



UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA
RODRIGO BARBOSA DA COSTA

MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL:
ARQUITETURA DE *SOLID STATE DRIVE* (SSD)

Palhoça
2017

RODRIGO BARBOSA DA COSTA

**MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL:
ARQUITETURA DE *SOLID STATE DRIVE* (SSD)**

Projeto de pesquisa apresentado na Unidade de Aprendizagem:
Metodologia para Estudo de Caso, do Curso **Tecnólogo em
Gestão da Tecnologia da Informação**, da Universidade do
Sul de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Roberto Fabiano Fernandes

Palhoça
2017

RODRIGO BARBOSA DA COSTA

**MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL:
ARQUITETURA DE *SOLID STATE DRIVE* (SSD)**

Este trabalho de pesquisa na modalidade de Estudo de Caso foi julgado adequado à obtenção do grau de Tecnólogo em Gestão da Tecnologia da Informação e aprovado, em sua forma final, pelo Curso Superior de Tecnologia em Gestão da Tecnologia da Informação, da Universidade do Sul de Santa Catarina.

Palhoça, ____ de _____ de ____.

Prof. e orientador (Nome do(a) Professor(a)), abreviatura da titulação
Universidade do Sul de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Ao meu pai, Paulo, que me ensinou que qualquer coisa que eu me propor a fazer, devo fazê-la da melhor maneira, a minha mãe, Marta, que junto ao meu pai sempre fez tudo pelo filhos, mesmo que algo não estivesse ao seu alcance, a minha esposa, Mayara, por estar sempre ao meu lado não importando as dificuldades e, acima de tudo e de todos, ao meu filho Heitor, que é tudo pra mim, me faz querer ser melhor a cada dia e me faz acreditar poder ser e fazer qualquer coisa.

RESUMO

A tecnologia de microcomputadores tem evoluído de forma bastante rápida. Lançamentos em diversas áreas da computação tem acontecido periodicamente, sejam eles em âmbito de arquitetura de processamento, placas gráficas, altas resoluções em monitores, e até mesmo novos padrões de armazenamento. Com foco nos padrões mais recentes de armazenamento, este estudo visa detalhar a arquitetura de uma das tecnologias que mais chama atenção, os discos de estado sólido, ou *Solid State Drivers* (SSD). Uma tecnologia que entrega ao usuário final de TI um ganho muito significativo de velocidade em operações de leitura e escrita.

Este estudo se justifica pela grande procura do usuário de TI em melhorar o desempenho de seus computadores, seja na área pessoal ou profissional, e também pela curiosidade de conhecer o funcionamento desta tecnologia, que não é uma novidade, mas ainda é desconhecida por parte dos usuários.

Para chegar ao seu propósito, este estudo foi efetuado com base em uma pesquisa exploratória de abordagem quantitativa, foram analisadas as necessidades para as operações com uso de computadores por parte dos colaboradores da empresa MedLan Distribuidora de medicamentos, sendo apresentada a tecnologia do SSD para aperfeiçoamento dessas operações.

Por meio de pesquisas bibliográficas e testes em dispositivos SSDs e HDDs foi realizada a comparação entre as tecnologias, foi detalhado o funcionamento de um SSD, e também a possibilidade de uso das tecnologias de forma híbrida.

Foram encontradas vantagens e desvantagens do uso da SSD, sendo esses apresentados no estudo.

Palavras-chave: Armazenamento. *Solid State Drivers*. Memória *flash*. Arquitetura híbrida.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	6
2 TEMA	7
3 OBJETIVOS	9
3.1 OBJETIVO GERAL	9
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	9
4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	10
4.1 CAMPO DE ESTUDO	10
4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	10
5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA REALIDADE OBSERVADA	11
5.1 SSD: UM NOVO CONCEITO DE MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL	11
5.2 O CONTROLADOR DE MEMÓRIA	12
5.3 O BANCO DE MEMÓRIAS NAND	14
5.4 ARQUITETURA HÍBRIDA	14
5.5 DESEMPENHO DAS TECNOLOGIAS	16
6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA	18
6.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA A REALIDADE ESTUDADA	18
6.2 RESULTADOS ESPERADOS	18
6.3 VIABILIDADE DA PROPOSTA	18
7 CONSIDERAÇÕES FINAIS	20
REFERÊNCIAS	21

1 INTRODUÇÃO

Este projeto aborda o tema unidades de estado sólido (SSD) que vem adquirindo cada vez mais espaço no mercado e tem sido alvo de um público exigente, que busca novas tecnologias capazes de melhorar sua experiência digital.

No decorrer deste projeto será apresentado o conceito de *Solid State Drive* (SSD), ou unidade de estado sólido, abrangendo o tema de memória *flash*, sua arquitetura e método de operação, modelos de organização e dados de performance. E também o conceito de uma arquitetura híbrida, que mescla os SSDs com os HDDs convencionais, para determinadas vantagens e propósitos. Por fim, análises de performance, comparações, vantagens e desvantagens procurarão distinguir as arquiteturas, identificando suas melhores aplicações de acordo com seu desempenho e comportamento

2 TEMA

A cada dia mais a tecnologia faz parte das nossas vidas, e cada vez se buscam novas tecnologias, mas uma coisa que o usuário sempre busca é a velocidade, o usuário cada vez mais quer efetuar um maior número de operações no menor tempo possível.

Existem hoje diversas formas de se fazer com que o computador opere da maneira que o usuário deseja, seja por meio de softwares ou hardwares.

A melhor opção são as trocas ou adições de peças de hardwares para aumentar o desempenho de um computador.

2.1 TEMA ESPECÍFICO

Há várias peças que podem ser trocadas ou adicionadas em uma máquina para que ela apresente um melhor desempenho, uma das mais recentes tecnologias é o *Solid State Drive* (SSD), que é a evolução do *Hard Disk Drive* (HDD), o SSD apresenta uma velocidade de gravação e de acesso aos dados muito superior ao HD convencional. Neste sentido, define-se como tema específico o estudo do funcionamento da SSD e suas vantagens comparados ao HDD.

2.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Como se dá o funcionamento de uma Unidade de Estado Sólido (SSD)?

2.3 JUSTIFICATIVA

Os usuários de tecnologia hoje sempre desejam uma melhor performance de suas máquinas, pensando mais especificamente nos usuários de computador, estes podem encontrar diversas formas para melhorar a performance de suas máquinas.

Além de todas as peças de hardware que já existem há algum tempo, como as memórias RAM e placas de vídeo, há uma tecnologia mais recente que melhora os tempos de resposta de escrita/leitura das informações, essa tecnologia é a Unidade de Estado Sólido (SSD), que substitui o atual Disco Rígido (HD) dos computadores, e consegue fazer com que um computador, juntamente com outros *upgrades*, tenha um resultado performático muito superior.

Neste sentido, o projeto elaborado quando aplicado pretende melhorar o entendimento sobre o SSD, bem como como é dado o seu funcionamento e uso, e ainda as vantagens sobre o HDD convencionalmente usado. Assim, sendo aplicada esta tecnologia, melhorar os tempos de resposta de escrita/leitura de um computador.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar, por meio de pesquisas, como é o funcionamento de uma Unidade de Estado Sólido (SSD).

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Identificar as vantagens do uso das unidades SSDs.

Explicar como se dá o funcionamento da tecnologia da SSD integrada a outras tecnologias.

Verificar as diferenças entre as tecnologias dos SSDs e HDDs em relação a escrita/leitura dos dados.

Comparar performances entre as unidades SSDs e os antigos HDDs.

4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 CAMPO DE ESTUDO

Estudo sendo realizado na empresa MedLan Distribuidora. Esta pesquisa apresenta o método de pesquisa exploratória, pois tem como intuito o aprendizado do funcionamento de um SSD. Ela tem uma abordagem quantitativa pois é uma análise mais objetiva. Este estudo tem como alvo os colaboradores da empresa MedLan Distribuidora, visando a melhoria no desempenho de suas funções efetuadas em computadores.

4.2 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Os instrumentos de coleta de dados adotados neste trabalho são descritos no quadro a seguir.

Quadro 1 – Instrumento de coleta de dados

Instrumento de coleta de dados	Universo pesquisado	Finalidade do Instrumento
Entrevista	Não serão utilizados neste estudo.	N/A
Observação direta ou dos participantes	Não serão utilizados neste estudo.	N/A
Documentos	-TANENBAUM, Andrew S. Organização estruturada de computadores . 5. ed. São Paulo: Ed. Pearson Education do Brasil: Prentice Hall, 2007; -TANENBAUM, A. S. MOOLENBROEK, D. C. APPUSWAMY, R. Integrating Flash--based SSD into the Storage Stack , 2012; -MICHELONI, R; MARELLI, A; ESHGHI, K. Inside Solid State Drives (SSDs) . 1. ed. Netherlands: Ed. Springer Netherlands, 2012.	Refinar o conteúdo a ser exposto no estudo.
Dados arquivados	Testes de performance de SSDs e HDDs.	Comparar as capacidades entre os objetos estudados.

Fonte: CAVALCANTI e MOREIRA (2008).

5 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DA REALIDADE OBSERVADA

Afim de familiarizar o leitor com a empresa a qual está sendo aplicado este estudo, seguem algumas informações: empresa de pequeno porte, onde conta com aproximadamente 10 funcionários, empresa do ramo medicamentoso, em constante evolução e crescimento, praticamente todas as operações executadas com uso de computadores, necessitando de evolução constante neste segmento do trabalho. Afim de demonstrar possíveis *upgrades* que podem ser efetuados foi realizado este estudo sobre o funcionamento e vantagens do uso do SSD.

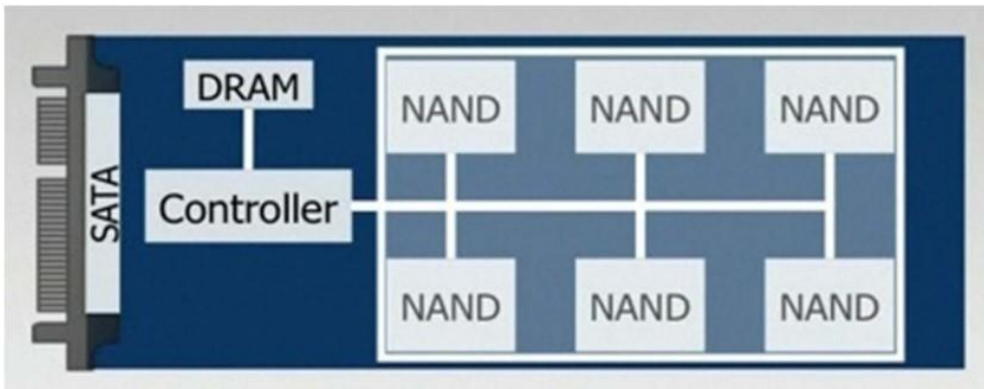
5.1 SSD: UM NOVO CONCEITO DE MEMÓRIA NÃO VOLÁTIL

Os *Solid State Drives* (SSDs) apresentam uma velocidade de resposta muito maior se comparados à tradicional arquitetura Dos *Hard Disk Drives* (HDDs), como mencionam Rino Micheloni e Kam Eshghi no livro *Inside Solid State Drives (SSDs)*: “As aplicações cliente também precisam de uma alternativa à operação eletromecânica, unidades de disco que podem oferecer tempos de resposta mais rápidos, usar menos energia e menores partes móveis.” (MICHELONI; MARELLI; ESHGHI, 2012. p. 19-20).

Uma das principais razões para este ganho de velocidade de resposta está aplicada ao fato dos SSDs não possuírem uma arquitetura mecânica. Uma vez, não havendo discos em altas rotações e sequer cabeçotes em movimento, o acesso aos dados pelos meios digitais certamente será muito mais performático.

Baseado no conceito de memórias voláteis, onde a informação não é perdida ao se desligar a energia do circuito, o SSD se utiliza de um banco de portas lógicas do tipo NAND para armazenar os dados, como apresentado na figura 1.

Figura 1 - Estrutura interna de um disco de estado sólido.



Fonte: Site da Al Safwa Company

Ainda na figura 1, temos representado à esquerda uma interface de fluxo de dados do tipo serial ata, podendo esta atingir taxas de transferência de até 6 *gigabits* por segundo.

Adicionalmente, a arquitetura de um disco de estado sólido conta com uma memória do tipo *Dynamic Random Access Memory* (DRAM), que cumpre a função de *cache* de dados. A DRAM é capaz de armazenar temporariamente *bits* que futuramente possam ser entregues aos bancos de portas NANDs.

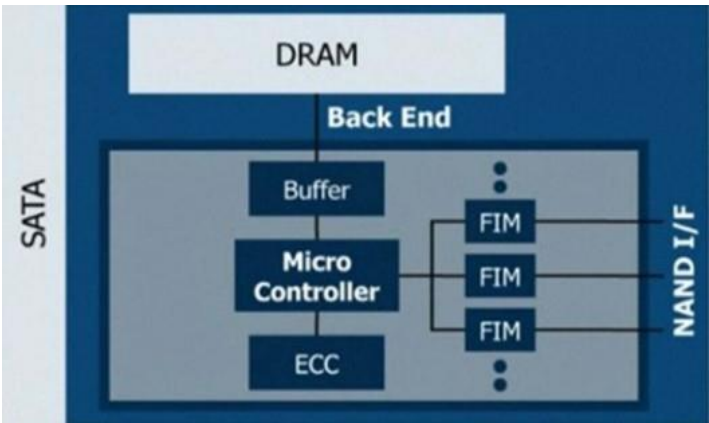
Logo após ao fluxo de dados da memória DRAM, há a presença de um controlador de memória, que realiza principalmente duas funções:

- 1- Proporciona o caminho mais apropriado para o fluxo de dados entre as memórias *flash* e a interface de comunicação, bem como o protocolo para este transporte.
- 2- Maximiza a velocidade de transferência de dados, de forma também a garantir a consistência dos mesmos.

5.2 O CONTROLADOR DE MEMÓRIA

O controlador de memória opera algumas funções cruciais no bom desempenho do SSD. Para que isso aconteça, se faz necessário a presença de certos componentes em sua arquitetura, os quais estão representados na figura 2.

Figura 2 - estrutura interna do componente controlador de memória.



Fonte: Site da Al Safwa Company

Os módulos de interface *flash* são responsáveis por mapear os setores do banco de NANDs, transformando endereços lógicos que chegam na interface em endereços físicos. Para este fim, o componente faz uso de uma tabela de endereços, ou até mesmo de ponteiros.

Um micro controlador fica encarregado de capturar os dados de entrada e distribuir entre os canais de memória, além de poder atuar também no sentido inverso.

Adicionalmente, o banco de NANDs é mapeado para garantir que tudo esteja em seu devido lugar.

Assim como a DRAM externa, o controlador de memória possui um *buffer* para garantir o armazenamento temporário e pronto acesso às informações pelo micro controlador. O tipo de memória que compõe este *buffer* também é o DRAM, cujo o qual é capaz de oferecer um baixo nível de latência.

Por fim temos o *Error Correction Code* (ECC), que atua diretamente na correção de erros a partir de propriedades de detecção. Como exemplo temos os algoritmos de *Reed-Salomon* e BCH.

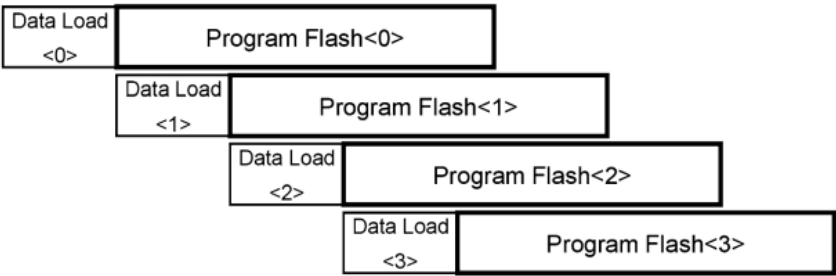
5.3 O BANCO DE MEMÓRIAS NAND

As portas lógicas NANDs do interior do SSD estão dispostas em barramentos paralelos, formando o que é conhecido como canais, ou banco de memórias. A disposição destes dispositivos pode assumir dois padrões estudados atualmente, o MLC (do inglês *Multi Level Cell*) ou o SLC (do inglês *Single Level Cell*).

O MLC representa uma arquitetura multicamadas, onde mais portas são arranjadas para assim obter uma maior densidade de armazenamento e também um ganho na performance de escrita/leitura.

O ganho de performance, entre outros fatores, pode estar associado ao fato do arranjo multinível conseguir aplicar o princípio de *pipeline*. Durante a fase de carregamento de dados, o uso de canais é maximizado com a técnica de endereçar os *bits* em diferentes *chips* simultaneamente. A figura 3 demonstra a lógica deste processo.

Figura 3 - Conceito de *pipeline* no múltiplo endereçamento de dados em *chips* NANDs.



Fonte: Elaborado pelo autor.

Na arquitetura do tipo SLC este múltiplo endereçamento não ocorre, uma vez que as memórias são desenhadas em um único nível lógico. Este padrão torna o sistema ligeiramente menos performático, outrora pode ser mais confiável em certos tipos de aplicações.

5.4 ARQUITETURA HÍBRIDA

Unindo os conceitos de discos de estado sólido e discos magnéticos, estas duas tecnologias podem ser aliadas para se conseguir uma performance um pouco melhor se comparada aos tradicionais magnéticos.

Trata-se de um único dispositivo de armazenamento, onde em seu interior é encontrado discos magnéticos em conjunto aos velozes SSDs, como mostrado na figura 4. Esta é uma opção a ser considerada para demandas que exigem um desempenho melhor, já que possui uma relação custo/benefício favorável ao *upgrade*.

Figura 4 - Ilustração de um disco híbrido.



Fonte: Site Canaltech

O próprio *firmware* do dispositivo seleciona o que ocupa o SSD, e o que é direcionado ao HDD. Estas técnicas de ocupação podem ser realizadas seguindo diversos algoritmos.

Uma dessas técnicas é o *Dynamic Storage Tiering* (DST), ou hierarquização de armazenamento dinâmico. O DST pode assumir duas formas de operação, seja a *Hot-DST* ou a *Cold-DST*. Na primeira, os dados do dispositivo de armazenamento inicialmente são alocados no disco magnético (HDD), posteriormente migram para o SSD os dados considerados mais relevantes, ou “quentes”, daí o nome *hot*. Este processo de migração pode ocorrer por demanda ou em intervalos de tempo pré-definidos pelo *firmware*.

Já na técnica do algoritmo *Cold-DST*, todos os dados são inicialmente alocados no SSD e, em um segundo momento, os menos utilizados ou menos relevantes, são transferidos ao disco magnético.

Ambas as técnicas visam manter no componente mais rápido os dados mais relevantes de determinada operação, diminuindo assim a latência na escrita ou leitura das informações.

5.5 DESEMPENHO DAS TECNOLOGIAS

A partir de todas as descrições de cada arquitetura neste estudo, nota-se que há diversas vantagens no uso do SSD, seja no quesito velocidade ou nos demais que a partir daqui serão apresentados.

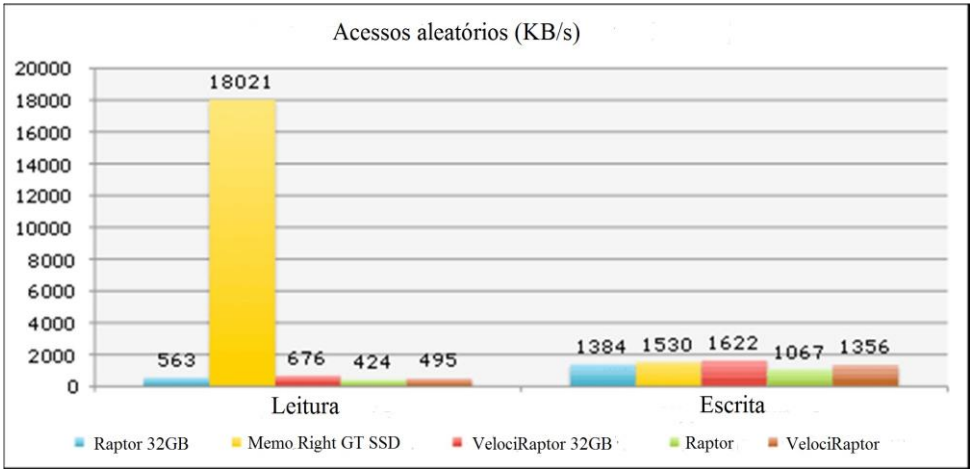
Por não possuir mecanismos internos para a movimentação de cabeçote, braço de cabeçote, pratos e afins, o SSD se torna superior. Esta ausência faz com que os discos baseados em memória *flash* tenham maior performance na leitura e na escrita de dados.

Adicionalmente, como não há discos sobre altíssimas rotações, o calor liberado pela atividade do dispositivo é menor e, conseqüentemente, seu consumo de energia se torna consideravelmente inferior.

Este baixo consumo de energia é primordial na escolha deste tipo de arquitetura em dispositivos móveis, como *notebooks*. Cada vez mais, montadoras estão preocupadas em inserir esta tecnologia no mercado, tendo em vista que eficiência energética é um ponto decisivo na aquisição de *gadgets*.

Abaixo é apresentada a representação gráfica dos resultados de comparação entre as arquiteturas de discos de estado sólido e discos magnéticos. O experimento foi feito com base em 10000 leituras e escritas não sequenciais de uma porção de 4kb de dados

Figura 5 - Gráfico de comparação de diferentes arquiteturas, com base em mil leituras.



Fonte: Elaborado pelo autor

Nota-se uma superioridade bastante significativa na taxa de transferência de dados quando um dispositivo SSD modelo *MemoRight* GT está lendo uma informação.

Por outro lado, quando a configuração é voltada para escrita, os ganhos são mínimos e até mesmo podem ser menores do que um disco magnético tradicional. Como é o caso do SSD modelo *MemoRight* GT, que obteve uma taxa de transferência de 1530 kb/s contra o superior *VelociRaptor*, HDD, alcançando 1622 kb/s.

Este alto ganho em operações de leitura/escrita fazem com que os discos de estado sólido sejam cobiçados para aumentar o desempenho da máquina. O que não pode ser dito é que o SSD aumenta o poder de processamento, pois este continua o mesmo. O que acontece é que ele supre a demanda de acesso ao meio, tornando a busca de informações bem mais rápidas e, assim, diminuindo o gargalo tecnológico de velocidade de acesso.

6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO DA SITUAÇÃO-PROBLEMA

A partir daqui, inicia-se a AD3. Digite nos itens a seguir o texto referente à proposta de solução da situação-problema, conforme orientações do Guia do Estudo de Caso, capítulo 2, Seção (disponível para leitura no tópico 3 da unidade de aprendizagem no EVA).

6.1 PROPOSTA DE MELHORIA PARA A REALIDADE ESTUDADA

Valendo-se das informações expostas neste estudo, podemos sugerir que a utilização da tecnologia apresentada seria um passo evolutivo no âmbito tecnológico da empresa, haja vista as atividades desempenhadas pelos colaboradores com o uso do computador necessitarem de atenção especial devido ao tempo necessário para que sejam efetuadas.

6.2 RESULTADOS ESPERADOS

Através da implantação da tecnologia apresentada, espera-se atingir uma maior produção por parte dos colaboradores da empresa, devido a essa tecnologia aumentar a velocidade de leitura das informações necessárias para o funcionamento do sistema atualmente utilizado, bem como das demais atividades desempenhadas com o uso do computador e ainda diminuir o consumo de energia dos computadores.

6.3 VIABILIDADE DA PROPOSTA

Para implementação da tecnologia proposta seriam necessários investimentos financeiros e investimentos do tempo da equipe de TI, tendo em vista o atual parque de máquinas da empresa seriam necessários um total de 7 dias de expediente normal para a implementação da tecnologia em todo o parque de máquinas, sendo o primeiro dia inteiramente dedicado ao servidor da empresa. Abaixo está exposto o cronograma para implementação.

Quadro 2: Cronograma de implementação.

Período	Dia 1	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	Dia 7
Manhã	Servidor	Televentas 1	Televentas 3	Televentas 5	Estoque 2	Gerencia 2	Presidência 1
Tarde		Televentas 2	Televentas 4	Estoque 1	Gerencia 1	Diretoria 1	Presidência 2

Fonte: Elaborado pelo autor.

Abaixo são apresentados valores dos equipamentos indicados para aquisição, são apresentados 3 fornecedores diferentes para cada equipamento e apresentadas observações julgadas necessárias.

Quadro 3 – Valores dos equipamentos.

Produto: SSD Kingston HyperX Fury 2.5´ 240GB SATA III (Modelo SHFS37A)	
Fornecedor	Valor
Kabum!	R\$ 664,59
Americanas	R\$ 688,90
Terabyte Shop	R\$ 659,00

Produto: SSD Sandisk PLUS 2.5´ SATA III (Modelo SDSSDA-480-G26)	
Fornecedor	Valor
Kabum!	R\$ 988,12
Magazine Luiza	R\$ 955,91
PC Parts	R\$ 699,00

Produto: SSD Kingston HyperX Predator (Modelo SHPM2280P2/240G) * Para o servidor	
Fornecedor	Valor
Kabum!	R\$ 1.290,47
Pichau	R\$ 1.021,60
Balão da Informática	R\$ 1.114,93

Fonte: Elaborado pelo autor.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo de caso demonstrou que a arquitetura de armazenamento em SSD é bastante vantajosa.

Esta tecnologia fornece alta performance em operações de leitura e escrita, suprimindo o gargalo tecnológico que existe entre a velocidade de operação do processador e a velocidade de manipulação de dados na memória secundária.

Pelo fato de não haver uma estrutura mecânica complexa em seu interior, os SSDs se tornam dispositivos de baixa latência, silenciosos, resistentes a choques físicos e com menos consumo de energia.

Por outro lado, a relação de custo por unidade ainda é alta, o que acaba tornando esta tecnologia não tão popular. Além disso, a vida útil de unidades de estado sólido tende a ser menor se comparadas aos discos magnéticos, pelo fato de ser definida por ciclos de leitura/escrita.

Logo, dentre vantagens e desvantagens, esta tecnologia torna-se viável pela sua alta performance, e a relação de custo/benefício pode ser superada com o uso de arquiteturas híbridas.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTI, Marcelo e MOREIRA, Enzo. **Metodologia de estudo de caso**: livro didático. 3. ed. rev. e atual. Palhoça: Unisul Virtual, 2008. 170 p.

LOHN, Joel Irineu. **Metodologia para elaboração e aplicação de projetos**: livro didático. 2 ed. rev. e atual. Palhoça: Unisul Virtual, 2005. 100 p.

MICHELONI, R; MARELLI, A; ESHGHI, K. **Inside Solid State Drives (SSDs)**. 1. ed. Netherlands: Ed. Springer Netherlands, 2012.

RAUEN, Fábio José. **Roteiros de investigação científica**. Tubarão: Unisul, 2002.