

Comparativo de Desempenho em Banco de Dados Utilizando Dispositivo de Armazenamento Formatado e Não Formatado

Alberto Mitsuo Hirata, Jorge Paulo da Silva, Gustavo Cesar Bruschi

Faculdade de Tecnologia de Bauru (FATEC)

Rua Manoel Bento da Cruz, 3-30 – 17015-171 – Bauru – SP – Brazil

{alberto.hirata,jorge.silva45,gustavo.bruschi}@fatec.sp.gov.br

Abstract: The database management system (DBMS) has a wide range of requirements that need to be met for it to play its part as planned. Data model requirements based on the nature of the application and the definition of the appropriate hardware for that application are examples of issues considered in the provisioning step of the database. Thus, in relation to the management of the data storage devices one can choose the file system or, in the case of Oracle Database, Automatic Storage Management. Therefore, a comparison between these two technologies was performed observing the performance gain that ASM can bring in relation to the file system.

Resumo: O sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) possui uma ampla série de requisitos que precisam ser atendidos para que desempenhe seu papel conforme planejado. Requisitos de modelo de dados com base na natureza da aplicação e a definição do hardware adequado para essa aplicação são exemplos de questões consideradas na etapa de provisionamento do banco de dados. Assim, com relação ao gerenciamento dos dispositivos de armazenamento de dados pode-se optar pelo sistema de arquivos ou, no caso do Oracle Database, pelo ASM - Automatic Storage Management. Por isso, um comparativo entre essas duas tecnologias foi realizado observando o ganho de desempenho que o ASM pode trazer em relação ao sistema de arquivos.

1. Introdução

Para que os dados armazenados em sistemas de informação estejam disponíveis e sejam confiáveis e íntegros, necessitam de uma infraestrutura que atenda tais demandas. O Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) é um dos componentes que atua na base que suporta tais sistemas, e agrega também o controle de acesso a esses dados e a sua segurança.

Além disso, a disponibilidade dos dados depende do ambiente onde o SGBD está hospedado. Processador, memória e dispositivos de armazenamento são alguns dos componentes de hardware que influenciam no adequado funcionamento das aplicações, as quais o SGBD suporta, e do próprio SGBD. Podemos destacar os dispositivos de armazenamento como essencial para a disponibilidade, já que é onde, efetivamente, os dados serão mantidos.

Assim, o adequado dimensionamento, com relação a capacidade e a velocidade, desses dispositivos é um dos fatores que determinam o funcionamento esperado das aplicações que lidam com volumes de dados crescentes e exigem, cada vez mais, velocidade na produção de informações úteis através dos dados coletados, processados e armazenados por essas aplicações.

Embora o acesso direto aos dispositivos de armazenamento possa ser utilizado desde que se tenha um conhecimento mais aprofundado do gerenciamento desses dispositivos, o ganho de desempenho pode justificar essa exigência. Além de ser um recurso independente do dispositivo de armazenamento sendo a escolha facultada ao responsável pelo gerenciamento do SGBD.

Com isso, o objetivo deste estudo foi analisar o impacto no desempenho do SGBD utilizando o acesso direto ao dispositivo de armazenamento convencional, não formatado, comparando com o acesso através do sistema de arquivos, formatado e gerenciado pelo sistema operacional. Para isso foi utilizado o Oracle Automatic Storage Management (ASM), que é a ferramenta desenvolvida pela Oracle capaz de gerenciar dispositivos não formatados. Desta forma, através de testes de benchmark foi possível realizar a comparação permitindo constatar o quanto um SGBD utilizando dispositivos não formatados pode ter melhor desempenho comparado a dispositivos formatados.

Resumidamente, o restante do trabalho trata sobre o Desempenho de Banco de Dados na seção 2, o Sistema de Arquivos e seus tipos na seção 3, os Dispositivos Não Formatados na seção 4, o Automatic Storage Management na seção 5 e o Benchmarking juntamente com TPC-C na seção 6, que foram os fundamentos sobre o qual os experimentos se basearam. Na sequência Materiais e Métodos na seção 7, que trata dos passos seguidos nos experimentos, Resultados Obtidos na seção 8, onde se discute os resultados obtidos e, por fim, a seção 9 com a Conclusão do trabalho.

2. Desempenho em Banco de Dados

Os sistemas de banco de dados são responsáveis, segundo Silberschatz, Korth e Sudarshan (2012), pelo gerenciamento de uma grande quantidade de informações, e faz parte desse gerenciamento a determinação das estruturas de armazenamento e os meios pelos quais as informações serão manipuladas, garantindo sua segurança diante de falhas no sistema e acessos não permitidos. Ainda de acordo com os autores, uma ampla gama de aplicações faz uso dos sistemas de banco de dados como a financeira, de telecomunicação e educacional.

A IBM (2018) descreve as inovações que surgiram com base nos estudos de Edgar Codd que transformaram o modo como as informações eram gerenciadas, até então uma mudança no tipo de dado exigia uma grande reestruturação do código de consulta sobre aquele dado, e apresenta o modelo matemático, o modelo relacional, que separa o gerenciamento dos dados e as aplicações que acessam esses dados, sendo esse acesso através de uma linguagem comum independente da implementação da estrutura de registros e arquivos.

Assim, conforme Codd (1970), a utilização de um modelo que abstrai a camada de arquivos, que passa a ser organizada, do ponto de vista do usuário, em linhas e colunas, formando as tabelas, e associadas através de um relacionamento entre estas

tabelas, que podem ser acessadas pela enunciação através de uma linguagem mais natural aos usuários, permite que o programador da aplicação se concentre no desenvolvimento e delegue a administração dos dados para o gerenciador de banco de dados.

Como o sistema de banco de dados, de acordo com Stonebraker e Çetintemel (2005), passa a gerenciar a camada física, em especial o armazenamento externo, a configuração adequada dos vários parâmetros que ajustam o comportamento do sistema de banco de dados deve ser feita, uma vez que o desempenho do sistema está diretamente relacionado a essas configurações. Segundo o mesmo autor a escolha entre os tipos de índice, por exemplo, para aplicações *Online Transactional Processing* (OLTP) e *Data Warehouse* (DW) apresentam desempenhos diferentes devido a especificidades de cada aplicação, índices b-tree são usados para aplicações OLTP e índices bit-map para aplicações DW, que realizam, respectivamente, mais escritas e mais leituras em disco.

Assim, o desempenho do banco de dados, segundo Thomasian (2000), depende diretamente de alguns aspectos como recursos de hardware disponíveis, do projeto do banco de dados e do otimizador de consulta, entre outros. Segundo o autor os recursos disponíveis podem ser mais bem explorados utilizando a distribuição uniforme dos dados entre os discos, por exemplo, além disso, o tempo de resposta média pode ser diminuído com a alocação de porções dos dados, alternadamente, nos discos.

3. Sistemas de Arquivos

Os arquivos são formas de abstrações criadas pelos sistemas operacionais, onde as informações são guardadas em unidades de armazenamento. Os sistemas operacionais são responsáveis por organizar os arquivos e seus diretórios no disco, a fim de facilitar sua localização posterior. Segundo Tanenbaum (1992), arquivos são coleções de registros ou dados relacionados, armazenados como uma unidade com um nome. Os sistemas de arquivos são estruturas hierárquicas de arquivos que permitem fácil acesso a arquivos de dados, guardados em unidades de discos, partições de discos ou volumes lógicos. Ainda segundo o autor, os arquivos são gerenciados pelos sistemas operacionais, definindo suas estruturas, nomes, acessos, tipos de proteção e como serão implementados.

De acordo com Deitel, H. M., Deitel, P. J. e Choffnes (2005), são os sistemas de arquivos que habilitam os usuários para ler, criar, modificar ou eliminar um arquivo. Ainda segundo os autores, os sistemas de arquivos permitem que os usuários possam compartilhar arquivos uns com os outros, fornecendo acessos para leitura, escrita, modificar, apagar ou a combinação destes. De acordo com os autores, os sistemas de arquivos devem mostrar independência dos dispositivos, permitindo aos usuários acessar os arquivos por meio de nomes simbólicos. Os nomes simbólicos permitem que os usuários tenham uma visão lógica dos arquivos, atribuindo nomes significativos em arquivos e operações com arquivos.

Para Deitel, H. M., Deitel, P. J. e Choffnes (2005), um sistema de arquivos fornece uma maneira de separar os dados da unidade em partes individuais. Também fornecem uma maneira de armazenar os dados sobre esses arquivos, como os nomes dos arquivos, permissões e outros atributos. O sistema de arquivos fornece também um

índice com uma lista dos arquivos na unidade armazenamento e onde estão localizados na unidade, permitindo que o sistema operacional possa localizar os arquivos com mais rapidez, sem ter que ficar vasculhando toda a unidade de armazenamento. A principal responsabilidade do sistema de arquivos, é gerenciar os arquivos, o armazenamento, garantir a integridade e os meios de acesso a esses arquivos.

De acordo com Tanenbaum (1992), pode haver diversas estruturas de sistemas de arquivos, no entanto existem três estruturas que são as mais comuns: Sequência desestruturada de bytes; registros sequências de tamanho fixo; estrutura árvore de registros. A Figura 1 exibe as três estruturas mais comum de sistema de arquivo.

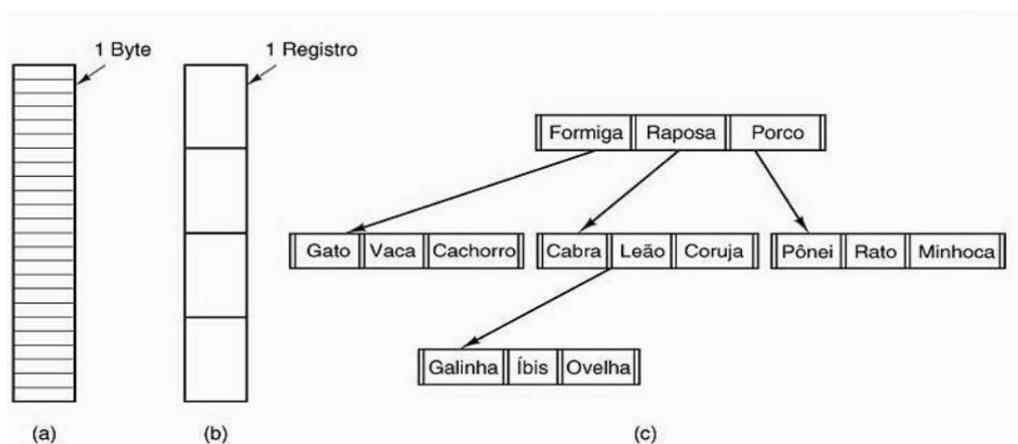


Figura 1. (a) Sequência de bytes. (b) Sequência de registros. (c) Árvore de registros. Adaptado de Tanenbaum (1992)

Além dos arquivos e diretórios, os sistemas de arquivos guardam um grande número de outros registros relacionados, que são chamados coletivamente de metadados. Para Deitel, H. M., Deitel, P. J. e Choffnes (2005), metadados é um conjunto de informações com o propósito de proteger a integridade do sistema de arquivos, e que para isso devem ser consistentes. Muitos sistemas de arquivos guardam os metadados em superblocos. De acordo com os autores, superblocos guardam informações críticas do sistema de arquivos, como tipo de sistema de arquivos, identificação do arquivo, criação e data de modificação, tamanho e layout. Para diminuir o risco de perder os dados, os sistemas de arquivos fazem cópias redundantes dos superblocos no dispositivo de armazenamento.

Segundo Cardozo, Faina e Magalhães (2002), os sistemas operacionais modernos por terem uma interface mais amigável, facilitam para o usuário o entendimento sobre o sistema de arquivo, permitindo que o usuário tenha uma visão mais clara de como o arquivo se apresenta, como são identificados, como são protegidos e de que forma podem ser acessados.

3.1 Tipos de Sistemas de Arquivos

Não há um único sistema de arquivo ideal para todos os usos, cada sistema operacional tende a usar seu próprio sistema de arquivo. Existem atualmente vários tipos de sistema de arquivo. De acordo com Hoffman (2016), cada sistema de arquivo tem sua forma de organizar os dados, alguns sistemas de arquivos, tem pouca capacidade de armazenamento, em quanto outros tem uma capacidade muito grande. Ainda conforme

o autor, alguns sistemas de arquivos são mais potentes e seguros contra a corrupção dos dados, enquanto outros abrem mão dessa segurança em troca de mais velocidade.

De acordo com Silva (2006), atualmente no sistema operacional Linux, a novidade são os sistemas de arquivos com “*Journaling*”. Esse recurso guarda toda operação que será feita no disco, caso aconteça alguma falha durante a gravação no disco, é possível voltar ao estado anterior do arquivo ou finalizar a operação. Conforme o autor, o sistema de arquivo *Third Extended File System* (Ext3), possui o recurso *journaling* é o mais usado pelo sistema operacional Linux.

A Tabela 1, traz um resumo do comparativo entre os tipos de sistemas de arquivos, como tamanho do volume, tamanho do arquivo e o recurso *journaling*.

Tabela 1. Comparativo dos tipos de sistemas de arquivos, adaptado de Gomes (2016), Jones (2009), Macêdo (2012) e Silva (2006)

Sistema de arquivo	Ext3	Ext4	Fat 32	NTFS	HFS+
S.O. de origem	Linux	Linux	Windows	Windows	MacOS
Tamanho máximo do volume	32 TB	1 EB	2 TB	~280 TB	16TB
Tamanho máximo do arquivo	2 TB	16 TB	4 GB	~256 TB	2GB
Tamanho máximo do nome do arquivo	254 bytes	256 bytes	256 caracteres	255 caracteres	255 caracteres
Journaling	Sim	Sim, apenas dos metadados	Não	Sim	Sim

Segundo Jones (2009), o sistema de arquivo *Fourth Extended File System* (Ext4), traz várias melhorias em relação ao ext3, desempenho, escalabilidade e confiabilidade. Sua implementação é baseada em conceitos de vários sistemas de arquivos, como o gerenciamento de blocos, recurso implementado tanto no XFS como no ZFS da Sun Microsystems. De acordo com o autor, a principal funcionalidade deste sistema de arquivo é a compatibilidade com os sistemas antigos como o ext3. Também suporta sistemas de arquivos de até 1 Exabyte (EB) e tamanho máximo de arquivo de até 16 Terabyte (TB).

Para Gomes (2016), o sistema de arquivo *File Allocation Table* (FAT) 32 bits, foi muito utilizado pela Microsoft Corporation em seus sistemas operacionais, porém ambos os sistemas, possui limitação de alocações e não tem recursos de segurança. Hoje em dia é muito utilizado em pen drives e cartões de memória, por serem compatíveis com praticamente todos os sistemas de arquivos existentes atualmente.

O sistema de arquivos *New Technology File System* (NTFS) atualmente utilizado pela Microsoft Corporation, segundo Macêdo (2012), traz em sua bagagem diversas vantagens em relação ao sistema FAT. A principal vantagem é a recuperação em caso de um desligamento repentino, por exemplo, o sistema consegue retornar ao estado anterior do problema, isso por que o sistema grava um arquivo de log que registra todas as ações do sistema. Outra vantagem de acordo com Macêdo (2012), é que o sistema NTFS é compatível com redundância, é capaz de fazer replicação dos dados, garantindo maior consistência.

Segundo Gomes (2016), o sistema de arquivos *Hierarchical File System Plus* (HFS+), sistema padrão da Apple, possui o recurso *journaled*, que aumenta a segurança e evita falhas de integridade no sistema, fazendo registros de todas as atividades. De acordo com o autor, as características principais desse sistema é que aceita nomes com até 255 caracteres e a possibilidade de trabalhar com arquivos de até 8 EB, para se ter uma ideia esse número é igual a 1 milhão de TB.

De acordo com Rodrigues (2017), *Journaling* é um log que grava no disco rígido as mudanças no sistema de arquivos. Todas as alterações primeiramente são gravadas como log no journal e só depois é gravada em disco. Este processo evita que os arquivos sejam corrompidos após queda de energia ou travamentos do sistema operacional. A Figura 2 exemplifica este processo do *Journaling*.

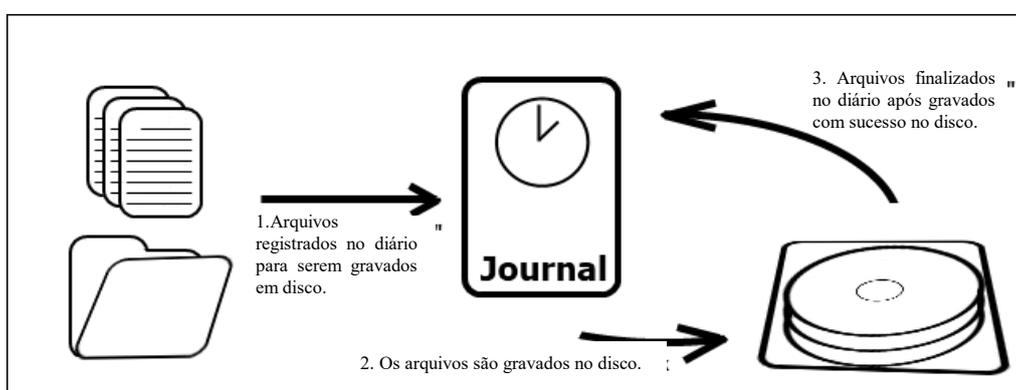


Figura 2. Processo simples de um sistema de arquivos com o recurso *journaling*. Adaptado de Rodrigues (2017)

4. Dispositivos Não Formatados

Os dispositivos brutos, também conhecidos como partições brutas, são partições de discos que não estão formatadas. De acordo com Burleson (2018), o gerenciamento e a administração dos dispositivos brutos não são fáceis, porém, sua utilização fornece estrutura de armazenamento compartilhado de alto desempenho.

Segundo o autor, por não passar pelo buffer e nem pelo bloqueio de ordem de gravação do sistema operacional, as chamadas de entrada e saída (E/S) são realizadas pelo driver do dispositivo, que obedece a rigorosos requisitos impostos pelo driver de dispositivos, como alinhamento, tamanho de E/S e desvios de arquivos. As principais vantagens dos dispositivos brutos são: Não estão limitados aos bloqueios do sistema operacional; os buffers e caches de memórias do sistema operacional não são utilizados, melhorando o desempenho e reduzindo o consumo de memória; os sistemas podem ser facilmente compartilhados.

No entanto, conforme o autor, por se tratar de uma partição bruta sua alocação é a unidade inteira. Uma partição bruta não é o mesmo que um sistema de arquivos, onde se podem criar vários arquivos, não se pode usar uma partição bruta para vários tablespaces em um banco de dados. As partições brutas não podem ser estendidas, devendo ser criadas com tamanhos específicos, caso seja preciso de mais espaço, é necessário criar mais partições brutas. Outras desvantagens dos dispositivos brutos são: Não podem ser usadas para gravar arquivos de logs; não se pode usar os comandos

padrão para manipulação dos arquivos nas partições brutas; pode haver limitações no número de partições brutas possíveis para o sistema.

Por se tratar de um dispositivo não formatado, os dispositivos brutos, não possuem um sistema de arquivos, para isso é necessário um aplicativo exclusivo capaz de gerenciá-lo. Segundo a Oracle (2018), o ASM é um gerenciador automático de armazenamento compatível com dispositivos brutos.

5. Automatic Storage Management (ASM)

De acordo com a Oracle (2012), o ASM é um gerenciador de volumes e um sistema de arquivos para arquivos do banco de dados Oracle, como data files e control files, que pode ser utilizado tanto em uma instância única do banco de dados quanto em ambiente de cluster através do Real Application Cluster (RAC), e se trata de uma solução, para gerenciamento do armazenamento, alternativa às existentes para gerenciamento de volumes, sistema de arquivos e dispositivos brutos.

Ainda para Silberschatz (2012), o ASM gerencia grupos de discos, acessado pelo banco de dados como um sistema de arquivos visto como uma única unidade lógica, e facilita o gerenciamento de armazenamento realizando automaticamente, por exemplo, a distribuição dos dados em stripes pelos discos do grupo, além disso, se a configuração mudar com a adição de mais discos, para o aumento da capacidade de armazenamento, um rebalanceamento do grupo de discos é necessário, de modo que os dados sejam distribuídos igualmente entre os discos, e é realizado em segundo plano permanecendo o banco de dados operacional. Para Oracle (2008) isso evita que sejam necessárias várias ferramentas de terceiros para o gerenciamento de armazenamento como Logical Volume Manager (LVM) e sistemas de arquivos e os vários comandos necessários de cada um deles para sua operação.

Um grupo de discos do Oracle ASM para a Oracle (2012) é o objeto básico que o ASM gerencia, é composto por vários discos que formam o grupo e expõe uma interface de sistema de arquivos, cada grupo contém metadados com informações como o espaço total que compõe o grupo de discos, sendo os componentes do grupo composto por discos, arquivos e unidades de alocação. Ainda conforme o autor os grupos de discos contém os arquivos e cada arquivo está contido inteiramente em um único grupo.

Um disco ASM, conforme a Oracle (2012), pode ser um disco ou uma partição de um storage array, um disco único ou partições de discos, volumes lógicos ou network attached files (NFS) e cada disco ASM é dividido em unidades de alocação, que é a unidade mínima que compõe um grupo de discos. Para o autor um file extent possui uma ou mais unidades de alocação e cada arquivo ASM é composto por um ou mais file extents, além disso, o tamanho da unidade de alocação pode ser definido no momento da criação do grupo de discos através do atributo AU_SIZE, que pode ser de 1, 2, 4, 8, 16, 32 ou 64 MB, ainda unidades de alocação maiores privilegiam aplicações de data warehouse que realizam leituras sequenciais longas.

6. Benchmarking

A análise de desempenho entre sistemas tem se tornado cada vez mais difícil devido as grandes evoluções dos sistemas, principalmente as melhorias de arquitetura. Por isso um sistema pode ter um melhor desempenho ao executar um determinado conjunto de

operações, no entanto ter um pior desempenho em outro conjunto de operações. Com isso torna-se necessário a criação de processos que permitam a comparação entre dois sistemas quanto à capacidade de determinadas tarefas. Dessa forma o conceito de *benchmarking* surge como uma solução para essa necessidade.

Segundo Mendes (2006), *benchmarking* é o processo realizado para comparar o desempenho de dois ou mais sistemas, sendo sua carga de trabalho chamada de benchmark. Os benchmarks são projetados para testar determinadas características do sistema, como por exemplo, a capacidade de processamento, de desempenho ou a capacidade de I/Os do sistema.

Os *benchmarks* são classificados de duas formas sintéticos ou de aplicação. *Benchmarks sintéticos* são programas que executam um conjunto instruções reduzidas, que testam componentes específicos do sistema. *Benchmarks* de aplicação fazem a simulação de um ambiente real, fazendo com que se tenha uma melhor noção de desempenho do sistema como um todo.

Atualmente, os principais softwares que realizam benchmark em banco de dados são: Benchmark Factory (da empresa DELL), HammerDB (software livre), SwingBench (criado por Dominic Giles, ex-funcionário da Oracle), entre outros. O Benchmark Factory (BF), software que foi utilizado nos testes, é uma ferramenta com interface gráfica para sistemas operacionais Windows e permite de forma simples a configuração e a execução de benchmark padronizados como o TPC-C.

6.1. TPC-C

A Empresa *Transaction Processing Performance Council* (TPC) desenvolve benchmarks voltados para análise de banco de dados. Segundo Raab, Kohler e Shah (2018), o benchmark TPC-C foi desenvolvido para processamentos de transações online (OLTP), com múltiplas transações, tendo um banco de dados e uma estrutura geral de execuções mais complexas. Ainda de acordo com os autores o TPC-C possui uma combinação de cinco tipos de transações simultâneas com diferentes níveis de complexidade, sendo executadas de forma online ou enfileiradas para execuções adiadas.

De acordo com a TPC (2018), os benchmarks TPC-C são modelados baseados em aplicações e ambientes reais de produção, simulando uma população de operadores executando transações em um banco de dados. Segundo a TPC (2018) a métrica utilizada é a de transações de nova ordem por minuto tpm-C, sendo considerada uma medida do rendimento do negócio, devido a várias combinações e uma ampla variedade de complexidade e tipos entre as transações, essa métrica simula uma atividade comercial mais completa.

A variedade de transações, segundo Mendes (2016), que são realizadas no teste TPC-C incluem a Transação de Novo Pedido, que são as compras que um cliente realiza, a Transação de Pagamento, que é o registro do pagamento que um cliente realiza depois da compra, a Transação de Entrega, que registra a entrega da compra realizada, a Transação de Status do Pedido, que mostra em que situação se encontra o último pedido de um cliente, e a Transação de Nível de Estoque, que monitora os últimos itens que

foram vendidos e verifica se estes itens estão com um estoque abaixo de um certo limite.

7. Materiais e Métodos

Para a elaboração e realização dos experimentos propostos neste estudo, um computador com a especificação descrita na Tabela 2 foi utilizado.

Tabela 2. Especificação do computador

Configuração	Parâmetro
Processador	Intel Core i5 6300HQ 2.3GHz
Memória RAM	16GB (2 x 8GB) SODIMM DDR3L 1600MHz
Armazenamento	HD Híbrido 1TB 5400RPM 8GB Cache
Interface de Armazenamento	Sata 3
Chipset	Intel HM170 Express

Os experimentos foram realizados em um ambiente virtualizado através do software Oracle VM VirtualBox 5.2 com o provisionamento de três máquinas virtuais, sendo dois servidores com sistema operacional Microsoft Windows Server 2008 R2 e Oracle Database 11g R2 (denominados neste estudo como S1 e S2) e a terceira (C1) com o Microsoft Windows 7 e o software de benchmark Quest Benchmark Factory for Databases instalados. A seguir na Tabela 3 a descrição das configurações das máquinas virtuais:

Tabela 3. Configuração das máquinas virtuais

Configuração	Máquinas Virtuais Servidor	Máquina Virtual Cliente
Memória RAM	8GB	2GB
Armazenamento (SO)	100GB	50GB
Armazenamento (BD)	50GB	---
Sistema Operacional	Microsoft Windows Server 2008 R2 64 bits	Microsoft Windows 7 Professional 64 bits
Software de Banco de Dados	Oracle Database 11g R2 64 bits	---
Software de Benchmark	---	Quest Benchmark Factory for Databases 8.1 64 bits
Sistema de Arquivos (SO)	NTFS	NTFS
Sistema de Arquivos (BD)	NTFS (S1)/ASM (S2)	---

Duas máquinas foram provisionadas como servidor para a instalação do SGBD Oracle e em ambas um disco foi utilizado para gravar o sistema operacional e em outro disco separado para gravar o banco de dados. Na máquina S1 o disco utilizado para gravar o banco de dados foi formatado com o sistema de arquivos NTFS, enquanto na outra máquina, S2, o disco foi utilizado sem formatação, através do ASM do Oracle e precisou da instalação do Oracle Database 11g R2 Grid Infrastructure 11.2 64 bits, que é necessário e dá suporte ao ASM.

Para a criação dos índices e das tabelas onde os dados gerados pelo BF fossem armazenados, e necessário para a execução dos testes, foram criados tablespaces e

usuários próprios para esse fim nos dois servidores com o banco de dados, atribuindo um datafile de 10GB a tablespace criada tanto em S1 quanto na máquina S2, como demonstrado na Figura 3.

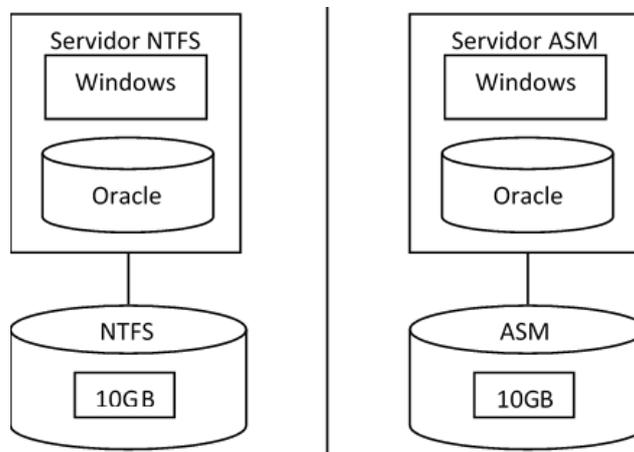


Figura 3. Esquema da configuração do armazenamento

Na máquina virtual cliente, C1, na qual está o software BF, foi necessária a instalação do Oracle Database 11g R2 Client 11.2 64 bits para a conexão com o SGBD Oracle com as máquinas S1 e S2. O software Oracle Client é necessário para a criação dos objetos no banco de dados, como as tabelas e índices e também para a coleta das métricas de desempenho.

As configurações do BF, na máquina C1, foram as que são estabelecidas pelo TPC-C com a utilização de um agente virtual simulando a conexão de 100 usuários em que cada um deles realiza 5 transações diferentes, que são definidas pelo padrão, em um intervalo de tempo de 4 minutos para a realização do teste, sendo realizado o mesmo teste em cada uma das máquinas S1 e S2, conforme a Figura 4.

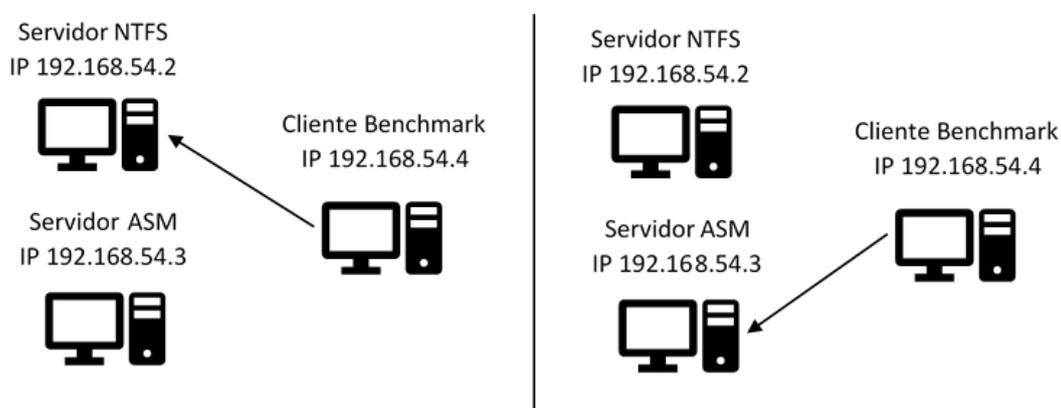


Figura 4. Esquema de conexão entre as máquinas cliente e servidor

8. Resultados Obtidos

Ao executar os testes, foram obtidos os resultados exibidos na Tabela 4, que apresenta a diferença de Transações Por Segundo (TPS) e do tempo de resposta médio quando comparamos o sistema de arquivos NTFS e o ASM. A diferença de TPS não passa de

1,5% que pode ser considerado pequeno para o resultado que era esperado. Entretanto, analisando o tempo de resposta pode-se ver uma diferença de 92,8% na comparação com um tempo muito menor para o ASM.

Tabela 4. Resultado dos testes

Parâmetro	NTFS	ASM
TPS	5,193	5,271
Tempo de resposta médio (ms)	0,180	0,013

Com relação aos resultados obtidos com o TPS médio serem tão próximos se deve à limitação que o software BF impõe que na versão utilizada era de 100 usuários, que poderia ser simulado. Com simulações utilizando cargas de usuário maiores é possível atingir o número maior de TPS no sistema de acordo com as configurações utilizadas no dimensionamento das máquinas virtuais.

A diferença obtida no tempo de resposta do ASM em relação ao NTFS ocorre em razão do acesso direto ao disco, que acontece sem a influência do sistema operacional, e dos mecanismos de acesso ao dispositivo de armazenamento que o sistema operacional impõe através do buffer de disco. Assim, as estratégias que o SGBD define para acessar os dados no dispositivo de armazenamento não sofrem interferências quando o ASM é utilizado.

Pode-se ver na Figura 5 uma comparação do tempo de resposta médio, durante a execução do benchmark, entre a máquina S1, utilizando o NTFS, e na máquina S2, utilizando o ASM. Fica evidente na parte inicial dos testes, quando os dados começam a serem buscados em disco, o tempo de resposta alto, mas que é maior quando o sistema de arquivos NTFS é utilizado. Em outro momento a estabilidade do tempo de resposta depois do pico inicial é verificado quando o ASM é utilizado, e em contrapartida há uma variação maior quando se utiliza o NTFS.



Figura 5. Comparativo do tempo de resposta médio das máquinas S1 e S2 durante a execução do teste

A duração dos testes, tanto na máquina S1 quanto na máquina S2, foram configurados no BF, por padrão, com a duração de quatro minutos, entretanto, devido a particularidades do software BF, o agente que simula as conexões de usuários ao SGBD Oracle faz o carregamento desses usuários o mais rápido possível. A duração pode extrapolar o tempo definido para que todas as transações sejam finalizadas, e foi o caso dos testes que foram realizados ultrapassando os quatro minutos.

A composição dos tipos de transação efetuadas no banco de dados é exibida na Figura 6, os tipos de transação com as maiores proporções são a Transação de Novo Pedido e a Transação de Pagamento, que exercem, respectivamente, uma carga de intensidade média e leve, seja na escrita ou leitura, através das requisições feitas ao banco de dados.

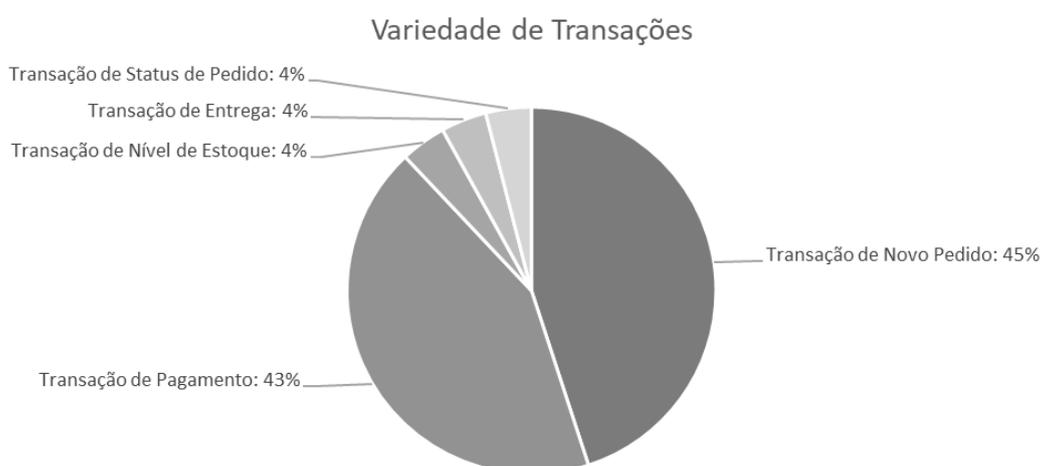


Figura 6. Composição dos tipos de transação efetuadas no banco de dados

Quando o tempo de resposta médio é analisado através do tipo de transação, Tabela 5, outros dados importantes podem ser visualizados. Em relação ao tipo de transação que mais impacta no desempenho do banco de dados e também o que gera grande parte das requisições ao banco de dados, a Transação de Novo Pedido, apresenta diferenças de tempo de resposta significativas na comparação, onde o NTFS apresenta 0,300ms e o ASM, 0,010ms. Mesmo em transações com menores proporções o tempo de resposta é alto como o Transação de Nível de Estoque e a Transação de Entrega.

Tabela 5. Tempo de resposta por tipo de transação

Transação	Tempo de resposta médio (ms)	
	NTFS	ASM
Transação de Novo Pedido	0,300	0,010
Transação de Pagamento	0,024	0,003
Transação de Status de Pedido	0,051	0,017
Transação de Pedido	0,340	0,125
Transação de Nível de Estoque	0,497	0,031

9. Conclusão

Devido à limitação do software BF de 100 usuários simultâneos, com a versão que foi utilizada, é possível que o limite para que a diferença entre o sistema de arquivos NTFS e o ASM fosse atingido, com relação ao número de TPS, não sendo suficiente, já que os resultados obtidos tiveram uma pequena diferença.

O próprio software BF exibe o seguinte aviso, no resumo dos resultados do teste, “Como o TPS máximo foi encontrado na última carga de usuário de 100, é possível que uma taxa de transferência maior possa ser obtida em uma carga de usuário mais alta. Considere executar novamente o teste com uma carga de usuário maior.”, de modo que é possível, através da execução com uma carga maior de usuários, se atingir o limite de TPS do sistema testado.

Embora o resultado obtido não condiga com o esperado quando o objetivo foi estabelecido, o tempo de resposta médio obtido mostrou uma diferença considerável nos experimentos realizados.

Assim, quando se considera desempenho de banco de dados em um primeiro momento, um DBA se preocuparia com os requisitos para atender a demanda da aplicação relativo ao número de acessos simultâneos, sendo assim ao número de TPS que o banco de dados é capaz de entregar.

Mas, quando se considera a perspectiva do usuário que utiliza o sistema onde o único contato que o mesmo possui é com a interface da aplicação, ficando transparente toda a pilha de tecnologias que permitem a entrega desse sistema, pequenos atrasos na resposta à qualquer requisição do usuário pode impactar negativamente sua experiência com a aplicação, e assim prejudicar a imagem dessa aplicação e consequentemente do seu responsável.

Finalizando, é possível creditar à variação no tempo de resposta o uso do buffer de disco que o NTFS utiliza no acesso ao disco, mas não existe em dispositivos raw device como o ASM, e assim permite que o SGBD utilize suas próprias estratégias de acesso sem interferências quando acessa o disco. Além disso quando são considerados os requisitos de tempo de resposta ao usuário, variações podem impactar na experiência do mesmo com o sistema que está sendo utilizado.

Referências

- Burleson, D. (2018), “*Raw Devices – Oracle RAC Cluster Tips by Burleson Consulting*”, www.dba-oracle.com/real_application_clusters_rac_grid/raw_devices.
- Cardozo, E., Faina, L. F. e Magalhães, M. F. (2002) “Introdução aos Sistemas Operacionais”, Faculdade de Eng. Elétrica e de Computação – UNICAMP, Campinas, São Paulo.
- Codd, E. F. (1970) “A relational model of data for large shared data banks”, In *Communications of the ACM*. New York, vol. 13, n. 6, p. 377-387.
- Deitel, H. M., Deitel, P. J. e Choffnes, D. R. (2005), “Sistemas Operacionais” Pearson, São Paulo, SP, 3ª Edição.

- Gomes, T. de O. (2016) “Principais sistemas de Arquivos – Tipos de arquivos: FAT/ FAT16/FAT32/NTFS/EXT4/HFS+”, LinkedIn, <https://pt.linkedin.com/pulse/principais-sistemas-de-arquivo-tipos-arquivos-de-oliveira-gomes>
- Hoffman, C. (2016), “What is a File System, and Why are There So Many of Them?”, How to geek, <https://www.howtogeek.com/196051/htg-explains-what-is-a-file-system-and-why-are-there-so-many-of-them/>.
- IBM (2018), “Edgar F. Codd”, https://www-03.ibm.com/ibm/history/exhibits/builders/builders_codd.html, Abril.
- Jones, M. T. (2009), “Anatomia do Ext4 – Conheça o quarto sistema de arquivo estendido” IBM developerWorks, <https://www.ibm.com/developerworks/br/library/l-anatomy-ext4/index.html>.
- Macêdo, D. (2012), “Sistemas de Arquivos NTFS, FAT16, FAT32, EXT2 e EXT3”, Diego Macêdo, <http://www.diegomacedo.com.br/sistemas-de-arquivos-ntfs-fat16-fat32-ext2-e-ext3/>
- Mendes, M. R. N. (2006). “Análise de Desempenho de Sistemas OLTP Utilizando Benchmark TPC-C”. Universidade federal de Pernambuco. <http://www.cin.ufpe.br/~tg/2006-1/mrnm.pdf>
- Oracle (2008) “Oracle Database Installation Guide”, https://docs.oracle.com/cd/E18185_01/doc/install.112/e16763/oraclerestart.htm, Maio.
- Oracle (2012) “Oracle Automatic Storage Management Administrators Guide 11g Release 2 (11.2)”. https://docs.oracle.com/cd/E11882_01/server.112/e18951/toc.htm, Maio.
- Oracle, (2018), “*Introduction to Automatic Storage Management (ASM)*”. https://docs.oracle.com/cd/B28359_01/server.111/b31107/asmcon.htm#OSTMG03601.
- Raab, F. Kohler, Walt. Shah, Amitabh (2018), “Visão geral do benchmark TPC-C”. TPC, <http://www.tpc.org/tpcc/default.asp>
- Rodrigues, E. (2017), “FAT32, Ext, Ext2, Ext3, Ext4, btrfs.. Qual Sistema de Arquivos Escolher?”. GnuLinux, <http://gnulinuxbrasil.com.br/2017/06/09/fat32-ext-ext2-ext3-ext4-btrfs-qual-sistema-de-arquivos-escolher/>.
- Silberschatz, A., Korth, H. F., Sudarshan, S. (2012), Sistema de Banco de Dados, Elsevier, 6ª edição.
- Silva, R. R. (2006), “Linux – Sistemas de Arquivos”. Viva o Linux, <https://www.vivaolinux.com.br/artigo/Linux-Sistema-de-arquivos>.
- Shanley, K (1998). “History and Overview of the TPC”. <http://www.tpc.org/information/about/history.asp>.
- Stonebraker, M., Çetintemel, U. (2005) “One Size Fits All”: An Idea Whose Time Has Come and Gone”, In: ICDE '05 Proceedings of the 21st International Conference on Data Engineering, p. 2-11.
- Tanenbaum, A. S. (1992), “Sistemas Operacionais Modernos”, Pearson, São Paulo, SP, 3ª Edição.

Thomasian, A. (2000) “Performance Analysis of Database Systems”, In: Performance Evaluation, Springer, p. 305-327.

TPC (2018), “Benchmarks ativos de TPC”. TPC, <http://www.tpc.org/tpcc/default.asp>