51
4.4.1 SQL *Server*: *Workload* 35 51
4.4.2 SQL *Server*:*Workload* 50 54
4.4.3 Análise dos Resultados Obtidos com SGBD SQL *Server* 56

5 ANÁLISE 58
5.1 Resultados Consolidados: *Workload* 35 58
5.2 Resultados Consolidados: *Workload* 50 60
5.3 Análise dos Resultados Consolidados 62

CONCLUSÃO ____ **63**
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS ____ **65**
ANEXOS ____ **67**

INTRODUÇÃO

Os sistemas de banco de dados surgiram com o objetivo de fornecer organização, integridade, confiabilidade e disponibilidade aos dados. A evolução das organizações e o aumento no volume de dados manipulados fizeram surgir uma série de sistemas específicos para tratar as várias necessidades de um banco de dados como controlar acessos, controlar a integridade e otimizar o desempenho. Para facilitar a administração surgiram os Sistemas de Gerenciamento de Banco de Dados (SGBDs) que são conjuntos de aplicações diversas que auxiliam na administração e gerenciamento.

A importância das informações na maioria das organizações e o conseqüente valor dos bancos de dados têm orientado o desenvolvimento de conceitos e técnicas para o gerenciamento eficiente de dados. (KORTH, SILBERSCHATZ,1995, p.1).

> O banco de dados e os sistemas de banco de dados se tornaram componentes essenciais no cotidiano da sociedade moderna. No decorrer do dia, a maioria de nós, se depara com atividades que envolvem alguma interação com banco de dados. Por exemplo, se formos ao banco para efetuarmos um depósito ou retirar dinheiro, se fizermos reservas em um hotel ou para compra de passagens, se acessarmos o catálogo de uma biblioteca informatizada para consultar uma bibliografia, ou se comprarmos produtos – como livros, brinquedos ou computadores – de um fornecedor por intermédio de sua página na *web*, muito provavelmente essas atividades envolverão uma pessoa ou um programa de computador que acessará um banco de dados. (ELMASRI, NAVATHE, 2005, p.3)

Um dos grandes problemas das organizações hoje é suportar o crescimento no volume de informações a serem processadas, analisadas e armazenadas. Para suportar essa evolução são necessários altos investimentos em Tecnologia da Informação (TI). A virtualização é uma das soluções que vem sendo utilizadas pelas empresas para racionalizar investimentos e aproveitar recursos ociosos.

Entre os principais desafios empresariais que confrontam os *Chief Information Officer* (CIO) e gestores de TI estão: custo efetivo da estrutura de TI, capacidade de suportar novas iniciativas da empresa e novos negócios e flexibilidade para adaptar-se as mudanças organizacionais. Se for adicionado um clima de urgência, esse é o panorama das restrições de um orçamento de TI. A virtualização apresenta alternativas criativas para que o gestor de TI consiga superar os desafios organizacionais. (VMWARE INC, 2008, p.3)

A virtualização de servidores é uma técnica que consiste em criar um ambiente operacional completo comportando-se como um computador independente. A possibilidade de utilizar recursos ociosos de servidores e reduzir a infra-estrutura física de TI faz com que a virtualização torne-se uma alternativa atraente para os gestores que assim podem dimensionar melhor os investimentos sem que seja necessária a redução da capacidade dos recursos de TI.

O termo virtualização descreve a separação de recursos ou chamadas de serviços da forma física para a forma virtual. Um *software* em um computador ganha acesso somente à memória instalada fisicamente, mas o computador consegue disponibilizar mais memória ao *software* através da alocação de espaço no disco rígido e disponibiliza este espaço como se fosse memória física. A técnica de virtualização usa do mesmo princípio, podendo ser utilizada em várias camadas incluindo rede, armazenamento, servidores, computadores, sistemas operacionais e aplicações. (VMWARE INC, 2008, p.3)

A utilização de ambientes virtuais pode trazer uma série de benefícios para as empresas tais como:

- Utilização de recursos ociosos através da utilização de servidores virtuais em máquinas que possuem recursos disponíveis;
- Facilitar os testes de otimização, configuração, novas implantações de servidores e aplicações, pois podem ser feitos testes em máquinas virtuais simulando o ambiente de trabalho;
- Reduz o tempo e custo de recuperação de desastres, pois todo o ambiente virtualizado pode ser replicado para outro *hardware* sem que seja necessária a instalação e configuração do servidor ou computador em questão. Isto reduz o tempo *off-line*;
- Redução do espaço físico e conseqüentemente economia nos gastos com energia, refrigeração e manutenção de ambientes.

A crescente necessidade de investimento em equipamentos e tecnologia para o desenvolvimento e manutenção de banco de dados gera uma busca constante por alternativas para reduzir os investimentos em TI sem prejudicar o desempenho e a disponibilidade dos mesmos. A virtualização de servidores vem de encontro a essa necessidade, pois pode trazer, entre outras coisas, um melhor aproveitamento de recursos, otimização de investimentos e aumento de disponibilidade. No entanto, como se portaria um SGBD em um ambiente virtualizado?

O grande desafio do gestor de TI é buscar o equilíbrio entre orçamento e adequação tecnológica para suportar a demanda presente e futura. Com este trabalho de investigação comparativa pretende-se analisar, testar e medir o desempenho de SGBDs em servidores virtuais buscando reunir informações que possam auxiliar os gestores de TI na tomada de decisão em busca de novas tecnologias, redução de custos, aproveitamento de recursos ociosos entre outros.

O principal objetivo deste trabalho é realizar uma investigação comparativa sobre o desempenho de SGBDs em ambientes nativos e virtualizados. Para tanto, pretende-se utilizar uma ferramenta de *benchmark* e efetuar esta avaliação considerando sistemas operacionais diferentes (Windows e Linux), SGBDs diferentes (Oracle e SQL *Server*) e tamanhos de bases de dados diferentes. Com isto pretende-se identificar como se porta um SGBD em um ambiente virtual e em quais situações a utilização de SGBDs em ambiente virtual torna-se viável no ambiente corporativo.

Este trabalho está dividido em cinco capítulos. No primeiro capítulo são abordados os conceitos virtualização e SGBDs (Sistema Gerenciador de Banco de Dados). No capítulo dois são apresentados os critérios de avaliação de desempenho de SGBDs e fatores relevantes para o desempenho de SGBDs. No terceiro capítulo é apresentado o cenário dos testes realizados. No capítulo seguinte são demonstrados os testes realizados e os resultados obtidos. No quinto capítulo são apresentados os resultados obtidos de maneira consolidada e as análises dos resultados.

1 SGBDS E VIRTUALIZAÇÃO

O comportamento de sistemas, aplicações e soluções depende de diversos fatores. Na área de TI o ambiente tem influência direta sobre os resultados. Neste capítulo serão descritos os fatores que influenciam o desempenho de SGBDs e os fatores que influenciam na virtualização de servidores.

1.1 Conceitos de SGBDs

Há muito tempo o banco de dados está inserido no cotidiano das empresas independente do ramo de atividade. Segundo Elmasri, Navathe (2005) banco de dados é uma coleção de dados relacionados. Os dados são fatos que podem ser gravados e que possuem um significado implícito. Por exemplo, nomes, números telefônicos e endereços de pessoas. Esses dados podem ter sido escritos em uma agenda de telefones ou armazenados em um computador. Essas informações são coleções de dados com um significado implícito, conseqüentemente, um banco de dados.

Os bancos de dados podem ser de tamanho e complexidade diferentes, podendo existir desde bancos de dados simples e pequenos como uma agenda telefônica a bancos grandes e complexos como, por exemplo, os bancos de dados da Receita Federal do Brasil, onde estão armazenadas todas das declarações de Imposto de Renda dos Contribuintes do país.

A figura 1.1 ilustra o esquema de um banco de dados simplificado.

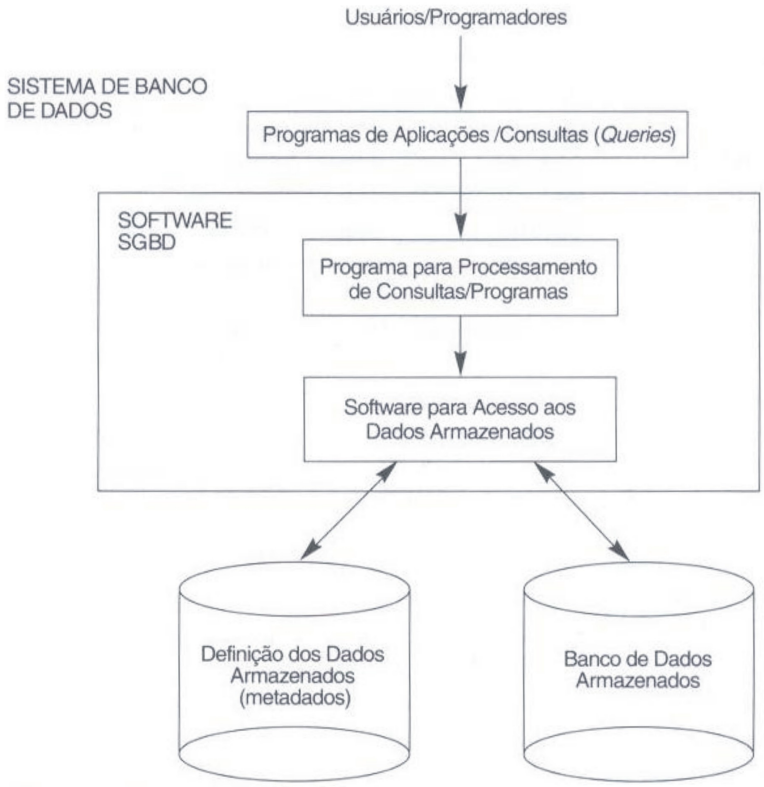


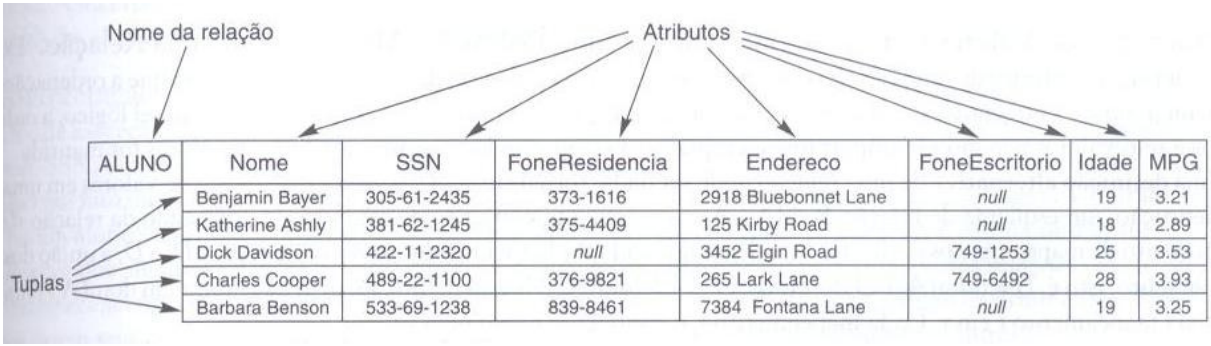
Figura 1.1: Esquema de um sistema de banco de dados simplificado
Fonte: ELMASRI. Sistemas de banco de dados. 2005.

Segundo Korth; Silberchatz (1995), fundamental à estrutura de um banco de dados é o conceito de modelo de dados, uma coleção de ferramentas conceituais para descrição de dados, relacionamento de dados, semântica e restrições de consistência. Dentre os vários modelos de dados que têm sido propostos, os principais são o modelo orientado a objetos e o modelo relacional, sendo o modelo relacional o mais utilizado.

O modelo orientado ao objeto é baseado em um conjunto de objetos. Um objeto possui um trecho de código que opera sobre o objeto. Estes trechos são chamados de métodos. Os objetos que possuem os mesmos tipos de valores e os mesmos métodos são agrupados em classes. Ao contrário das entidades no modelo Entidade Relacionamento (E-R), cada objeto tem sua identidade própria e única, independente de valores que contém. Então, dois objetos contendo os mesmos valores são distintos.

O modelo relacional representa o banco de dados como uma coleção de relações. Cada relação se parece com uma tabela de valores. O nome da tabela e o nome das colunas

são usados para ajudar na interpretação dos valores em cada linha. Na terminologia do modelo relacional formal, uma linha é chamada de tupla, um cabeçalho de coluna é conhecido como atributo e a tabela é chamada relação. O tipo de dado que descreve os tipos de valores que podem aparecer em cada coluna é representado pelo domínio de valores possíveis.



ALUNO	Nome	SSN	FoneResidencia	Endereco	FoneEscritorio	Idade	MPG
	Benjamin Bayer	305-61-2435	373-1616	2918 Bluebonnet Lane	*null*	19	3.21
	Katherine Ashly	381-62-1245	375-4409	125 Kirby Road	*null*	18	2.89
	Dick Davidson	422-11-2320	*null*	3452 Elgin Road	749-1253	25	3.53
	Charles Cooper	489-22-1100	376-9821	265 Lark Lane	749-6492	28	3.93
	Barbara Benson	533-69-1238	839-8461	7384 Fontana Lane	*null*	19	3.25

Figura 1.2: Exemplo de tabela do modelo relacional.
Fonte: ELMASRI. Sistemas de banco de dados. 2005.

Ao longo dos anos o modelo relacional foi ganhando espaço devido a sua estrutura baseada em tabelas, arquitetura de fácil compreensão e eficiência em consultas. Segundo Elmasri, Navathe (2005) as primeiras implementações comerciais do modelo relacional tornaram-se disponíveis no início da década de 80. Os SGBDs relacionais mais conhecidos hoje são Oracle, SQL *Server*, DB2, Mysql, PostgreSQL, Firebird, entre outros.

Para administração e organização desses dados quando armazenados em computadores são utilizados os Sistemas Gerenciadores de Banco de Dados (SGBDs) que, segundo Elmasri, Navathe (2005) são sistemas de *software* de propósito geral que facilitam os processos de definição, construção, manipulação e compartilhamento de bancos de dados entre vários usuários e aplicações. Segundo Date (1990) o sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) é o *software* que manipula todos os acessos ao banco de dados. O usuário emite uma solicitação de acesso, usando uma sublinguagem específica de dados (por exemplo, SQL).

Segundo Date (1990), pode-se caracterizar que a função do SGBD é proporcionar a *interface* de usuário ao sistema de banco de dados. A *interface* de usuário pode ser definida como limite no sistema abaixo do qual tudo é invisível.

Os SGBDs são sistemas cada vez mais complexos e possuem cada vez mais funcionalidades. As principais características que um SGBD deve possuir são: independência

de dados; controle de acessos; controle de redundância; integridade; compartilhamento de dados; *backup* e *restore* de dados e configurações; múltiplas *interfaces* para os usuários; representação de relacionamentos complexos entre dados; tolerância a falhas.

Segundo Korth, Silberschatz (1995) um sistema de banco de dados é dividido em módulos que tratam de cada uma das responsabilidades do sistema geral. Na maioria dos casos o sistema operacional do computador fornece apenas os serviços mais básicos e o sistema de bancos precisa ser construído sobre essa base. Portanto, o projeto do sistema de banco de dados precisa incluir considerações sobre a *interface* entre o sistema de banco de dados e o sistema operacional. Os componentes funcionais de um sistema de banco de dados incluem:

- **Gerenciador de arquivos** - que gerencia a alocação do espaço na armazenagem do disco e as estruturas de banco de dados usadas para representar a informação armazenada no disco;
- **Gerenciador do banco de dados** - que fornece a *interface* entre os dados de baixo nível armazenados no disco e os programas aplicativos e de consulta submetidos ao sistema;
- **Processador de consultas** - que traduz comandos em uma linguagem de consulta para instruções de baixo nível que o gerenciador de banco de dados possa interpretar;
- **Arquivo de dados** - que armazena o banco de dados propriamente dito;
- **Dicionário de dados** - que armazena metadados (dados sobre dados) sobre a estrutura do banco de dados;
- **Índices** - que fornecem acesso rápido aos itens de dados guardando determinados valores.

1.1.1 SQL *Server*

O SQL *Server* é um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) desenvolvido pela Microsoft e está entre os principais do mercado. O SQL *Server* opera somente em sistemas operacionais Windows. Segundo Petkovic (2002) o SQL *Server* trabalha como uma extensão natural do Windows, característica essa que facilita o processo de instalação,

manutenção e administração, pois disponibiliza *interface* gráfica e assistentes para a grande maioria das tarefas administrativas.

Segundo Petkovic (2002) o SQL *Server* é um SGBD relacional voltado para a computação cliente/Servidor. O SQL *Server* apresenta as seguintes características: variedade de *Interface*s para os usuários; independência física de dados; independência lógica de dados; otimização de consulta; integridade dos dados; controle concorrente; *backup* recuperação; segurança.

Segundo Microsoft (2007) o SQL *Server* é disponibilizado em diversas versões para melhor atender as necessidades específicas de seus clientes em relação a banco de dados:

- **SQL *Server Express Edition*** – versão gratuita do SGBD que conta com algumas limitações de capacidade;
- **SQL *Server Workgroup Edition*** – versão para pequenas e médias empresas ou grupos de trabalho. O SGBD inclui as principais ferramentas para gerenciamento de dados;
- **SQL *Server Developer Edition*** - o *Developer Edition* é projetado para permitir aos desenvolvedores construir qualquer tipo de aplicação sobre o SQL *Server*. Ele inclui todas as funcionalidades do *Enterprise Edition* (win32, x64, IA64), mas com um contrato de licença especial de desenvolvimento e testes que proíbe a sua implantação para produção;
- **SQL *Server Standard Edition*** - o *Standard Edition* é uma opção de preço acessível para empresas de pequeno e médio porte. Ele inclui a funcionalidade central necessária para soluções não cruciais em *e-commerce*, data *warehousing* e gestão de negócios. O *Standard Edition* está otimizado para ser executado em win32, x64 e servidores baseados em Itanium;
- **SQL *Server Enterprise Edition*** - o *Enterprise Edition* inclui o conjunto completo de recursos de gerenciamento de dados corporativos e *business intelligence*. O SQL *Server Enterprise* oferece os níveis mais altos de escalabilidade e disponibilidade de todas as edições do SQL *Server*. Adicionalmente, ele está otimizado para ser executado em x64 e servidores baseados em Itanium, ajudando a alcançar níveis maiores de escalabilidade e disponibilidade de banco de dados;

- **SQL *Server Mobile Edition*** - o *Mobile Edition* permite que se desenvolvam rapidamente aplicações que estendem as capacidades de gerenciamento de dados corporativos e *business intelligence* para dispositivos móveis.

1.1.2 Oracle

Oracle é um dos principais SGBD relacionais do mercado. No final dos anos 70 Larry Ellison, Bob Miner e Ed Oates fundaram a SDL, *Software Development Laboratories* que logo investiu em um projeto original da IBM que desenvolvia uma nova linguagem de consulta com nome de SQL. O projeto teve cancelado os fundos fornecidos pelo governo logo no início. Porém os fundadores da SDL decidiram por dar andamento, pois identificaram no projeto uma possibilidade comercial de um SGBD com grande capacidade de armazenamento e velocidade de consulta. No final dos anos 70 e início dos anos 80, já como Oracle Corporation, foi lançada a primeira versão comercial do SGBD. Desde então a Oracle figura entre as principais empresas de *software* e seu SGBD está entre os melhores do mercado.

Ao contrário de um dos seus principais concorrentes, o SQL *Server*, o SGBD Oracle suporta diversas plataformas como; Apple Mac OS X *Server*, HP HP-UX, HP Tru64 UNIX, IBM AIX5L, IBM z/OS, Linux: x86, x86-64, Microsoft Windows: x86, x86-64, Sun Solaris: SPARC, x86, x86-64.

Outras características do SGBD Oracle são:

- Suporte para *Grid Computing* (consolidação dos recursos de 2 ou mais servidores/computadores como um único recurso);
- Possibilidade de utilização em diversas plataformas;
- Suporte para mais de um processador;
- Suporte interno a XML (*Extensible Markup Language*).

A Oracle Corporation disponibiliza o SGBD nas seguintes versões:

- ***Enterprise Edition* (EE)** – possui as mesmas características e funcionalidades das outras versões adicionada de mais ferramentas para segurança e desempenho. Essa versão não possui restrições de memória, CPUs (*Central Processing Unit*) e armazenamento;

- ***Standard Edition* (SE)** - versão disponibilizada com restrição para até 4 CPUs e já permite *Grid Computing* utilizando o *software* Oracle RAC;
- ***Standard Edition* One** – versão disponibilizada com restrição para até 2 CPUs;
- ***Express Edition* (XE)** – versão gratuita distribuída somente para Windows e Linux com limitações de armazenamento, memória, número de processadores, entre outros;
- **Oracle *Personal Edition*** – versão com as características e funcionalidades da versão *Enterprise Edition*, mas voltada para desenvolvedores e usuários únicos. Licenciamento disponível somente de forma individual;
- **Oracle Database *Lite*** - voltado a aplicações móveis como PDAs e *smartphones*, o banco de dados fica sincronizado entre servidor e aparelho móvel.

1.2 Sistemas Operacionais

Segundo Tanenbaum, Woodhull (2000) o sistema operacional controla todos os recursos do computador e fornece a base sobre a qual os programas e aplicativos podem ser escritos. Segundo Silberschatz (2001) sistemas operacionais foram desenvolvidos nos últimos 40 anos para alcançar dois objetivos principais: escalonar as atividades computacionais para garantir um bom desempenho e fornecer um ambiente conveniente para o desenvolvimento e a execução de programas.

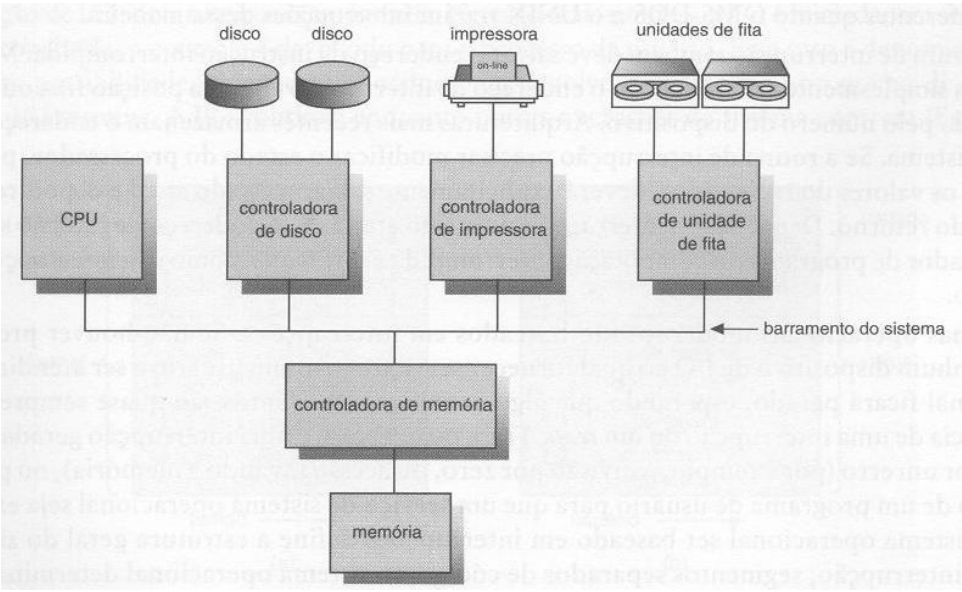


Figura 1.3: Sistema de computação moderno
Fonte: SILBERSCHATZ. Sistemas operacionais: conceitos e aplicações. 2001.

Segundo Korth, Silberschatz (1995) os bancos de dados requerem tipicamente um grande espaço de armazenamento. Os bancos de dados corporativos são medidos em *gigabytes* ou *terabytes* de dados. Os dados são movidos entre discos de armazenamento e a memória principal conforme a necessidade. Segundo Date (1990) o maior objetivo quanto ao desempenho de sistemas de banco de dados é minimizar o número de acessos a disco (entradas / saídas de disco). As áreas dos sistemas operacionais mais exigidas pelos SGBDs são I/O (Entrada e saída de disco), memória principal, armazenamento e barramento devido a grande movimentação de dados entre memória principal e disco.

Portanto, para suportar as aplicações e possibilitar um bom desempenho, os sistemas operacionais devem contar com estruturas que privilegiem a velocidade e a confiabilidade em I/O, acesso a memória principal e barramento. Para assim sustentar os altos níveis de movimentação gerados pelo banco de dados.

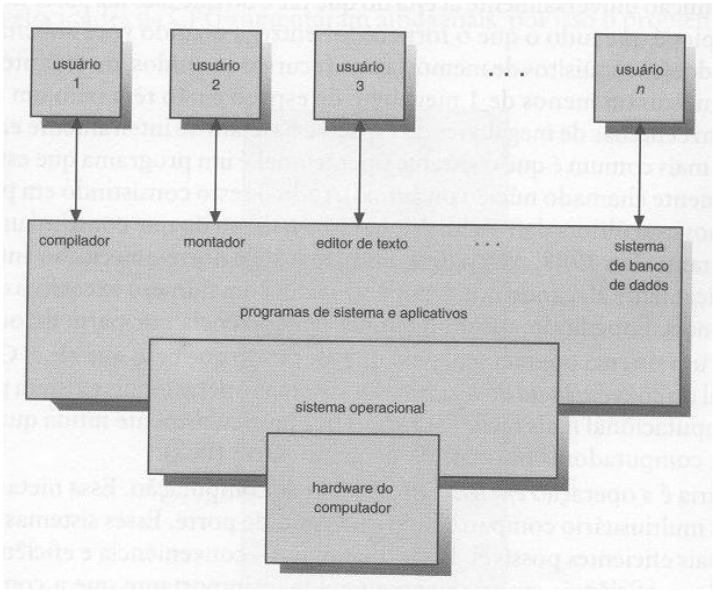


Figura 1.4: Componentes de um sistema de computação
Fonte: SILBERSCHATZ. Sistemas operacionais: conceitos e aplicações2001.

Segundo Silberschatz, Galvin, Gagne (2001) nem todos os sistemas operacionais têm a mesma estrutura. No entanto, muitos sistemas modernos compartilham a meta de fornecer suporte aos componentes de sistema listados a seguir:

- **Gerência de processos** - um processo é a unidade de trabalho de um sistema operacional. Um sistema operacional é uma coleção de processos, alguns deles executam código do sistema operacional (processos de sistema operacional) e o

restante executam código de usuário (processos de usuário). Todos esses processos podem ser executados concorrentemente. Em relação a gerência de processos o sistema operacional é responsável pelas seguintes atividades: criar e excluir processos de usuários e de sistema; suspender e retomar processos; fornecer mecanismos para a sincronização; fornecer mecanismos para a comunicação; fornecer mecanismos para o tratamento de *deadlocks*.

- **Gerência de arquivos** - o sistema operacional abstrai as propriedades físicas de seus dispositivos de armazenamento para definir uma unidade lógica de armazenamento, o arquivo. Os arquivos são mapeados e acessados no meio físico através dos dispositivos de armazenamento. Os arquivos são normalmente organizados em diretórios para facilitar seu uso. Quando vários usuários têm acesso aos arquivos, pode ser desejável controlar quem pode acessar e de que forma pode fazê-lo. Em relação a gerência de arquivos o sistema operacional é responsável pelas seguintes atividades: criar e excluir arquivos; criar e excluir diretórios; fornecer suporte a premissas para manipular arquivos e diretórios; mapear arquivos no armazenamento secundário; fazer *backup* de em meios de armazenamento estáveis.

- **Gerência da memória principal –** a memória principal é um repositório de dados rapidamente acessíveis, compartilhados pela CPU e dispositivos de I/O. Para que um programa seja executado ele deve ser carregado na memória. À medida que é executado ele acessa instruções e dados do programa a partir da memória, quando termina, o espaço de memória que era ocupado passa a ficar disponível e o próximo programa pode ser executado. O sistema operacional é responsável pelas seguintes atividades em relação a gerência de memória: manter o registro das partes da memória que estão sendo usadas no momento e por quem; decidir que processos deverão ser carregados quando houver espaço disponível; alocar e desalocar espaço conforme solicitado.

- **Gerência de armazenamento secundário** - quando executados os programas devem estar na memória principal, ou armazenamento primário. Como a memória principal é muito pequena para acomodar todos os dados e programas e também porque a alocação de espaço na memória principal ocorre de forma dinâmica, de alguma maneira deve ser fornecido armazenamento secundário para dar suporte a memória principal. Os sistemas modernos utilizam discos como principal meio de armazenamento para dados e programas. A maioria dos programas é armazenada em

um disco até serem carregados à memória principal e utilizam o disco como origem e destino de seu processamento. O sistema operacional é responsável pelas seguintes atividades em relação a gerência de disco: gerência de espaço livre; alocação de espaço; escalonamento de disco.

- **Gerência de I/O** - as principais atividades de um computador são entrada e saída (I/O) e processamento. O papel do sistema operacional em relação ao I/O do computador é gerenciar e controlar as operações e os dispositivos de I/O. A velocidade de entrada e saída está diretamente relacionada ao desempenho de SGBDs, pois, os dados geralmente encontram-se armazenados em dispositivos externos. Como os SGBDs efetuam muitas consultas a sua base de dados, a velocidade de acesso aos dispositivos de armazenamento torna-se de extrema relevância no desempenho de bancos de dados;
- **Redes** - um sistema distribuído reúne sistemas fisicamente separados e possivelmente heterogêneos em um único sistema coerente, oferecendo ao usuário acesso aos vários recursos mantidos pelo sistema. O acesso a um recurso compartilhado permite maior velocidade de computação, maior funcionalidade, maior disponibilidade de dados e melhor confiabilidade. Os sistemas operacionais geralmente generalizam o acesso à rede como uma forma de acesso a arquivos;
- **Sistemas de proteção** - a proteção é qualquer mecanismo para controlar o acesso de programas, processos ou usuários aos recursos. Um sistema orientado a proteção fornece um meio para distinguir entre uso autorizado e não-autorizado;
- **Sistema interpretador de comandos** - *interface* entre o usuário e o sistema operacional. Os sistemas operacionais geralmente se diferenciam na área do *shell* (*interface* do usuário), com um interpretador de comandos amigável ao usuário tornando o sistema mais agradável. As instruções de comando lidam com a criação e gerência de processos, tratamento de I/O, gerência de armazenamento secundário.

1.3 Virtualização

Segundo Kris (2007) virtualização é o método de dividir os recursos de *hardware* em ambientes independentes através da aplicação de conceitos e tecnologias como particionamento de *hardware* e *software*, *time-sharing*, QOS (*quality of Service),* concorrência e muitos outros.

O conceito de virtualização já existe a mais de trinta anos. Inicialmente era usada somente por grandes corporações em virtude de seu alto custo. Devido ao surgimento e popularização do *software open-source* (código aberto) e a queda significativa no custo de sistemas operacionais e dispositivos de armazenamento de dados, a virtualização começou a ser usada em larga escala.

Segundo Silberschatz (2001), conceitualmente um sistema de computação é formado por camadas. O *hardware* é o nível mais baixo em todos os sistemas. O *kernel*, que representa a camada de *software* mais próxima do *hardware*, utiliza instruções de *hardware* para criar um conjunto de chamadas ao sistema para uso por camadas superiores. Os programas de sistema mencionados acima são capazes de usar as chamadas ao sistema ou as instruções de *hardware* e, em certos aspectos, esses programas não fazem a distinção entre ambos. Assim, embora sejam acessados de forma diferente, fornecem funcionalidades que o programa pode usar para criar funções até mais avançadas.

Os programas de sistema tratam o *hardware* e as chamadas ao sistema como se ambos estivessem no mesmo nível. Alguns sistemas levam esses esquemas a um passo adiante, permitindo que os programas de sistema sejam chamados facilmente pelos programas aplicativos. Embora estejam em um nível mais alto que os de outras rotinas, os programas aplicativos podem visualizar tudo abaixo deles na hierarquia, como se os últimos fossem parte da máquina propriamente dita. Essa abordagem em camadas é levada ao conceito de máquina virtual.

Usando as técnicas de escalonamento de CPU e de memória virtual, um sistema operacional pode criar a ilusão de que um processo tem o seu próprio processador com sua própria memória (virtual). O computador físico compartilha recursos para criar máquinas virtuais, o escalonamento de CPU pode compartilhar a CPU para criar a ilusão de que os usuários têm seus próprios processadores (Figura 1.5).

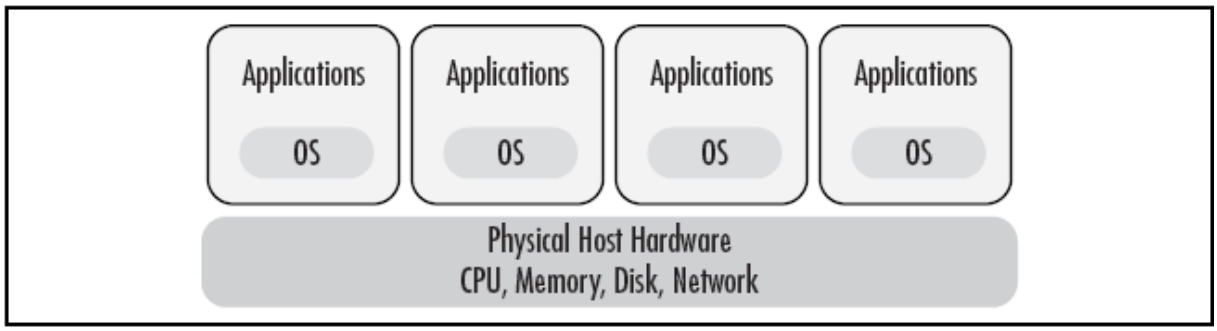


Figura 1.5: Máquina Virtual.
Fonte: KRIS. *The best damn Server virtualization.*

Alguns dos grandes benefícios da utilização da virtualização de servidores é a redução nos custos da estrutura e o aproveitamento de recursos ociosos. Na figura 1.6 mostra um ambiente de TI com servidores não virtualizados. Nota-se que cada servidor tem somente 15% de sua capacidade utilizada.

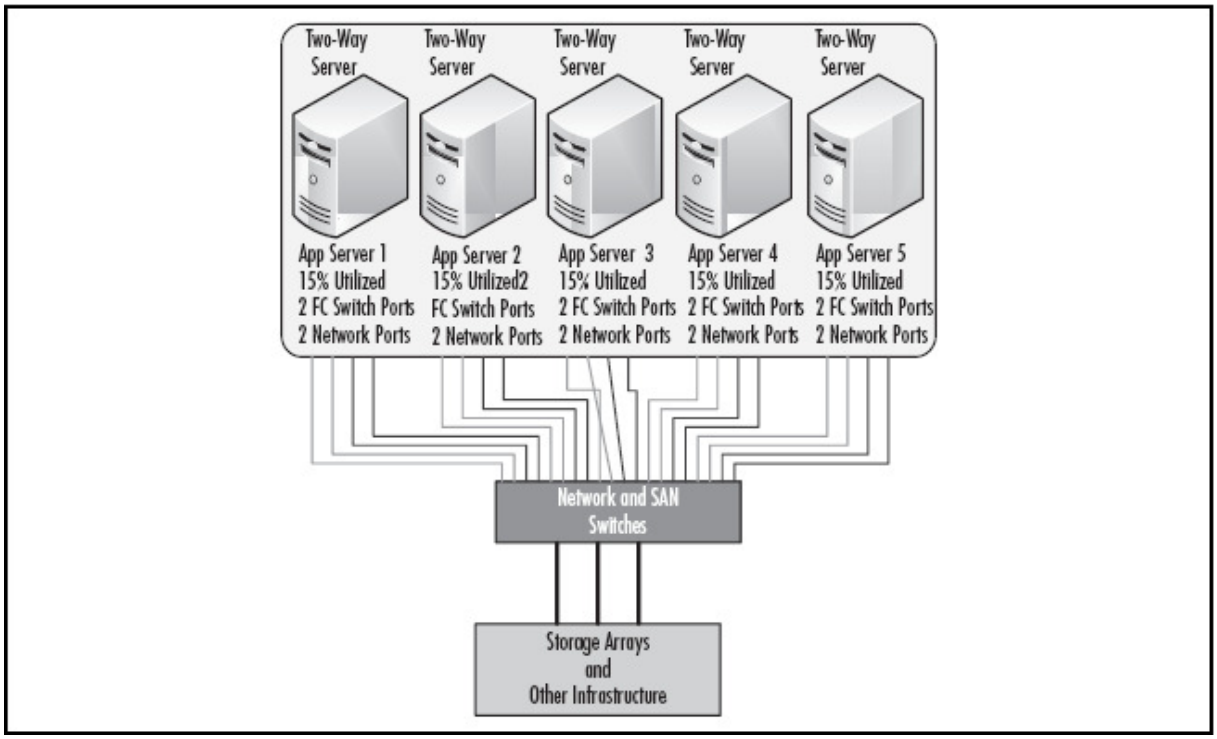


Figura 1.6: Ambiente de TI não virtualizado.
Fonte: KRIS. *The best damn Server virtualization*.

Já na figura 1.7 pode-se visualizar o mesmo ambiente da figura 1.6 utilizando-se da tecnologia e dos conceitos de virtualização de servidores. A estrutura foi reduzida significativamente sem que se perdesse a capacidade da mesma. Segundo Kris (2007),

existem diversas formas de virtualização, sendo que a mais conhecida é a virtualização de servidores, a qual é utilizada neste trabalho.

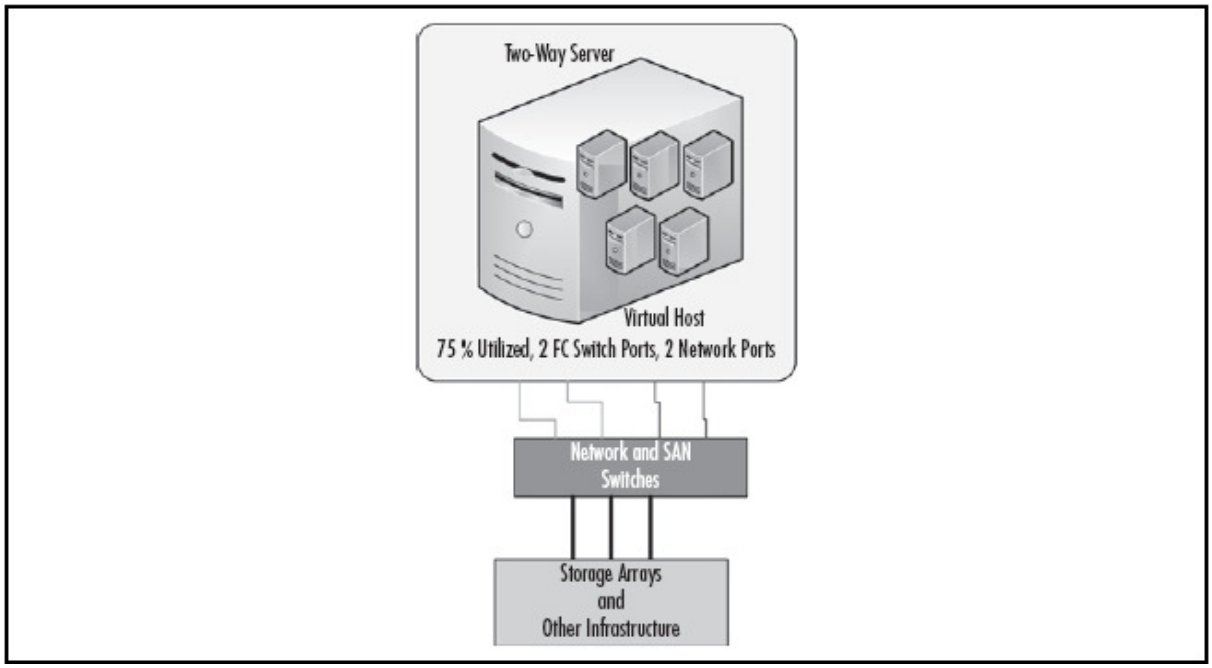


Figura 1.7: Ambiente de TI virtualizado.
Fonte: KRIS. *The best damn Server virtualization*

1.3.1 Virtualização de servidores

A virtualização de servidores é a forma mais conhecida de virtualização e está disponível para a grande maioria das plataformas e arquiteturas. A virtualização de servidores está subdividida em:

- **Virtualização total -** essa técnica virtualiza o *hardware* completo o que proporciona um ambiente capaz de suportar diversos tipos de aplicações;
- **Paravirtualização** - na paravirtualização o sistema operacional local interage com o sistema virtualizado proporcionando um ganho de eficiência considerável;
- **Virtualização de aplicações** - técnica que consiste na virtualização de uma única instância de aplicação;

- **Virtualização nativa ou virtualização por *hardware*** - é quando o *hardware* do sistema local (*host*) tem suporte para virtualização e permite que o sistema virtualizado (*guest*) execute isolado também no *hardware*.

1.3.2 Ferramentas de Virtualização

Com a difusão da virtualização no ambiente corporativo surgiram várias ferramentas de virtualização, entre as principais ferramentas do mercado estão:

- **XEN** - ferramenta *open-source*, apresenta um desempenho superior, pois utiliza o conceito de paravirtualização. Porém, não oferece opções avançadas de gerenciamento. O XEN suporta diversos sistemas operacionais, entre eles Windows e Linux;
- **Virtual *Server*** - ferramenta da Microsoft para virtualização de servidores. A principal limitação da ferramenta é o fato de utilizar somente ambiente Windows como *host*. A *interface* de gerenciamento *web* apresenta erros quando utilizada com *browsers* (navegadores de internet) alternativos ao Microsoft Internet Explorer;
- **Vmware *Server*** – a ferramenta utiliza o conceito de virtualização completa, tem suporte para *host*s Windows e Linux. O Vmware *Server* é uma ferramenta de fácil utilização, estável e possui *interface* de gerenciamento de máquinas virtuais local também pela *web*.

1.3.3 Vmware *Server*

Fundada em 1998, em Palo Alto Califórnia Estados Unidos, a Vmware Inc. é hoje um dos principais referenciais em virtualização do mercado. Acompanhando a filosofia de inovação a Vmware possui um grande número de produtos para virtualização. Um dos principais produtos desenvolvidos é o Vmware *Server*, produto gratuito que permite a criação e utilização de servidores virtualizados.

O Vmware possui grande facilidade de instalação, gerenciamento e estabilidade, o que motivou a utilização desta ferramenta de virtualização na análise proposta por este

trabalho. Uma das características que podem limitar a utilização da ferramenta está na capacidade máxima de alocação de memória que na versão testada está limitada a 3,6 Gb conforme apresentado nesta seção. Na nova versão apresentada recentemente pelo fabricante a limitação de memória foi aumentada para 8 Gb sem limitação do numero de máquinas virtuais por servidor.

Segundo Vmware Inc (2008) entre as principais características do Vmware *Server* estão:

- Pode ser executado em qualquer *hardware* x86 padrão;
- Oferece suporte a sistemas operacionais *guest*s (convidados) de 64 bits, incluindo Windows, Linux e Solaris;
- Suporte ao Vmware *VirtualCenter* para gerenciar a infra-estrutura com eficiência a partir de um console de gerenciamento central;
- Suporte experimental ao Virtual SMP™ com dois processadores;
- Suporte experimental à Intel® *Virtualization Technology*;
- Pode ser executado em uma variedade de sistemas operacionais de *host*s e de *guest*s Windows e Linux mais ampla do que qualquer outro produto de virtualização de servidores do mercado;
- Suporte a qualquer aplicativo Windows ou Linux, incluindo dispositivos virtuais predefinidos;
- É instalado como um aplicativo, de modo rápido e fácil, com o auxílio de um assistente;
- Criação rápida e fácil de máquina virtual orientada por assistente;
- Suporte a qualquer formato de máquina virtual Vmware ou Microsoft e a imagens Symantec *LiveState Recovery*;
- Monitoramento e gerenciamento de máquinas virtuais com um console remoto, intuitivo e de fácil utilização;
- Processador: Intel® Pentium® II ou posterior, ou AMD Athlon ou posterior, dependendo do processador do *host*; Intel EMT64T VT (suporte experimental); um ou vários processadores por máquina virtual com recursos de Virtual SMP.

- Memória: até 3,6 GB por máquina virtual;
- Drives IDE - dispositivos físicos de disco ou discos virtuais com base em sistemas de arquivos de até 950 GB;
- Dispositivos SCSI: até 21 dispositivos em três controladores SCSI virtuais; discos virtuais SCSI de até 950 GB;
- Rede: até quatro placas *Ethernet* virtuais; suporte a redes sem fio com redes NAT e com ponte; redes virtuais e compartilhamento de arquivos; nove *switches Ethernet* virtuais (três reservados para redes NAT, com ponte e somente *host*); suporte a *Ethernet* virtual incluindo TCP/IP, NetBEUI, Microsoft *Networking*, Samba, Novell® NetWare® e NFS (*Network File System*, sistema de arquivos de rede); a NAT incorporada oferece suporte ao *software* cliente utilizando TCP/IP, FTP, DNS, HTTP e Telnet.
- Sistemas operacionais 32 bits
- Microsoft Windows - Vista, XP, Me, 98, 95, 3.1, 3.11, 2000 *Professional*, *Server*, Advanced *Server* ,Windows *Server* 2003 Web, *Small Business*, *Standard* e *Enterprise*, Windows NT *Workstation* 4.0 e NT *Server* 4.0 e MS-DOS 6;
- Novell *NetWare* - Novell *NetWare* 4.2, 5.1, 6.0 e 6.5;
- Linux - Red Hat *Enterprise* Linux 2.1, 3 e 4 (AS, ES e WS), Red Hat Linux 7, 8 e 9, SUSE Linux *Enterprise Server* 7, 8, 9 e 10, SUSE Linux 7.3, 8, 9 e 10, Turbolinux, Mandriva Linux, FreeBSD 4.0-4.6.2, 4.8, 5.0-5.4 e 6.0, Ubuntu 5.04, 5.10 e 6.06, Sun Solaris x86 9 e 10;
- Sistemas operacionais de 64 bits: Windows *Server* 2003 x64 *Edition*; Windows XP *Professional* x64 *Edition*; Windows Vista x64 *Edition* (experimental); Red Hat *Enterprise* Linux 3 e 4; SUSE Linux *Enterprise Server* 9; SUSE Linux 10; SUSE Linux Pro; Ubuntu 5.10, 5.04 e 6.06 (experimental); Solaris 10 (experimental); Mandriva Linux 2006.
- FreeBSD 5.3-5.4 e 6.0 (experimental);

2 CRITÉRIOS DE AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO

O desempenho de um SGBD é de extrema importância para os negócios das empresas, pois, influencia diretamente a velocidade de realização de transações, tempo de resposta de solicitações, armazenamento de dados e demais. Neste capítulo serão apresentados os fatores relevantes para o desempenho do SGBD e os critérios de avaliação de desempenho utilizados neste trabalho.

2.1 Fatores Relevantes para o Desempenho do SGBD

Para obter um bom nível de desempenho é necessário considerar diversos fatores que tem influência direta nas aplicações. Com o objetivo de otimizar o desempenho das aplicações, as empresas devem considerar alguns fatores relevantes para o desempenho de SGBDs:

- **Tamanho do banco de dados** - o volume do banco de dados é um dos principais fatores de influência no desempenho do mesmo. Quanto maior for o banco, mais dificuldade o SGBD vai ter para manipular esse volume de dados, pois a alocação de recursos não é a mesma em diferentes tamanhos de bancos de dados;
- ***Hardware*** - os recursos de *hardware* são de fundamental importância no desempenho do banco de dados. A velocidade de I/O, a quantidade de memória e a capacidade de armazenamento são responsáveis pela maior parte da performance do SGBD. Os recursos de *hardware* e o tamanho do banco de dados sempre devem ser considerados no projeto do banco de dados;
- **Sistema Operacional** - o sistema operacional é responsável pela gestão das operações do computador. Cada sistema trata as instruções de uma forma diferente. Com o desenvolvimento e popularização do *software* livre, as alternativas de sistema

operacionais aumentaram consideravelmente. Sendo que o Windows e o Linux são os mais utilizados.

- **Acesso ao Banco de Dados** - os tipos de acesso ao banco de dados também são de grande influência, pois quanto mais direto o acesso melhor o desempenho. Os principais tipos de acesso são: ODBC (*Open DataBase Connectivity*); JDBC (Java *DataBase Connectivity*); BDE (Borland *Database Engine*); ADO (ActiveX *Data Object*); Acesso local. Sendo o acesso local o mais indicado por ser o mais direto sem passar por camadas intermediárias.

Este trabalho visa medir a influência do sistema operacional e do tamanho do banco de dados no desempenho do SGBD mantendo a mesma estrutura de *hardware*.

2.2 *Benchmark* de Banco de Dados

No início dos anos 80 os componentes de *hardware*, principalmente os processadores, custavam muito caro o que motivou a criação de *benchmarks* para a comparação de desempenho. Com o passar dos anos os fabricantes de *hardware* começaram otimizar seus componentes visando especificamente a obtenção de bons resultados no *benchmark*, o que gerava resultados muito distantes da realidade. Tal atitude gerou a perda de credibilidade por parte dos *benchmarks*. Estes fatos motivaram a criação de organizações formadas por fabricantes para o desenvolvimento de *benchmarks*. As principais organizações são o *Transaction Processing Performance Council* (TPC) e o *Standard Performance Evaluation Corporation* (SPEC). O SPEC é responsável pelo desenvolvimento de *benchmarks* para CPU, Java, servidores de e-mail, virtualização, servidores *web*, entre outros, enquanto o TPC desenvolve *benchmarks* voltados a SGBDs. Além do desenvolvimento de *benchmarks* essas organizações auditam testes realizados por fabricantes ou por outras entidades para garantir a validade dos resultados apresentados.

2.2.1 *Transaction Processing Performance Council* (TPC)

Segundo François Raab em entrevista a Revista *Computerworld* (2001), em agosto de 1988, Omri Serlin convenceu oito empresas a formar o TPC. Dessa forma, colocou-se em movimento a primeira iniciativa para estabelecer padrões e pôr em ordem as unidades de medida de performance. As suas duas principais atividades: a criação de *benchmarks* de qualidade e o desenvolvimento de processos que revejam e monitorem os dados. O TPC é um

consórcio sem fins lucrativos, fundado para definir os processos de transações e as bases de dados para a realização de *benchmarks*. Atualmente o TPC conta com mais de 40 associados provenientes da Europa, Ásia, Estados Unidos e Austrália, entre esses associados estão algumas das principais empresas de *hardware*, *software* e TI do mercado.

O TPC possui quatro diferentes tipos de *Benchmark*:

- **TPC-H** - o TPC-H é um *benchmark* direcionado a sistemas de apoio a decisão com *Data Warehouse*. Realiza consultas de alto grau de complexidade e realiza análises de grandes volumes de dados;
- **TPC-App** – é um *benchmark* que trata de transações *web*, avalia servidores *web* e aplicativos. O TPC-App simula um ambiente *business-to-business* em um ambiente 24x7;
- **TPC-E** - é um *benchmark* que utiliza as operações relacionadas a comércio simulando a atividade de uma corretora que interage com o mercado financeiro, realiza pesquisas de mercado e demais atividades de corretagem. É um *benchmark* escalável com a possibilidade de definição de diversos tipos de carga de trabalho;
- **TPC-C** – é um *benchmark* que simula a carga de trabalho de uma empresa com armazéns distribuídos em diversas localidades. Esse tipo de *benchmark* testa os SGBDs em um ambiente muito similar ao ambiente de produção de uma empresa, razão pela qual foi escolhido como *benchmark* a ser utilizado neste trabalho.

2.3 TPC-C

Segundo TPC (2007), o *benchmark* TPC-C é uma carga de trabalho composta por um conjunto de cinco transações de leitura e escrita que simulam as atividades encontradas em um ambiente OLTP complexo. O TPC-C simula a carga de trabalho de uma empresa que produz, vende e distribui os seus produtos. Essa empresa possui um *mix* de cem mil diferentes produtos e cada armazém atende a 10 municípios e deve comercializar o *mix* completo. A empresa também é dividida em distritos e cada distrito possui uma carteira de 3 mil clientes.

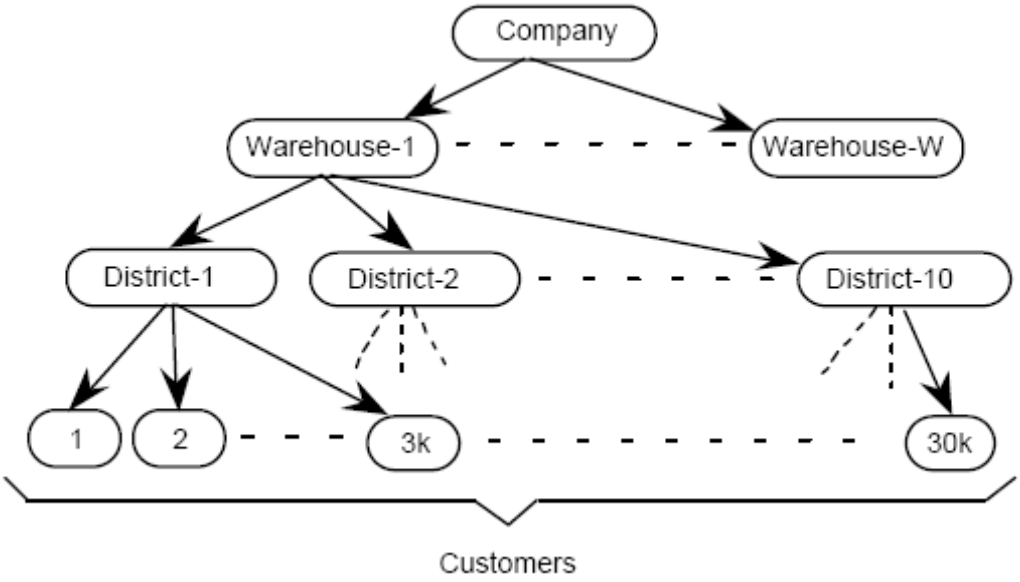


Figura 2.1: Ambiente do TPC-C

Fonte:WWW.TPC.ORG.(*Standard* specification Revision 5.9)

Os clientes contatam a empresa para solicitar um novo pedido ou para solicitar o status dos pedidos já realizados. Os pedidos têm em média 10 itens e 1 % de todos os itens pedidos não estão em estoque no armazém solicitado, então essa demanda deve ser suprida por outro armazém. O sistema desta empresa também controla pagamentos, entrega e analisa os níveis de estoque. As principais transações exercidas pelo sistema são:

- ***New Order Transaction*** - consiste na inserção de um novo pedido. Essa transação representa uma carga média, porém é uma transação de alta freqüência e com necessidade de resposta imediata para satisfação dos usuários *on-line*. Esta é a principal transação, pois está diretamente ligada a carga de trabalho do sistema. Foi concebida para gerar cargas variáveis sobre o banco de dados aproximando-se do ambiente de produção real;
- ***Delivery Transaction*** - consiste no processamento de lotes de 10 novos produtos, ainda não entregues. Cada ordem é processada e entregue na sua totalidade. Esta transação tem baixa freqüência e também possui alto nível de tempo de resposta;
- ***Order-status Transaction*** - é a consulta realizada pelo cliente sobre o último pedido realizado. Trata-se de uma transação de peso médio e tempo de resposta médio;

- ***Payment Transaction*** - esta transação realiza o pagamento de uma compra efetuada, atualiza as estatísticas de vendas dos armazéns e atualiza o histórico do cliente. É uma transação de peso baixo com tempo de resposta alto, mas é de alta freqüência de execução;
- ***Stock Level Transaction*** - a transação é usada para determinar quais produtos em estoque estão abaixo do nível mínimo definido. É uma operação pesada, com baixa freqüência de execução e com tempo de resposta alto.

O banco de dados proposto pelo TPC-C é composto por nove tabelas distintas, sendo que os relacionamentos são definidos pelo diagrama entidade-relacionamento abaixo.

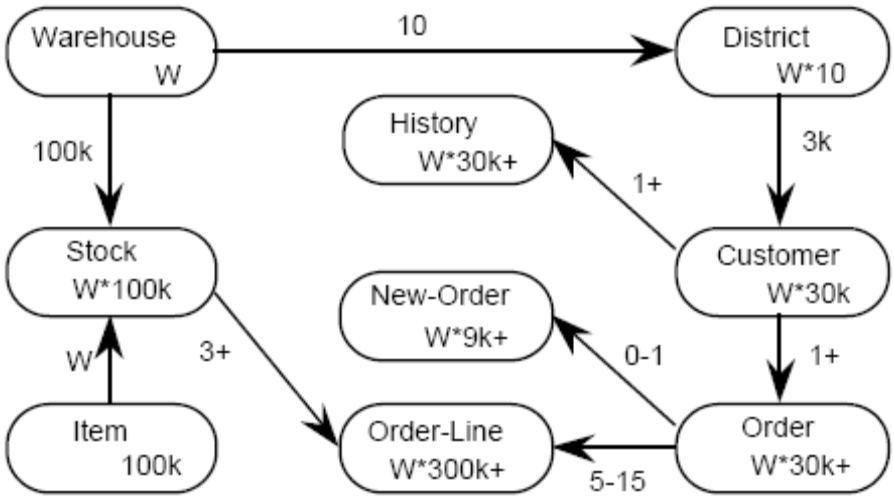


Figura 2.2: Relacionamentos entre tabelas TPC-C
Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Os números dentro das entidades representam o número de linhas da tabela que depende diretamente do número de armazéns (W). Portanto, quanto mais armazéns, maior a carga (*workload*) da operação. O número ao lado dos relacionamentos representa o número médio de filhos por mãe.

O *benchmark* TPC-C apresenta estruturalmente flexibilidade para testes de diferentes cargas de trabalho com diferentes números de usuários, característica que permite a análise de desempenho de SGBDs na mesma aplicação e ambiente, porém, com diferentes cargas de trabalho.

Tabela 2.1: Tabelas TPC-C

Table Name	Cardinality (in rows)	Typical [3] Row Length (in *Bytes*)	Typical [3] Table Size (in 1,000 *Bytes*)
WAREHOUSE	1	89	0.089
DISTRICT	10	95	0.950
CUSTOMER	30k	655	19,650
HISTORY	30k	46	1,380
ORDER	30k	24	720
NEW-ORDER	9k	8	72
ORDER-LINE	300k	54	16,200
STOCK	100k	306	30,600
ITEM	100k	82	8,200

Fonte:WWW.TPC.ORG.(*Standard specification Revision* 5.9)

A tabela 2.1 representa a configuração inicial das tabelas do *benchmark* TPC-C considerando um único *warehouse* (armazém).

A proposta do *benchmark* TPC-C aproxima-se bastante do ambiente de produção de diversas empresas, pois simula pagamentos, movimentações de estoque, pedidos e consultas em diferentes localidades. Mescla também transações de tempo de resposta alto como *Stock Level* e tempo de resposta não tão significativo como *Order Status.*

Para a realização dos testes foi escolhida a ferramenta *Benchmark Factory* da Quest *software*. A ferramenta fornece uma série de resultados baseados nas principais transações definidas pelo *benchmark*, sendo elas *Stock Level Transaction, Delivery Transaction, Order-status Transaction, Payment Transaction, New Order Transaction.* Dentro de cada transação são considerados os critérios abaixo:

- ***Workload*** – carga de trabalho a ser utilizada, define o número de linhas das tabelas a serem utilizadas;
- ***Userload*** – carga de usuários utilizando o sistema simultaneamente;
- **BPS** – *Bytes* por Segundo é o número de *Bytes* utilizado por segundo durante todo o período do teste realizado;
- **TPS** – Transações por Segundo é a informação de quantas transações o servidor realizou a cada segundo, indicador que mostra a capacidade de processamento do banco de dados;

- ***Response Time*** – O tempo de resposta é um dos fatores mais valorizados pelos usuários de aplicações que utilizam banco de dados. O tempo de resposta, para o usuário, está diretamente ligado ao desempenho de um SGBD.

3 CENÁRIOS DE TESTES

Este capítulo apresenta o cenário de teste utilizado para a análise de desempenho, destacando as ferramentas, SGDBs e plataformas utilizadas. O ambiente de teste busca aproximar-se de um ambiente corporativo para apresentar resultados mais precisos e confiáveis.

3.1 Ambiente

O ambiente de testes utiliza o ambiente de TI de uma empresa que acumula a administração de quatro indústrias de plásticos, uma indústria de máquinas e seis unidades logísticas espalhadas pelo Brasil. O ambiente é composto por 4 servidores Dell com sistema operacional Microsoft e um parque total de 51 máquinas Dell com sistema operacional Windows XP. Deste ambiente foi selecionado um dos servidores de produção para realização dos testes propostos. A seguir apresentam-se detalhes adicionais:

- ***Hardware*** - os testes foram realizados em um servidor Dell *Poweredge* 2900, Intel Quad Core Xeon E5410 processador de quatro núcleos com 2.33GHz, 4 Gb de memória, 3 discos rígidos SAS (*Serial Attached* SCSI) de 146 Gb e 15000 RPM;
- **Estrutura de rede** - a estrutura de rede proposta para os testes deste trabalho é uma rede LAN (*Local Área Network*) com velocidade de 1Gb utilizando topologia estrela (todos os dispositivos conectam-se a um dispositivo central) com *switches* não gerenciáveis;
- ***Software*** - foram utilizados no servidor os sistemas operacionais Windows 2003 *Server Standard Edition* 2003 e Red Hat *Enterprise* Linux 4. Também foram utilizados os SGBDs Oracle 10g *Standard Edition* e Microsoft SQL *Server* 2000 *Standard*. Como ferramenta de virtualização foi usado o Vmware *Server* 1.0.6 da

Vmware Inc. Como *benchmark* de banco de dados o *software* escolhido foi *Benchmark* Factory da Quest *Software*;

- **Máquina Virtual** - para a realização dos testes as máquinas Virtuais foram configuradas com Windows *Server* 2003 *Standard Edition*. Todas as máquinas virtuais foram configuradas com 20 Gb de disco rígido SCSI e 3 Gb de memória.

3.2 Benchmark

Para a realização dos testes foram pesquisadas algumas ferramentas de *benchmark* de banco de dados. Dentre as encontradas, pode-se citar: Orion da Oracle que não utliza o TPC-C como *benchmark* e é específica para SGBDs Oracle; a ferramenta TPCC-UVa, que funciona somente no sistema operacional Linux; e a ferramenta Benchmark Factory da Quest Software. A ferramenta Benchmark Factory foi a escolhida porque possibilita o teste com diversos tipos de *benchmark*, com suporte a diversos SGBD, apresenta estatísticas e gráficos, possibilita a configuração de diferentes cenários de testes com variações de carga de trabalho e carga de usuários.

O software de *benchmark* de banco de dados Benchmark Factory foi instalado com as configurações padrão do fabricante, sendo adicionados somente os cenários de testes propostos para a avaliação.

3.2.1 *Workload*

No trabalho foram utilizadas duas cargas de trabalho para ilustrar diferentes níveis de banco de dados:

- ***Workload* 35** – que conforme mostrado na figura 3.1 ilustra a operação de 35 *warehouses* (armazéns) atendendo a 350 cidades. A maior tabela do banco chega a mais de 10.500.000 linhas o que sugere uma operação considerada neste trabalho como de médio porte;

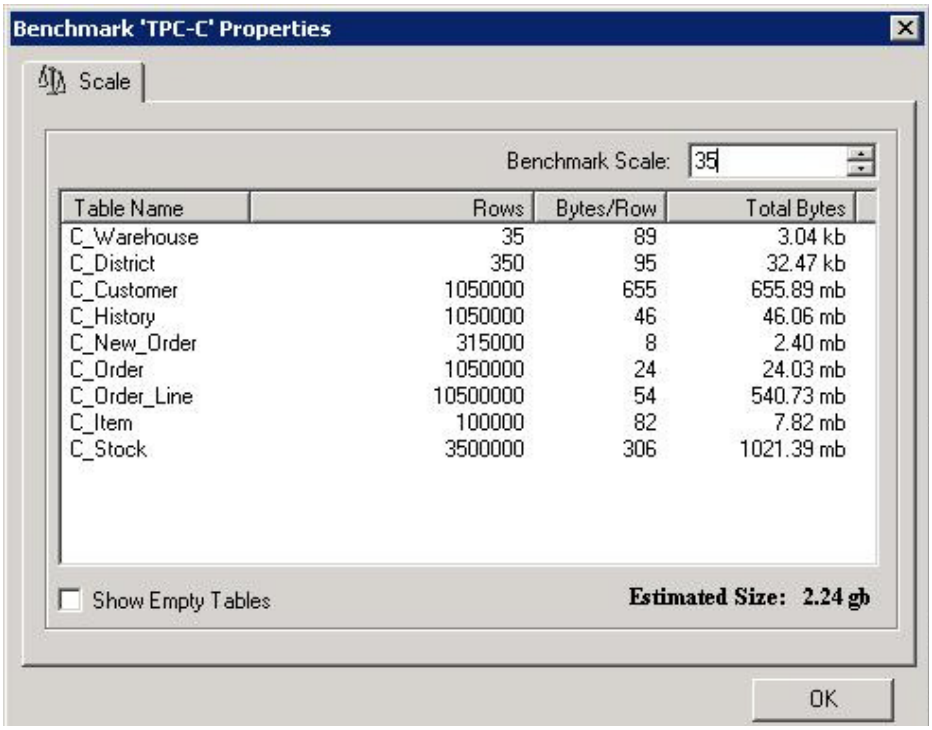


Figura 3.1: *Workload* 35
Fonte:*Benchmark Factory* 4.7.1

- ***Workload* 50** – que conforme mostrado na figura 3.2 ilustra a operação de 50 *warehouses* (armazéns) atendendo a 500 cidades. A maior tabela do banco chega a mais de 15.000.000 linhas o que sugere uma operação considerada neste trabalho como de grande porte.

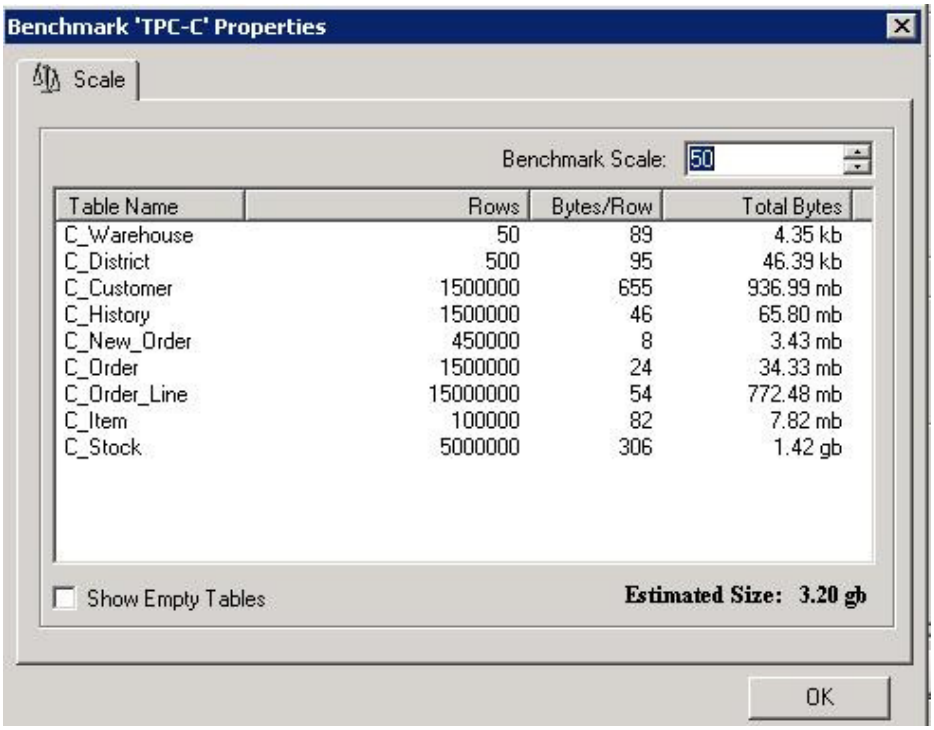


Figura 3.2: *Workload* 50
Fonte:*Benchmark Factory* 4.7.1

3.2.2 *Userload*

Userload indica a carga de usuários simultâneos no banco de dados, neste trabalho foram usadas duas diferentes cargas de usuários:

- ***Userload* 1, 4, 8, 10** – esta carga indica que foram utilizadas simulações de 1, 4, 8 ou 10 usuários realizando transações simultaneamente. Esta configuração pode ser considerada como carga de médio porte;

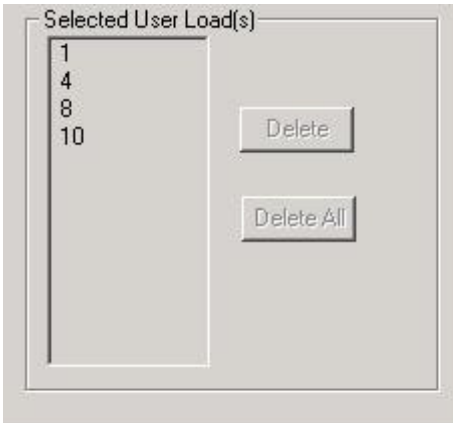


Figura 3.3: *Userload* 1, 4, 8, 10
Fonte:*Benchmark Factory* 4.7.1

- ***Userload* 1, 5, 10, 25, 50** - esta carga indica que foram utilizadas simulações de 1, 5, 10, 25 ou 50 usuários realizando transações simultaneamente. Esta configuração pode ser considerada como carga de grande porte**.**

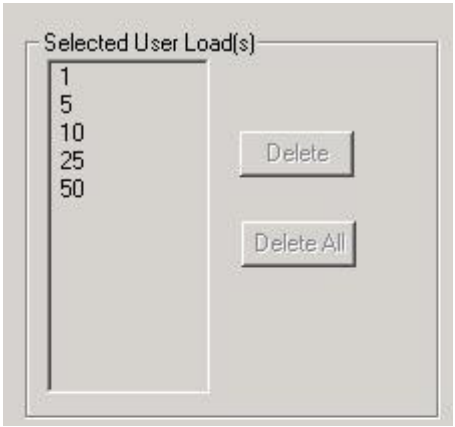


Figura 3.4: *Userload* 1, 5, 10, 25, 50
Fonte:*Benchmark Factory* 4.7.1

4 TESTES E RESULTADOS

Este capítulo detalha os testes realizados neste trabalho, descreve a preparação necessária para a realização de cada teste, apresenta os resultados obtidos em diferentes plataformas e em diferentes SGBDs e apresenta a análise sobre os testes realizados.

4.1 Preparação do Ambiente Nativo

O ambiente nativo caracteriza-se pela operação sem a utilização de computadores virtuais, ou seja, todos os recursos de TI são físicos. Esta estrutura representa a realidade da maioria das empresas. O tempo médio de preparação do ambiente para cada teste foi de 50 minutos para o sistema operacional Windows e de 1 hora e 15 minutos para o sistema operacional Linux. A preparação do ambiente de teste foi executada em diversas etapas:

- **Instalação do sistema operacional** – os sistemas operacionais Windows 2003 *Standard Edition* e Red Hat *Enterprise* Linux 4 foram instalados com suas configurações padrão de instalação sem nenhuma ferramenta adicional;
- **Instalação do banco de dados** – os sistemas de banco de dados foram instalados ambos com suas configurações padrão de instalação sem nenhuma ferramenta adicional e sem nenhuma configuração específica;
- **Instalação do *software* de *benchmark*** - o *software* de *benchmark* foi instalado na sua forma padrão sem nenhuma ferramenta ou configuração adicional, sendo que em cada etapa de testes o *software* foi configurado conforme cada SGBD e conforme a carga de trabalho.

Durante a realização do trabalho e dos testes propostos as principais dificuldades encontradas foram a escassez de material oficial a respeito de *benchmarks* e virtualização;

dificuldade na pesquisa e escolha de um *software* de *benchmark* de banco de dados que oferecesse condições para os testes propostos em multiplataforma. Dificuldade que motivou a não realização dos testes com o SGBD Oracle com Sistema Operacional Linux em ambiente nativo por não conseguir uma ferramenta de *benchmark* de banco de dados de origem confiável, que realizasse os testes baseados em TPC-C e apresentasse as variações semelhantes ao *software* de *benchmark* escolhido para os demais testes. A maior dificuldade encontrada foi a realização dos testes que, por terem sidos realizados em um ambiente de produção real não dispunha de muitos horários livres para execução. Os testes foram realizados em horários e dias alternados totalizando mais de 60 horas.

4.2 Preparação do Ambiente Virtual

Diferente do ambiente nativo, que é estrutura padrão na maioria das empresas, o ambiente virtual caracteriza-se pela operação através da utilização de computadores virtuais. Os recursos de um servidor virtual dependem de um servidor físico que atua como *host,* característica que pode limitar a capacidade da máquina virtual às características do servidor que a está hospedando. A máquina virtual configurada para os testes realizados neste trabalho foi dimensionada de acordo com a capacidade do equipamento disponibilizado não sendo limitado pelas características do *software* de virtualização apresentadas na seção 1.3.3 deste trabalho. O tempo médio gasto com a preparação do ambiente foi 1,5 horas. A preparação do ambiente de teste foi executada em diversas etapas:

- **Instalação do *software* de virtualização** – a instalação do Vmware *Server* 1.0.6 foi realizada conforme o padrão proposto pelo fabricante. A configuração das máquinas virtuais foi realizada baseando-se no padrão estabelecido para a realização dos testes propostos contando com 2 processadores virtuais, disco virtual de 20 Gb SCSI e 3Gb de memória;
- **Instalação do sistema operacional** – o sistema operacional Windows 2003 *Standard Edition* foi instalado com suas configurações padrão de instalação sem nenhuma ferramenta adicional;
- **Instalação do banco de dados** – os sistemas de banco de dados foram instalados ambos com suas configurações padrão de instalação sem nenhuma ferramenta adicional e sem nenhuma configuração específica;

- **Instalação do *software* de *benchmark*** - o *software* de *benchmark* foi instalado na sua forma padrão sem nenhuma ferramenta ou configuração adicional, sendo que em cada etapa de testes o Software foi configurado conforme cada SGBD e conforme a carga de trabalho.

4.3 Oracle 10g

Para a realização dos testes com o SGBD Oracle *Standard Edition* foi necessária a instalação do mesmo, conforme a instalação padrão definida pelo fabricante. Além da instalação padrão foi necessária a criação de uma *tablespace* para armazenamento das tabelas criadas pelo TPC-C. Para a criação da *tablespace* foi usado o comando "*create tablespace tc datafile 'C:\oracle\product\10.2.0\oradata\tc\tc.dbf' size 500m autoextend on;* "

4.3.1 Oracle: *Workload* 35

O teste com SGBD Oracle e *workload* 35 sugere, considerando a estrutura do *benchmark* TPC-C, a carga de trabalho de 35 armazéns e a movimentação de tabelas com até aproximadamente 10,5 milhões de linhas. Este foi o primeiro teste realizado, desta forma, esta etapa também serviu como etapa de definição de parâmetros, definição de configurações e ajustes finais para os demais testes deste SGBD, fato que gerou uma maior quantidade de testes errados e incompletos até que fosse definido o padrão para os demais procedimentos. Cada teste desta modalidade levou em média 25 minutos, sendo que foram realizados 27, dentre estes testes somente 6 foram válidos. As tabelas a seguir demonstram o resumo dos resultados válidos obtidos.

Tabela 4.1: *Workload* 35 - Ambiente Nativo - S.O. Windows - SGBD Oracle

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	23,08	3903	0,0615	0,01	0,153
4	0,2	87,18	15617	0,097	0,0095	0,826
8	0,42	177,26	31591	0,0825	0,006	1,4745
10	0,52	233,375	42252	0,064	0,005	0,714

Tabela 4.2: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Windows - SGBD Oracle

Userload	**TPS**	**BPS**	***Bytes***	**Avg Response Time**	**Min Response Time**	**Max Response Time**
1	0,05	23,135	4209	0,084	0,0125	0,205
4	0,2	86,815	15617	0,184	0,0115	1,6045
8	0,415	176,55	31591	0,165	0,0075	2,993
10	0,52	234,455	42497	0,102	0,008	0,8365

Tabela 4.3: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Linux - SGBD Oracle

Userload	**TPS**	**BPS**	***Bytes***	**Avg Response Time**	**Min Response Time**	**Max Response Time**
1	0,06	24,91	4141	0,078	0,009	0,195
4	0,19	87,265	16245,5	0,0975	0,0105	1,128
8	0,42	177,89	31940	0,0695	0,006	0,633
10	0,515	229,665	41882	0,0755	0,0065	0,795

As figuras 4.1, 4.2 e 4.3 apresentam respectivamente os resultados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com o banco de dados SGBD Oracle e *workload* 35.

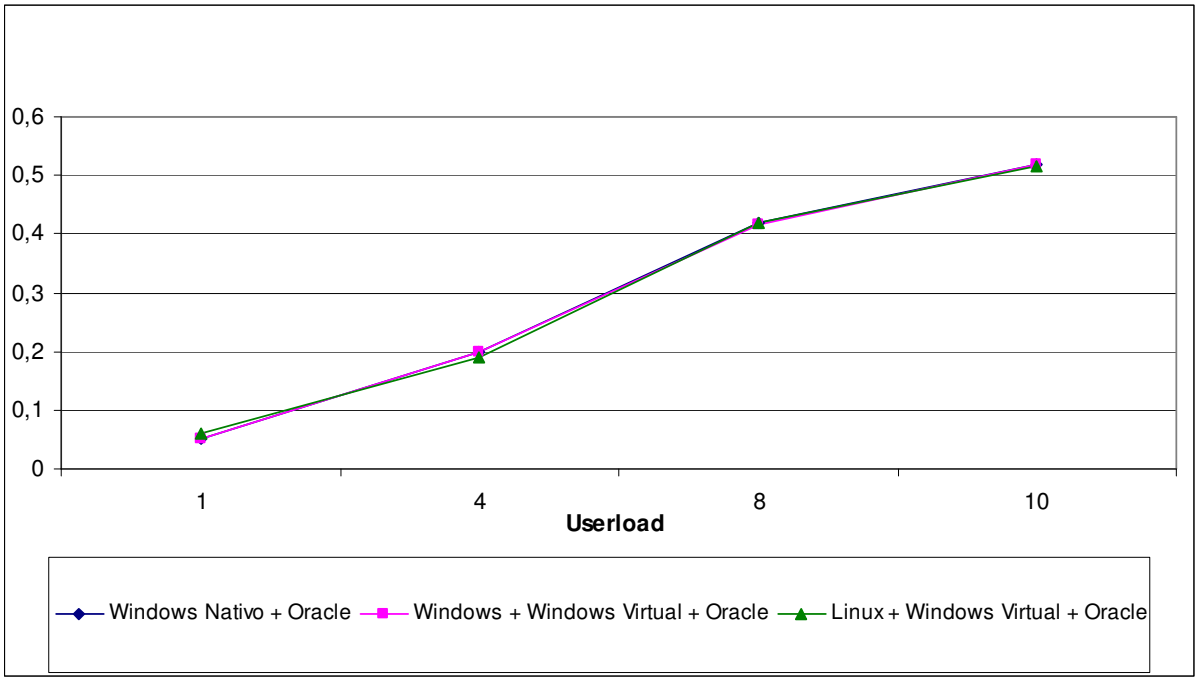


Figura 4.1: Gráfico TPS (Transações por Segundo), Oracle, *Workload* 35

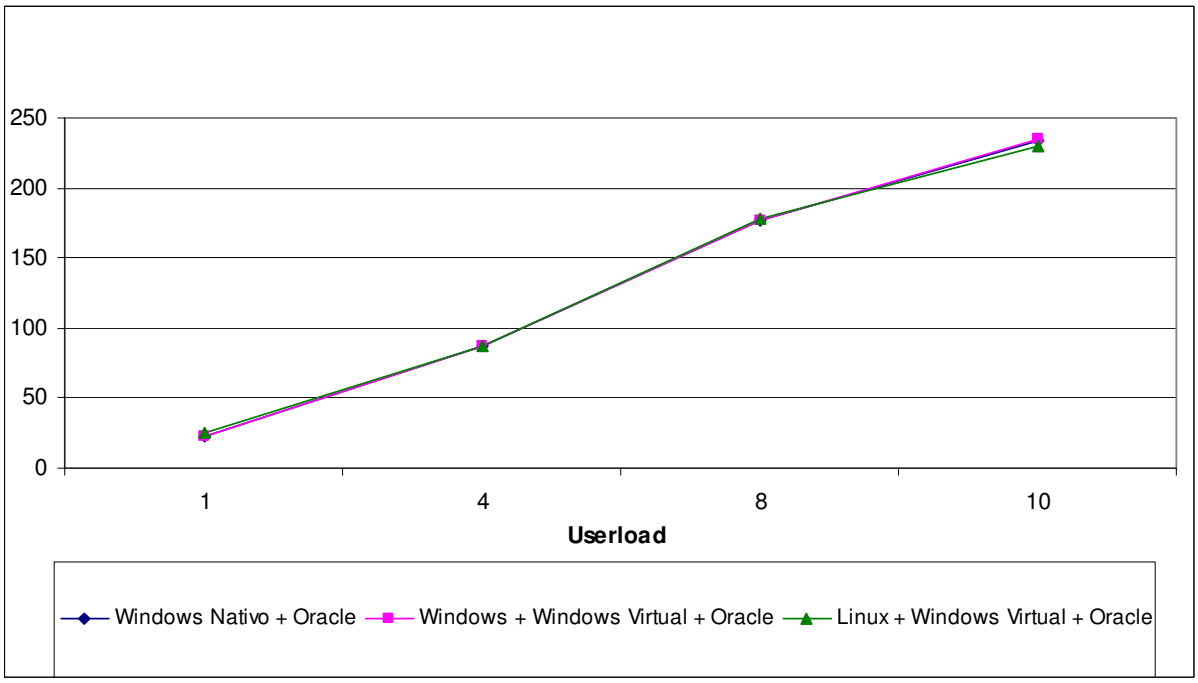


Figura 4.2: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), Oracle,*Workload* 35

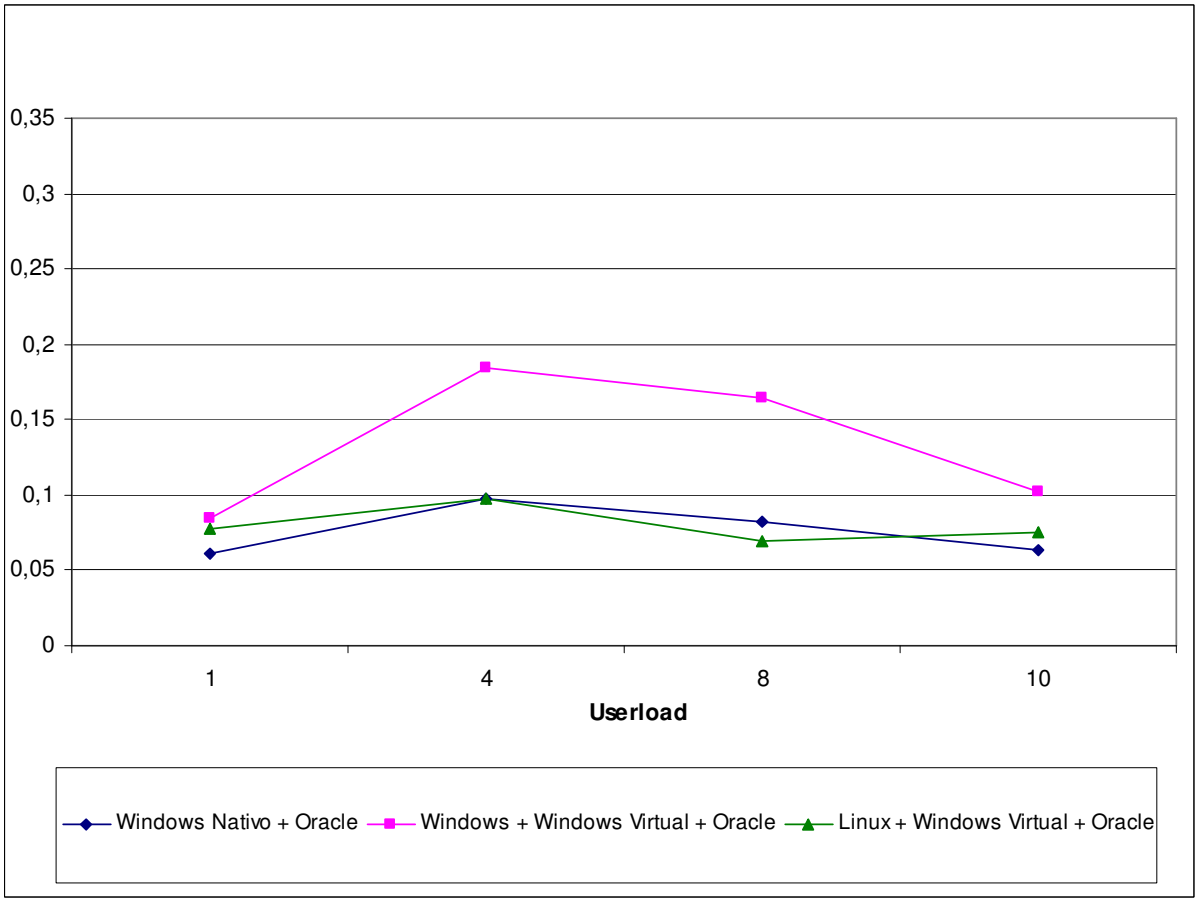


Figura 4.3: Gráfico Tempo de Resposta, Oracle, *Workload* 35

4.3.2 Oracle: *Workload* 50

O teste com SGBD Oracle e *workload* 50 sugere, considerando a estrutura do *benchmark* TPC-C, a carga de trabalho de 50 armazéns e a movimentação de tabelas com até aproximadamente 15 milhões de linhas. Cada teste desta modalidade levou em média 35 minutos, sendo que foram realizados 12 testes dentre estes testes 6 foram válidos. As tabelas a seguir demonstram o resumo dos resultados válidos obtidos.

Tabela 4.4: *Workload* 50 - Ambiente Nativo - S.O. Windows - SGBD Oracle

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	23,07	3903	0,074	0,0105	0,1885
5	0,24	105,79	18945	0,0965	0,004	1,041
10	0,525	229,5	41060	0,088	0,005	1,5775
25	1,305	592,235	105629	0,0925	0,001	1,5395
50	2,56	1136,81	203621,5	0,0915	0,001	1,829

Tabela 4.5: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Windows - SGBD Oracle

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	23,005	3903	0,1285	0,0145	0,421
5	0,24	105,38	18945	0,1735	0,0065	1,322
10	0,53	228,995	40754	0,176	0,005	2,666
25	1,3	590,35	105409	0,1575	0,0035	2,2395
50	2,545	1130,85	202454,5	0,199	0,0015	2,8495

Tabela 4.6: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Linux - SGBD Oracle

	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	23,2	4515	0,092	0,009	0,182
5	0,23	105,395	19587	0,132	0,0135	1,926
10	0,525	227,06	41483	0,143	0,0075	1,4535
25	1,34	584,575	104966,5	0,112	0,007	1,2265
50	2,615	1142,935	205719	0,096	0,004	1,3545

As figuras 4.4, 4.5 e 4.6 apresentam respectivamente os resultados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com o banco de dados SGBD Oracle e *workload* 50.

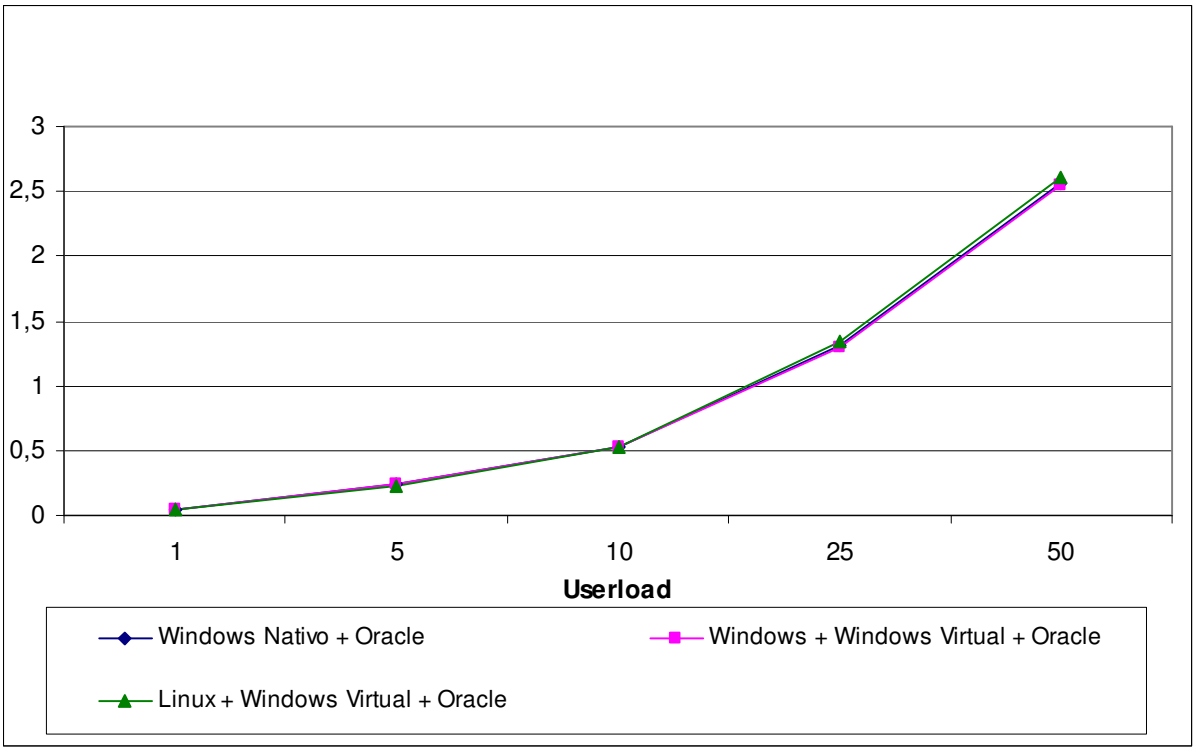


Figura 4.4: Gráfico TPS (Transações por Segundo), Oracle, *Workload* 50

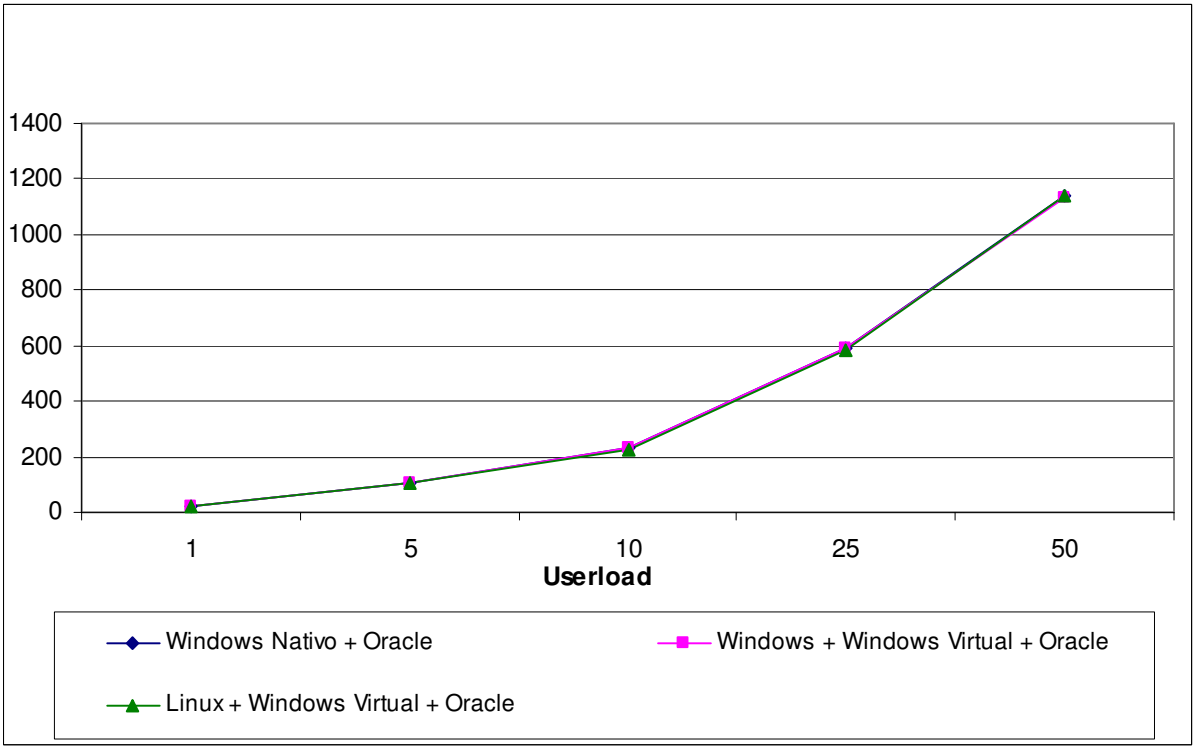


Figura 4.5: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), Oracle, *Workload* 50

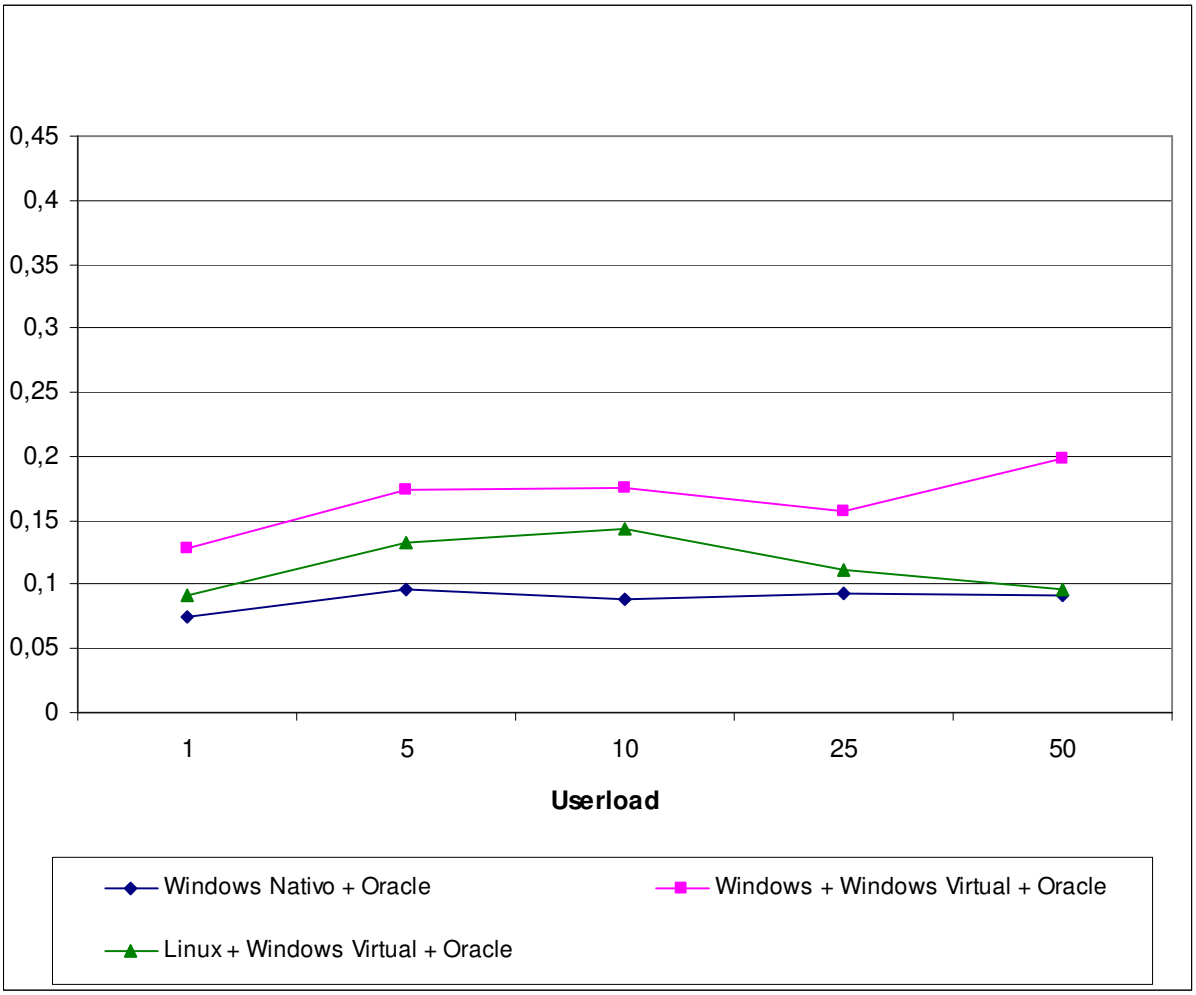


Figura 4.6: Gráfico Tempo de Resposta, Oracle, *Workload* 50

4.3.3 Análise dos Resultados Obtidos com SGBD Oracle

Os gráficos apresentados nas seções 4.3.1 e 4.3.2 demonstram a comparação entre os resultados obtidos nos testes com o SGBD Oracle. Nos dois tipos de carga testados obtiveram-se resultados proporcionalmente semelhantes. Pode-se notar que nos critérios TPS (Transações por Segundo) e BPS (*Bytes* por Segundo) todas as variações apresentaram resultados semelhantes sendo quase imperceptíveis as diferenças.

Ao analisar o gráfico de Tempo de Resposta, que de todos é o critério mais perceptível para o usuário final e por conseqüência influencia mais o desempenho dos SGBDs, pode-se perceber uma diferença de desempenho bastante significativa entre as variações testadas. O melhor resultado obtido no critério Tempo de Resposta foi com o SGBD Oracle sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo. O desempenho apresentado foi em média 17,5% melhor que o resultado obtido com a virtualização do

sistema operacional Windows em um servidor Linux e em média 82% melhor que o resultado obtido com a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows.

Pode-se, também, perceber que, nos resultados obtidos com o SGBD Oracle, a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux foi aproximadamente 54% superior a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux que, por sua vez, apresentou resultados aproximadamente 18% inferiores ao sistema operacional Windows em modo nativo.

4.4 SQL *Server* 2000

Para a realização dos testes com o SGBD SQL *Server* foi necessária a instalação do mesmo, conforme a instalação padrão definida pelo fabricante. Além da instalação padrão foi necessária a criação de um novo banco de dados que foi nomeado como TC.

4.4.1 SQL *Server*: *Workload* 35

O teste com SGBD SQL *Server* e *workload* 35 sugere, considerando a estrutura do *benchmark* TPC-C, a carga de trabalho de 35 armazéns e a movimentação de tabelas com até aproximadamente 10,5 milhões de linhas. Este foi o primeiro teste realizado, desta forma, esta etapa também serviu como etapa de definição de parâmetros, definição de configurações e ajustes finais para os demais testes deste SGBD. Cada teste desta modalidade levou em média 25 minutos, foram realizados 15 testes dentre estes testes somente 6 foram válidos. As tabelas abaixo demonstram o resumo dos resultados válidos obtidos.

Tabela 4.7: *Workload* 35 - Ambiente Nativo - S.O. Windows – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,055	22,795	4191,5	0,065	0,0075	0,1565
4	0,2	80,045	14313	0,0825	0,006	0,694
8	0,415	165,45	30097	0,0755	0,0035	1,834
10	0,52	215,25	38349,5	0,048	0,003	0,4525

Tabela 4.8: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Windows – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	22,24	4474	0,265	0,006	1,989
4	0,2	72	13009	0,331	0,003	4,369
8	0,41	154,88	27811	0,284	0,004	4,107
10	0,52	195,95	35377	0,148	0,004	4,234

Tabela 4.9: *Workload* 35 - Ambiente Virtual - S.O. Linux – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,06	24,545	4068,5	0,1285	0,01	0,5965
4	0,19	79,325	14708,5	0,095	0,007	1,334
8	0,415	138,6806	25417,5	0,114535	0,009255	1,526
10	0,515	205,415	37736,5	0,086	0,005	1,054

As figuras 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam respectivamente os resultados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com o banco de dados SGBD SQL *Server* e *workload* 35.

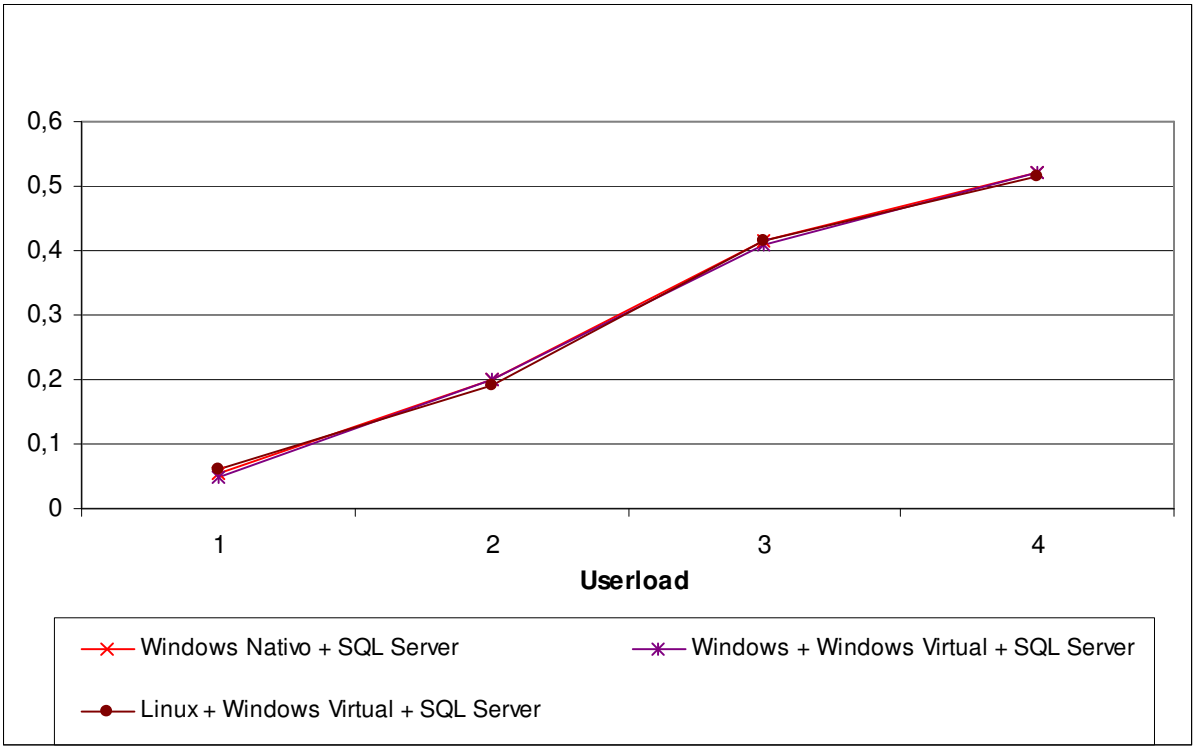


Figura 4.7: Gráfico TPS (Transações por Segundo) SQL *Server Workload* 35

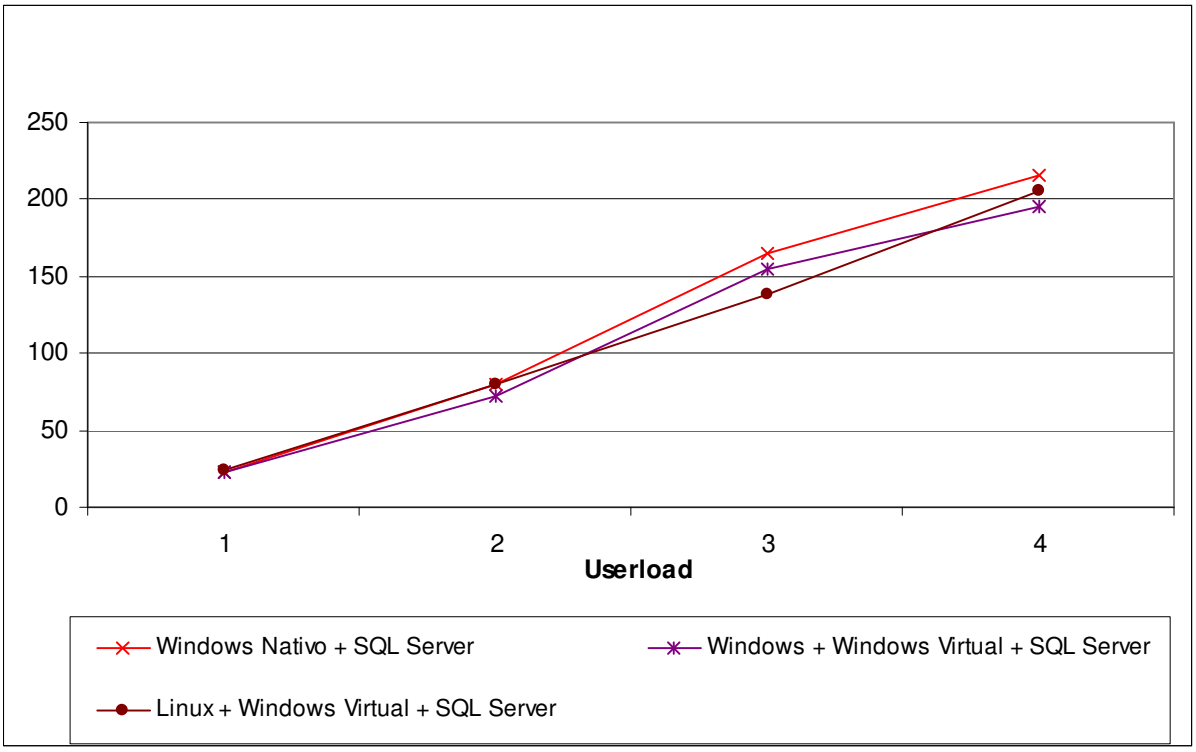


Figura 4.8: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), SQL *Server*, *Workload* 35

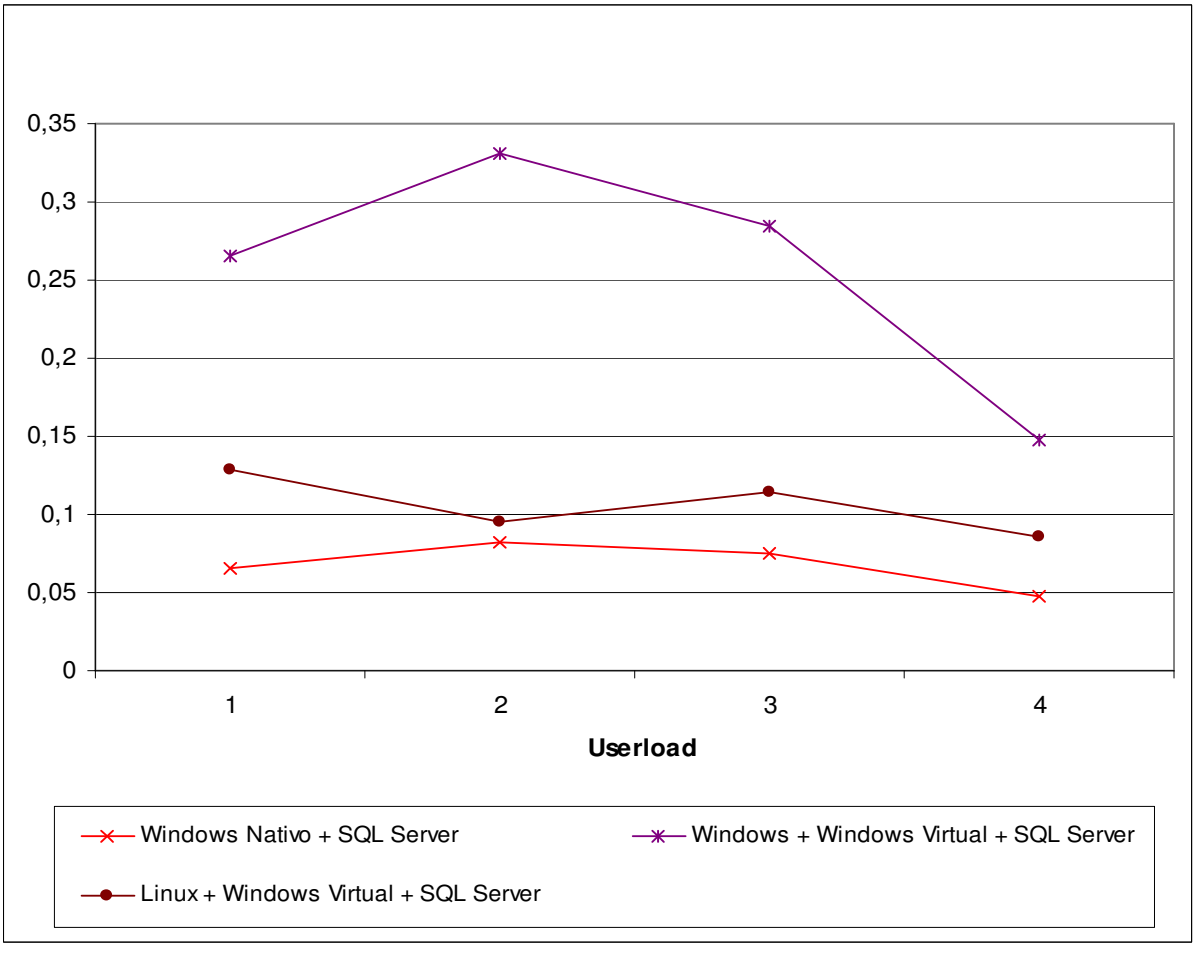


Figura 4.9: Gráfico Tempo de Resposta, SQL *Server*,*Workload* 35

4.4.2 SQL *Server*:*Workload* 50

O teste com SGBD SQL *Server* e *workload* 50 sugere, considerando a estrutura do *benchmark* TPC-C, a carga de trabalho de 50 armazéns e a movimentação de tabelas com até aproximadamente 15 milhões de linhas. Cada teste desta modalidade levou em média 35 minutos, foram realizados 13 testes dentre estes testes 6 foram válidos. As tabelas abaixo demonstram o resumo dos resultados válidos obtidos.

Tabela 4.10: *Workload* 50 - Ambiente Nativo - S.O. Windows – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	21,63	4206	0,072	0,005	0,334
5	0,24	92,04	16376	0,048	0,001	0,639
10	0,52	193,71	36140	0,043	0,002	2,114
25	1,29	468,09	84405	0,118	0	4,682
50	2,55	933,82	167576	0,086	0	4,094

Tabela 4.11: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Windows – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,06	22,39	4477	0,152	0,009	0,749
5	0,24	90,51	16376	0,359	0,006	3,757
10	0,52	190,33	34681	0,373	0,005	4,705
25	1,29	465,3	85004	0,272	0,002	5,11
50	2,51	928,65	167783	0,426	0,003	8,219

Tabela 4.12: *Workload* 50 - Ambiente Virtual - S.O. Linux – SQL *Server*

Userload	TPS	BPS	*Bytes*	Avg Response Time	Min Response Time	Max Response Time
1	0,05	23,2	4515	0,092	0,009	0,182
5	0,24	105,47	18945	0,155	0,012	2,476
10	0,52	228,71	41366	0,096	0,008	1,406
25	1,31	591,49	105017	0,105	0,007	1,216
50	2,56	1137,56	203748	0,087	0,002	1,038

As figuras 4.7, 4.8 e 4.9 apresentam respectivamente os resultados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com o banco de dados SGBD SQL *Server* e *workload* 50.

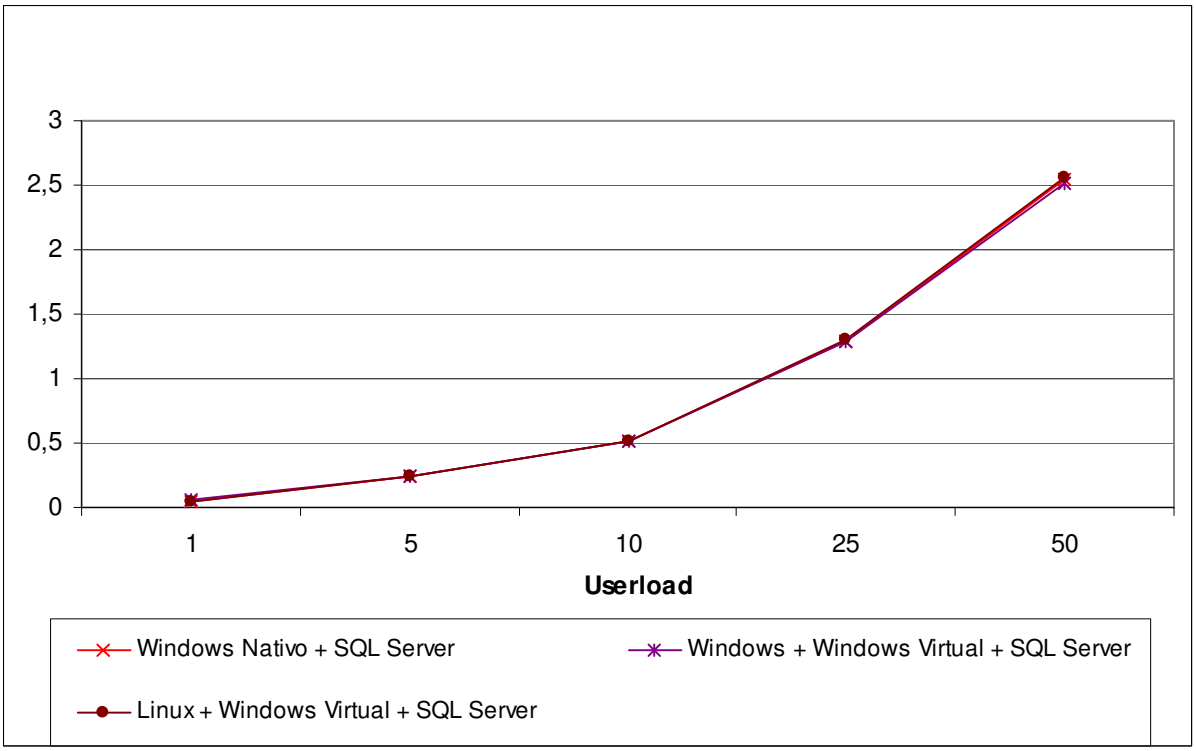


Figura 4.10: Gráfico TPS (Transações por Segundo) SQL *Server Workload* 50

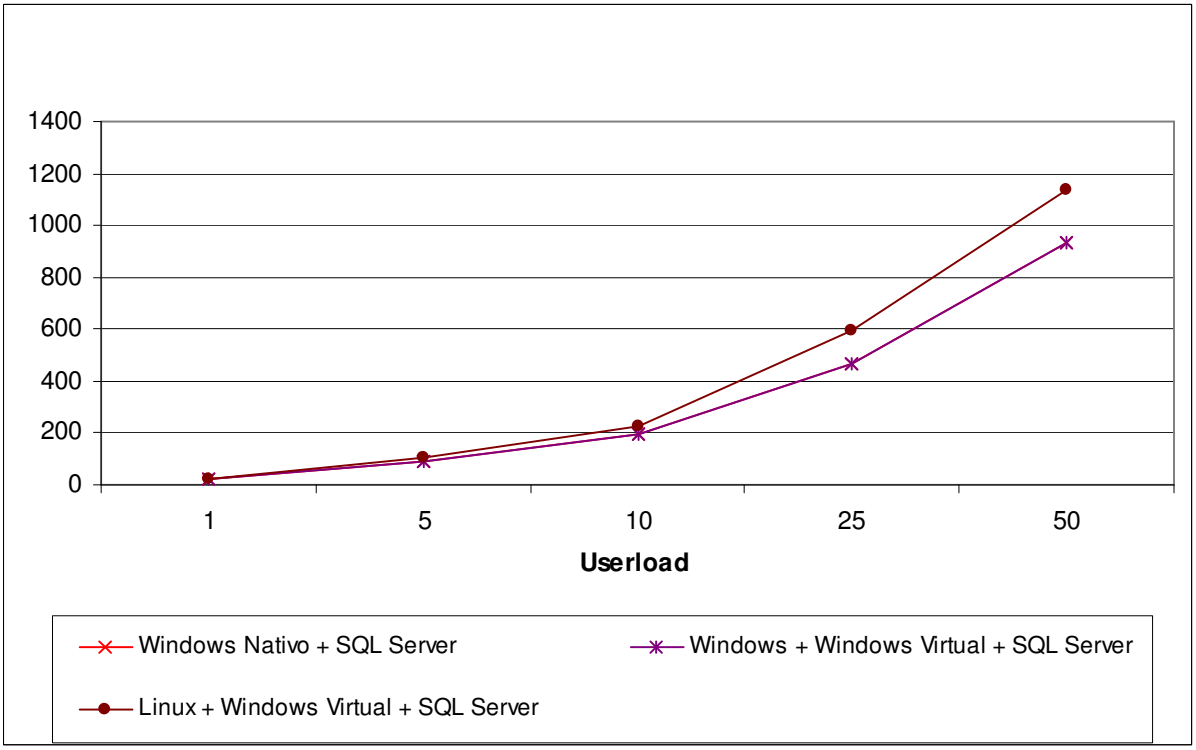


Figura 4.11: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), SQL *Server*, *Workload* 50

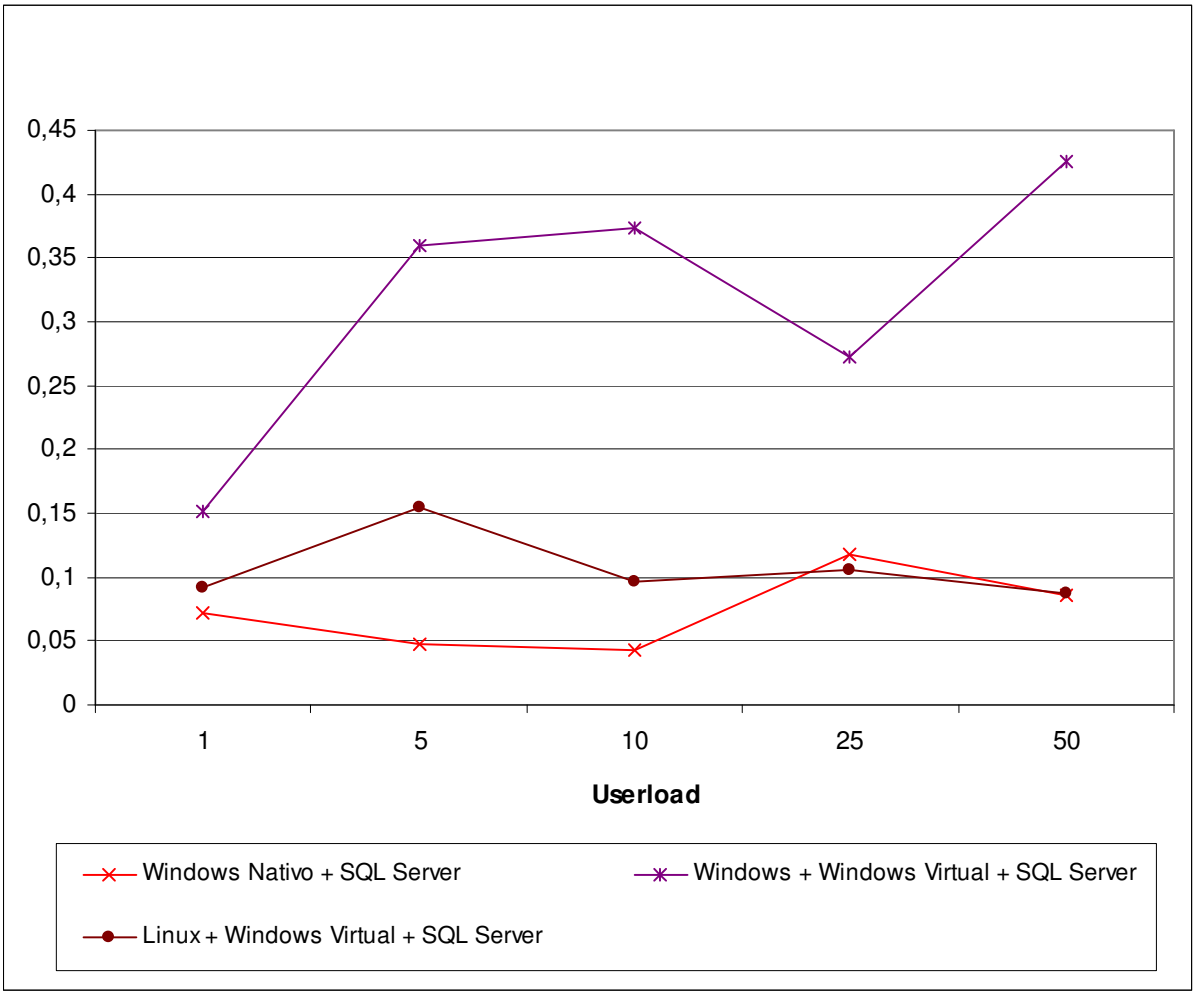


Figura 4.12: Gráfico Tempo de Resposta, SQL *Server*,*Workload* 50

4.4.3 Análise dos Resultados Obtidos com SGBD SQL *Server*

Os gráficos apresentados nas seções 4.4.1 e 4.4.2 demonstram a comparação entre os resultados obtidos nos testes com o SGBD SQL *Server*. Nos dois tipos de carga testados obtiveram-se resultados proporcionalmente semelhantes. Pode-se notar que no critério TPS (Transações por Segundo) todas as variações apresentaram resultados semelhantes sendo quase imperceptíveis as diferenças.

Já no critério BPS (*Bytes* por Segundo) pode-se perceber variações nas duas cargas de trabalho. Com a carga de trabalho *workload* 35 o melhor resultado obtido no critério Tempo de Resposta foi com o SGBD SQL *Server* sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo. O desempenho apresentado foi em média 7% melhor que o resultado obtido com a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux e a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows

Ao analisar o gráfico de Tempo de Resposta, pode-se perceber uma diferença de desempenho bastante significativa entre as variações testadas. O melhor resultado obtido no critério Tempo de Resposta foi com o SGBD SQL *Server* sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo. O desempenho apresentado foi em média 56% melhor que o resultado obtido com a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux e em média 279% melhor que o resultado obtido com a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows.

Pode-se, também, perceber que, nos resultados obtidos com o SGBD SQL Server, a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux foi aproximadamente 169% superior a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux que, por sua vez, apresentou resultados aproximadamente 51% inferiores ao sistema operacional Windows em modo nativo.

5 ANÁLISE

Este capítulo apresenta os resultados obtidos de maneira consolidada e também apresenta a análise dos resultados obtidos durante os testes. Para a obtenção dos dados apresentados foram realizados 67 testes com duração média de 30 minutos e foram gastos em média 60 minutos para a preparação de cada ambiente proposto, sendo que deste total foram utilizados 24 testes válidos para a apresentação dos resultados.

5.1 Resultados Consolidados: *Workload* 35

As figuras 5.1, 5.2 e 5.3 apresentam respectivamente os resultados consolidados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com *workload* 35.

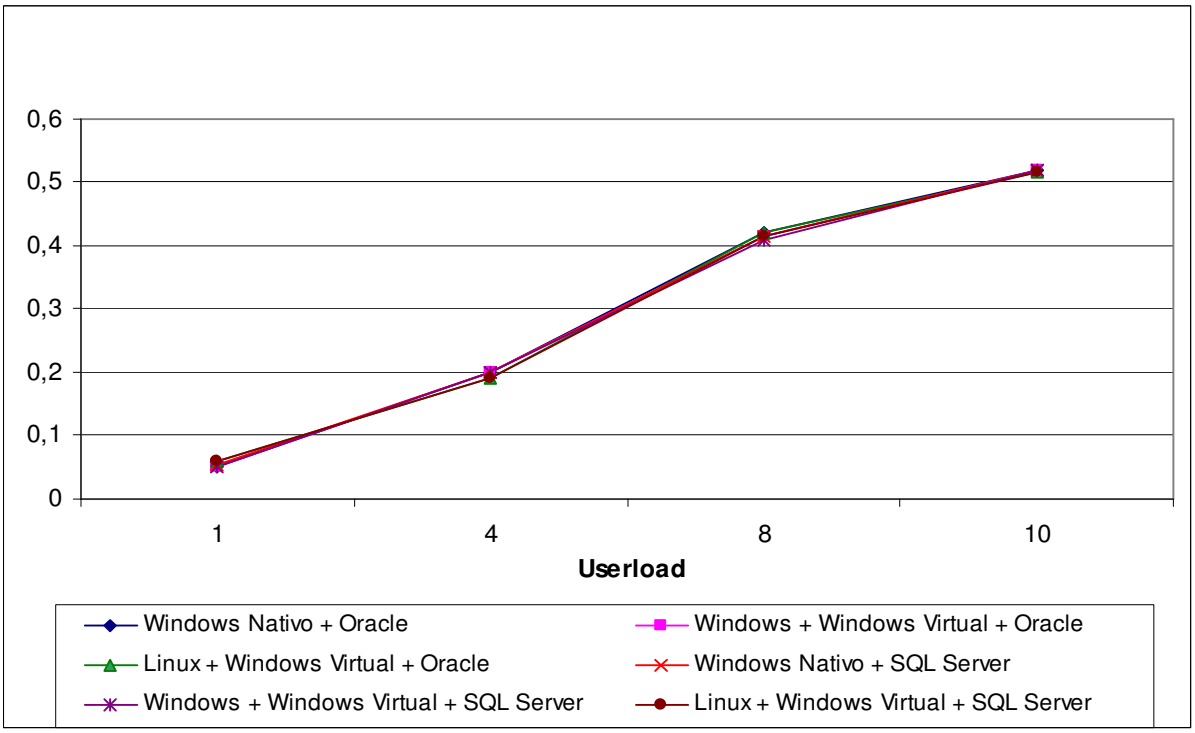


Figura 5.1: Gráfico TPS (Transações por Segundo) *Workload* 35

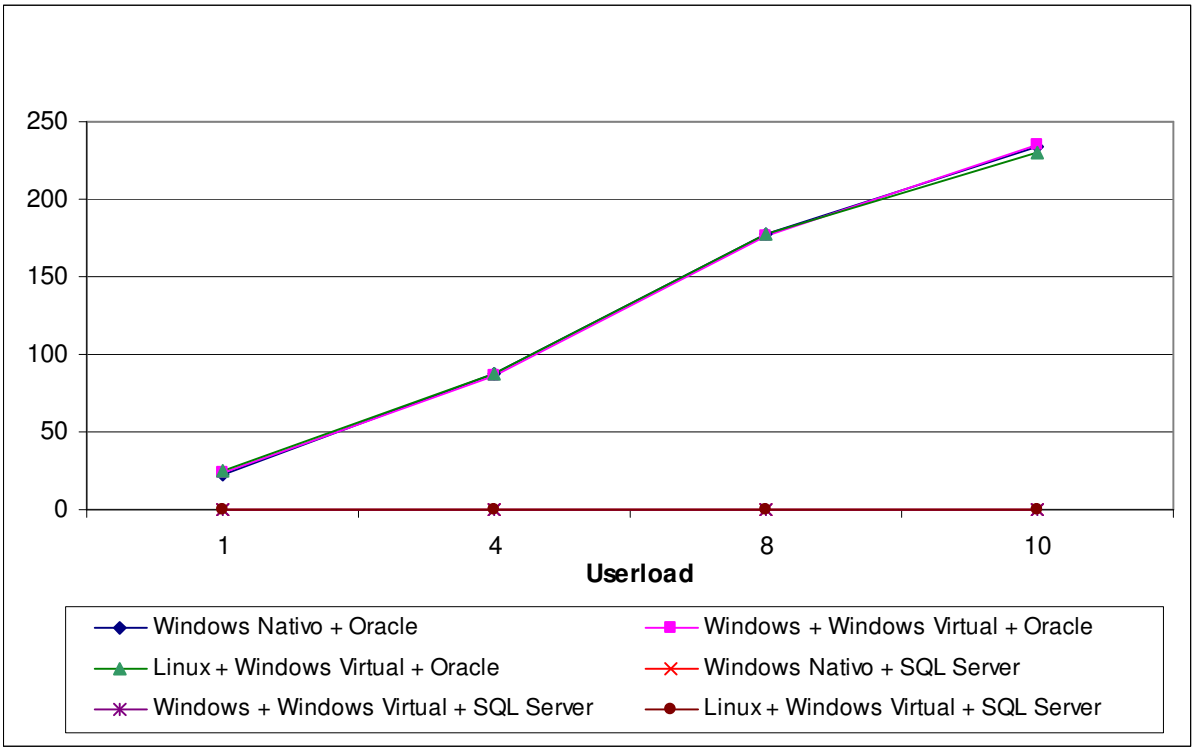


Figura 5.2: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), *Workload* 50

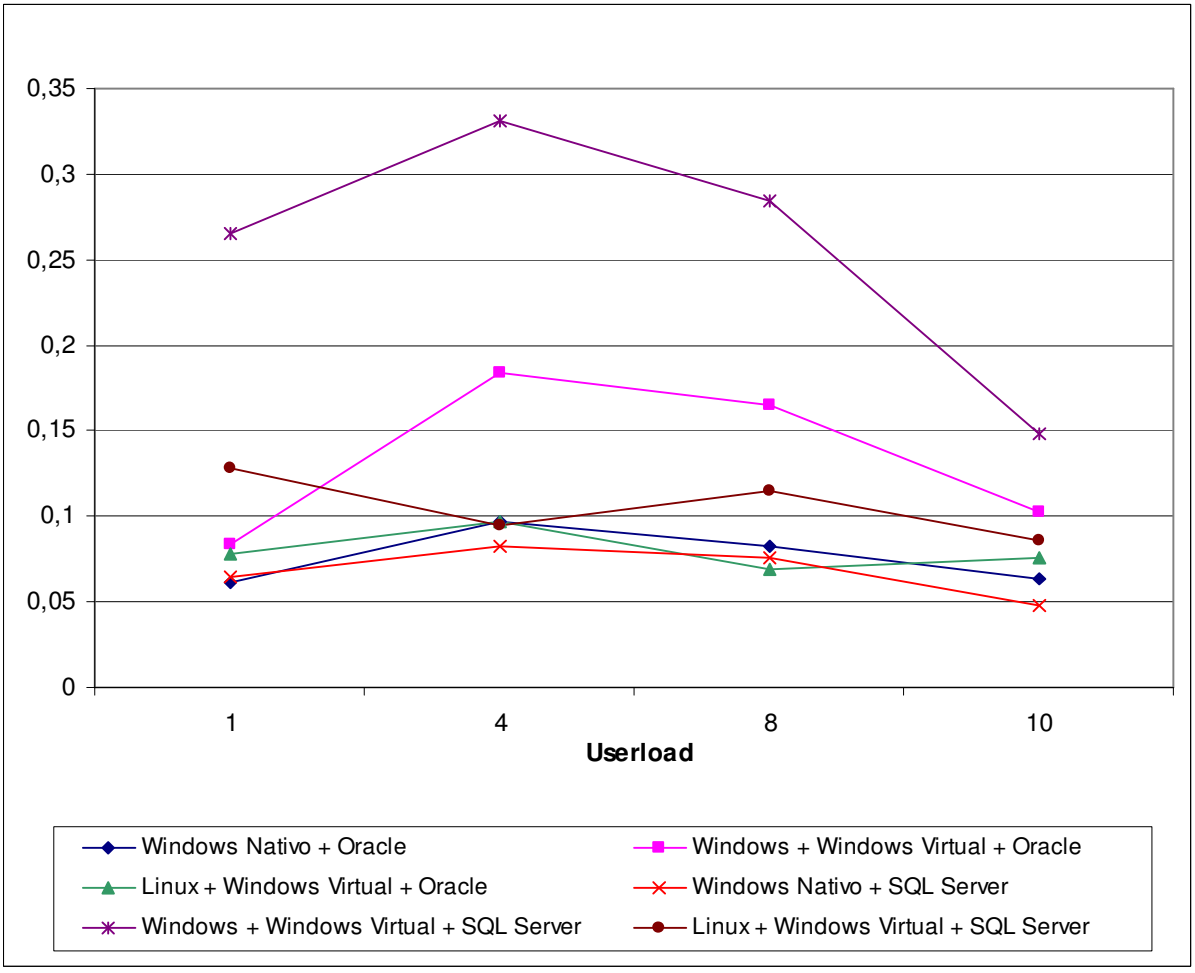


Figura 5.3: Gráfico Tempo de Resposta, *Workload* 35

5.2 Resultados Consolidados: *Workload* 50

As figuras 5.4, 5.5 e 5.6 apresentam respectivamente os resultados consolidados de BPS (*Bytes* por Segundo), TPS (Transações por Segundo) e tempo de resposta obtidos com *workload* 50.

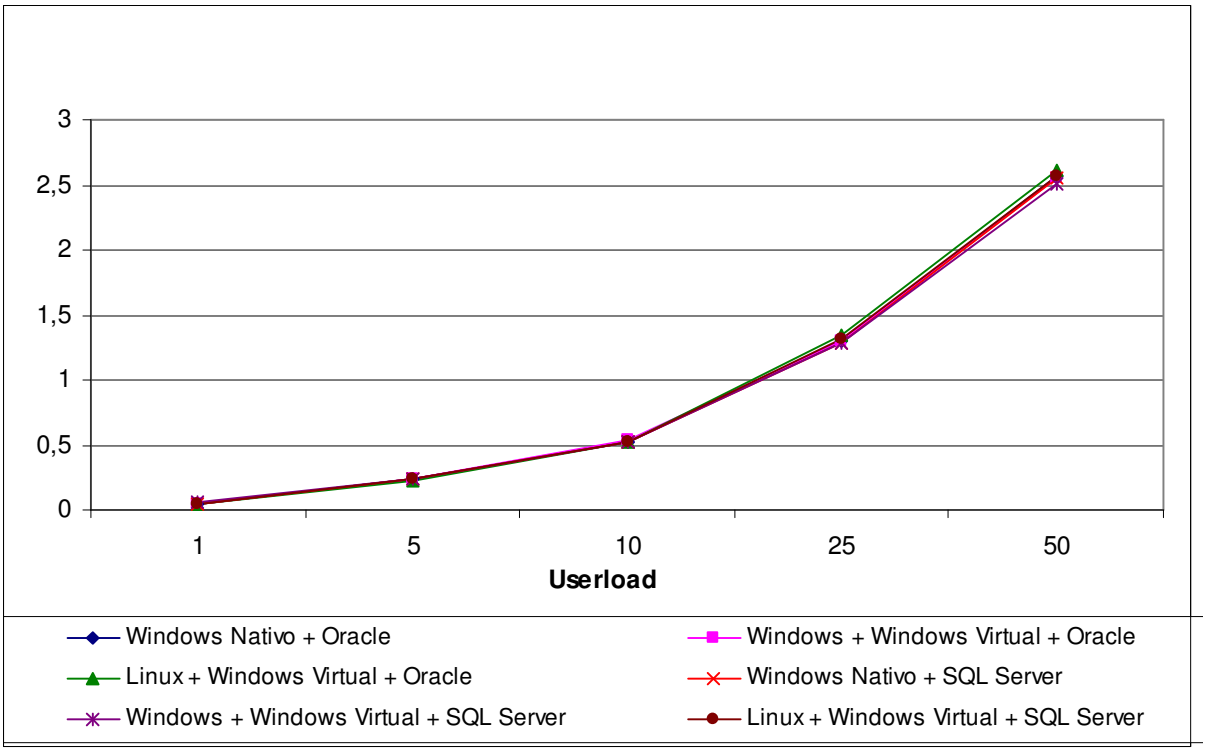


Figura 5.4: Gráfico TPS (Transações por Segundo) *Workload* 50

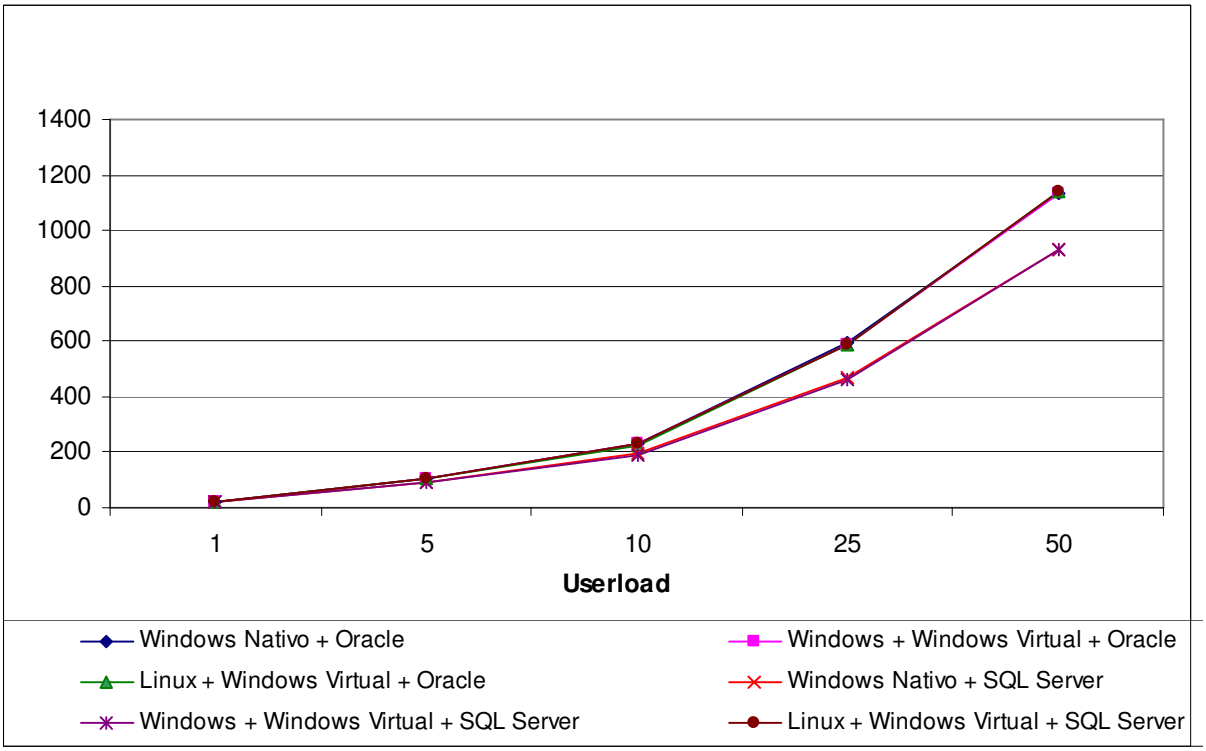


Figura 5.5: Gráfico BPS (*Bytes* por Segundo), *Workload* 50

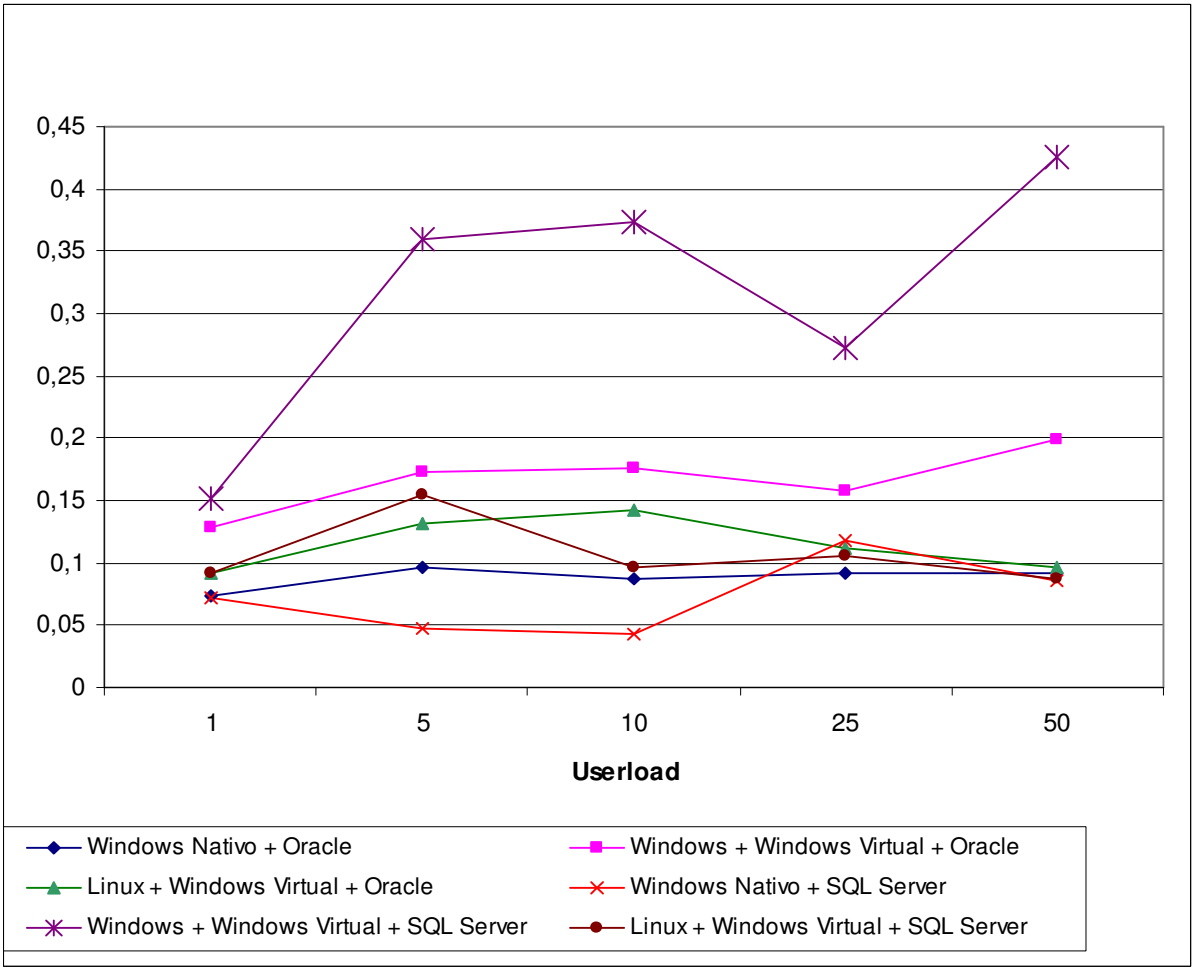


Figura 5.6: Gráfico Tempo de Resposta, *Workload* 50

5.3 Análise dos Resultados Consolidados

Os gráficos apresentados nas seções 5.1 e 5.2 demonstram a comparação entre os resultados obtidos de forma consolidada. Nos dois tipos de carga testados foram obtidos resultados proporcionalmente semelhantes. Pode-se notar que no critério TPS (Transações por Segundo) todas as variações apresentaram resultados semelhantes sendo quase imperceptíveis as diferenças.

Já no critério BPS (*Bytes* por Segundo) pode-se perceber variações nas duas cargas de trabalho. Com a carga de trabalho *workload* 35 os resultados obtidos com o SGBD Oracle apresentaram desempenho em média 7% melhor que o SGBD SQL *Server* sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo e em média 14% melhor que o resultado obtido com o SGBD SQL *Server* virtualizado nos sistemas operacionais Windows e Linux. Com a carga de trabalho *workload* 50 os resultados obtidos com SGBD Oracle sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo e com os SGBDs SQL *Server* e Oracle executados no Sistema Operacional Windows virtualizado em um servidor Linux foram em média 18% melhores que SGBD SQL *Server* sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo e que o SGBD SQL *Server* com virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows.

Ao analisar o gráfico de Tempo de Resposta, que de todos é o critério mais perceptível para o usuário final e por conseqüência influencia mais o desempenho dos SGBDs, pode-se perceber uma diferença de desempenho bastante significativa entre as variações testadas. O melhor resultado obtido no critério Tempo de Resposta foi com o SGBD SQL *Server* executados no sistema operacional Windows em modo nativo. O desempenho apresentado foi em média 16% melhor que o resultado obtido com SGBD Oracle sendo executado no sistema operacional Windows em modo nativo, em média 38% melhor que SGBD Oracle com virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux, em média 50% melhor que SGBD SQL *Server* com virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Linux, 113% melhor que SGBD Oracle com a virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows e 306 % melhor que o SGBD SQL *Server* com virtualização do sistema operacional Windows em um servidor Windows.

CONCLUSÃO

O volume de dados processado pelas empresas aumenta a cada dia. Para suportar essa demanda são necessários processos cada vez mais robustos e ferramentas cada vez mais eficientes. As áreas que necessitam de mais atenção para acompanhar essas demandas são bancos de dados, servidores e rede.

Os bancos de dados têm adquirido uma importância cada vez maior, pois armazenam dados críticos para o sucesso das empresas. A utilização de SGBDs no ambiente corporativo tem crescido consideravelmente com o passar dos anos, pois proporcionam maior segurança e eficiência no armazenamento e tratamento dos dados da empresa.

Este estudo apresenta uma proposta de análise sobre a utilização SGBDs em servidores virtuais como forma de melhor aproveitamento da capacidade de TI nas empresas. Através dos testes de desempenho de SGBDs de diferentes volumes virtualizados em diferentes plataformas é possível identificar quais os cenários propícios para a utilização de servidores virtualizados.

Este trabalho abrangeu a pesquisa e desenvolvimento dos conceitos de bancos de dados, *benchmark* de banco de dados, virtualização e sistemas operacionais bem como apresentou os testes de desempenho SGBDs de diferentes volumes virtualizados em diferentes plataformas. Os resultados obtidos com este estudo demonstram que o desempenho dos dois SGBDs testados foi semelhante com uma leve vantagem para o SQL *Server* no ambiente nativo, o que não se repete no ambiente virtual onde o SGBD Oracle obteve um desempenho médio relativamente superior ao SQL *Server*.

De acordo com os resultados obtidos a maior diferença de desempenho entre SGBDs executados em modo nativo e SGBDs executados de modo virtualizado está no tempo de resposta. Outro fator que se deve considerar é a possibilidade de criação de máquinas virtuais

com no máximo 3,6 Gb de memória na versão testada e de 8 Gb na última versão lançada pelo fabricante. Portanto a utilização de SBGDs em servidores virtualizados apresenta-se viável para empresas que possuem aplicações as quais não possuem o tempo de resposta e quantidade de memória como critérios de grande relevância.

Outra alternativa às empresas apresentadas neste trabalho foi a possibilidade da utilização, através da virtualização do SGBD SQL *Server* em servidores com o sistema operacional Linux.

Como sugestão para trabalhos futuros fica a possibilidade de desenvolver ou avaliar uma ferramenta de *benchmark* de banco de dados para que seja possível executar o *benchmark* TPC-C em plataforma Windows e Linux para efetuar uma avaliação de desempenho entre as diferentes plataformas e também realizar a comparação com os resultados obtidos neste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COMPUTERWORLD. Ed 354, São Paulo, SP: Now Digital *Business* Ltda, 2001.

DATE, C. J. **Introdução a sistemas de bancos de dados**. 4. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1990.674 p.

ELMASRI, Ramez; NAVATHE, Shamkant B. **Sistemas de banco de dados**. 4. ed. São Paulo, SP: Pearson Addison Wesley, 2005. 724 p.

KORTH, Henry F.; SILBERSCHATZ, Abraham. **Sistema de bancos de dados**. 2. ed., rev. São Paulo, SP: Makron Books, McGraw-Hill, 1995. 754 p.

KRIS Buytaert; ROGIER Dittner; JUAN Garcia et al. **The best damn *Server* virtualization book period: Everything you need to know about virtualization and leading virtual machine products**, Burlington: Editora Syngress Publishing Inc, p.1 – 931, 2007.

LIANOS Diego R**. TPCC-UVa: A free, open-source implementation of the TPC-C Benchmark** Disponível em: <http://www.infor.uva.es/~diego/tpcc-uva.html> Acesso em 18 de Novembro de 2008.

LONEY, Kevin; THERIAULT, Marlene. **Oracle 9i: o manual do DBA**. [1. ed.] Rio de Janeiro: Campus, 2002. 972 p

MENDES, M.R.N. UFPE. Pernambuco, 2006. Disponível em: <http://www .cin.ufpe.br/~tg/2006-1/mrnm.pdf> Acesso em 21 de Agosto de 2008

Microsoft Corporation, Redmond, Washington, Estados Unidos, Microsoft SQL *Server*, Disponível em <http://www.microsoft.com/brasil/servidores/sql/*Edition*s/default.mspx> Acesso em 06 de Junho de 2008

ORACLE CORPORATION. Oracle *Database* 10g, **Orion, Oracle I/O Numbers Calibration Tool**, Redwood Shores, CA , Estados Unidos: Oracle Corporation, 2005, 17 p. Disponível em: <http://download-llnw.oracle.com/otn/utilities_drivers/orion/Orion_Users_Guide.pdf> Acesso em 18 de Novembro 2008.

PETKOVIC, Dusan.**SQL *Server* 2000**: **guia prático**. São Paulo, SP: Makron Books, c2002. 555 p.

PRODANOV, Cleber. **Manual de Metodologia Científica.** 3ª ed. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2006. 79p.

SCALZO Bert, KLINE Kevin, FERNANDEZ Claudia, BURLESON Donald K., AULT Mike (2007), ***Database Benchmarking Practical Methods for Oracle & SQL Server***. Kittrell, Carolina do Norte, Estados Unidos 200 p.

SILBERSCHATZ, Abraham; GALVIN, Peter B.; GAGNE, Greg. **Sistemas operacionais: conceitos e aplicações**. Rio de Janeiro: Campus, 2001. 585 p.

SMITH, Gordon C; ORACLE CORPORATION. Oracle *Database* 10g **Release 2: A Revolution in Database Technology.** Redwood Shores, CA , Estados Unidos: Oracle Corporation, 2005, 17 p. Disponível em: <http://www.oracle.com/technology/products/*Database*/oracle10g/pdf/BWP_Overview_10gR2_060205.pdf> Acesso em 08 de Abril de 2008.

TANENBAUM, Andrew S.; WOODHULL, Albert S. **Sistemas Operacionais: Projeto e Implementação**. 2. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2000. 759 p.

TPC. Transaction Processing Performance Council, **TPC *Benchmark* C, *Standard* Specification, Revision 5.9**. Disponível em: <http://www.tpc.org/> Acesso em 28 de Outubro de 2008

VMWARE INC. **Virtualization Overview**. Palo Alto, CA, Estados Unidos: Vmware Inc, [s.d.], 11 p. Disponível em: <http://www.vmware.com/files/elqNow/elqRedir.htm?ref=http://www.vmware.com/pdf/virtualization.pdf>, Acesso em 16 de Março de 2008.

ANEXOS

Anexo 1: tabela Warehouse (Armazéns)

Field Name	Field Definition	Comments
W_ID	2*W unique IDs	*W Warehouses are populated*
W_NAME	variable text, size 10	
W_STREET_1	variable text, size 20	
W_STREET_2	variable text, size 20	
W_CITY	variable text, size 20	
W_STATE	fixed text, size 2	
W_ZIP	fixed text, size 9	
W_TAX	signed numeric(4,4)	*Sales tax*
W_YTD	signed numeric(12,2)	*Year to date balance*
Primary Key: W_ID		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 2: tabela District (Municípios)

Field Name	Field Definition	Comments
D_ID	20 unique IDs	*10 are populated per warehouse*
D_W_ID	2*W unique IDs	
D_NAME	variable text, size 10	
D_STREET_1	variable text, size 20	
D_STREET_2	variable text, size 20	
D_CITY	variable text, size 20	
D_STATE	fixed text, size 2	
D_ZIP	fixed text, size 9	
D_TAX	signed numeric(4,4)	*Sales tax*
D_YTD	signed numeric(12,2)	*Year to date balance*
D_NEXT_O_ID	10,000,000 unique IDs	*Next available Order number*
Primary Key: (D_W_ID, D_ID) D_W_ID Foreign Key, references W_ID		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 3: tabela Customers (Clientes)

Field Name	Field Definition	Comments
C_ID	96,000 unique IDs	*3,000 are populated per district*
C_D_ID	20 unique IDs	
C_W_ID	2*W unique IDs	
C_FIRST	variable text, size 16	
C_MIDDLE	fixed text, size 2	
C_LAST	variable text, size 16	
C_STREET_1	variable text, size 20	
C_STREET_2	variable text, size 20	
C_CITY	variable text, size 20	
C_STATE	fixed text, size 2	
C_ZIP	fixed text, size 9	
C_PHONE	fixed text, size 16	
C_SINCE	date and time	
C_CREDIT	fixed text, size 2	*"GC"=good, "BC"=bad*
C_CREDIT_LIM	signed numeric(12, 2)	
C_DISCOUNT	signed numeric(4, 4)	
C_BALANCE	signed numeric(12, 2)	
C_YTD_PAYMENT	signed numeric(12, 2)	
C_PAYMENT_CNT	numeric(4)	
C_DELIVERY_CNT	numeric(4)	
C_DATA	variable text, size 500	*Miscellaneous information*
Primary Key: (C_W_ID, C_D_ID, C_ID) (C_W_ID, C_D_ID) Foreign Key, references (D_W_ID, D_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 4: tabela History (Histórico)

Field Name	Field Definition	Comments
H_C_ID	96,000 unique IDs	
H_C_D_ID	20 unique IDs	
H_C_W_ID	2*W unique IDs	
H_D_ID	20 unique IDs	
H_W_ID	2*W unique IDs	
H_DATE	date and time	
H_AMOUNT	signed numeric(6, 2)	
H_DATA	variable text, size 24	*Miscellaneous information*
Primary Key: none (H_C_W_ID, H_C_D_ID, H_C_ID) Foreign Key, references (C_W_ID, C_D_ID, C_ID) (H_W_ID, H_D_ID) Foreign Key, references (D_W_ID, D_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 5: tabela New Order(Novo Pedido)

Field Name	Field Definition	Comments
NO_O_ID	10,000,000 unique IDs	
NO_D_ID	20 unique IDs	
NO_W_ID	2*W unique IDs	
Primary Key: (NO_W_ID, NO_D_ID, NO_O_ID) (NO_W_ID, NO_D_ID, NO_O_ID) Foreign Key, references (O_W_ID, O_D_ID, O_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 6: tabela Order (Pedido)

Field Name	Field Definition	Comments
O_ID	10,000,000 unique IDs	
O_D_ID	20 unique IDs	
O_W_ID	2*W unique IDs	
O_C_ID	96,000 unique IDs	
O_ENTRY_D	date and time	
O_CARRIER_ID	10 unique IDs, or null	
O_OL_CNT	numeric(2)	*Count of Order-Lines*
O_ALL_LOCAL	numeric(1)	
Primary Key: (O_W_ID, O_D_ID, O_ID) (O_W_ID, O_D_ID, O_C_ID) Foreign Key, references (C_W_ID, C_D_ID, C_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 7: tabela Order-Line (Itens do Pedido)

Field Name	Field Definition	Comments
OL_O_ID	10,000,000 unique IDs	
OL_D_ID	20 unique IDs	
OL_W_ID	2*W unique IDs	
OL_NUMBER	15 unique IDs	
OL_I_ID	200,000 unique IDs	
OL_SUPPLY_W_ID	2*W unique IDs	
OL_DELIVERY_D	date and time, or null	
OL_QUANTITY	numeric(2)	
OL_AMOUNT	signed numeric(6, 2)	
OL_DIST_INFO	fixed text, size 24	
Primary Key: (OL_W_ID, OL_D_ID, OL_O_ID, OL_NUMBER) (OL_W_ID, OL_D_ID, OL_O_ID) Foreign Key, references (O_W_ID, O_D_ID, O_ID) (OL_SUPPLY_W_ID, OL_I_ID) Foreign Key, references (S_W_ID, S_I_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 8: tabela Item (Item)

Field Name	Field Definition	Comments
I_ID	200,000 unique IDs	*100,000 items are populated*
I_IM_ID	200,000 unique IDs	*Image ID associated to Item*
I_NAME	variable text, size 24	
I_PRICE	numeric(5, 2)	
I_DATA	variable text, size 50	*Brand information*
Primary Key: I_ID		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)

Anexo 9: tabela *Stock* (Estoque)

Field Name	Field Definition	Comments
S_I_ID	200,000 unique IDs	100,000 populated per warehouse
S_W_ID	2*W unique IDs	
S_QUANTITY	signed numeric(4)	
S_DIST_01	fixed text, size 24	
S_DIST_02	fixed text, size 24	
S_DIST_03	fixed text, size 24	
S_DIST_04	fixed text, size 24	
S_DIST_05	fixed text, size 24	
S_DIST_06	fixed text, size 24	
S_DIST_07	fixed text, size 24	
S_DIST_08	fixed text, size 24	
S_DIST_09	fixed text, size 24	
S_DIST_10	fixed text, size 24	
S_YTD	numeric(8)	
S_ORDER_CNT	numeric(4)	
S_REMOTE_CNT	numeric(4)	
S_DATA	variable text, size 50	Make information
Primary Key: (S_W_ID, S_I_ID)		

Fonte: WWW.TPC.ORG. (*Standard specification Revision* 5.9)