

# Um Overview sobre Interfaces de Discos Rígidos: ATA, SATA, SCSI, FC e SAS

Maxiwell Salvador Garcia (089057)  
Instituto de Computação, UNICAMP

maxiwell@gmail.com

## Resumo

Nos últimos anos, tem-se observado um aumento drástico da capacidade de armazenamento dos Discos Rígidos. O desempenho também aumenta, porém em menor proporção. Neste artigo, as interfaces ATA, SATA, SCSI, FC e SAS, que são responsáveis, em grande parte, pelo aumento de desempenho, foram explicadas e um comparativo entre elas foi realizado. As transmissões paralelas perderam espaço, e fica evidente que o setor de computadores domésticos já possui um padrão bem definido: SATA. No entanto, para sistemas corporativos, a disputa está longe do fim.

## 1. Introdução

O rápido desenvolvimento de tecnologias aliado com a grande demanda por capacidade de armazenamento e desempenho, fizeram os Discos Rígidos (*Hard Disk Drives* – HDD) evoluírem rapidamente nos últimos 50 anos. O aperfeiçoamento na construção dos HDDs, implementando recursos sofisticados de mecânica e eletrônica, fez a capacidade de armazenamento passar de 5 MB, em 1956, para centenas de *gigabytes* [3]. Quanto ao desempenho, além dessas sofisticadas internas serem impactantes, outro fator foi incisivo: a evolução das interfaces [2]. Interfaces são modelos de comunicação necessários para o funcionamento do HDD. Genericamente, após ser lido da superfície do prato, o dado chega ao microcontrolador do disco, que então o repassa para certos componentes, na placa-mãe, responsáveis por entregá-lo à memória principal. Cada interface, portanto, estabelece um padrão para que essa comunicação aconteça, podendo uma ser mais eficaz que outras. Explicar algumas dessas interfaces e confrontá-las é o objetivo principal deste artigo.

Na próxima seção, as interfaces ATA, SATA, SCSI, FC e SAS são explicadas para que, na seção 3, elas sejam comparadas. As conclusões gerais do trabalho se encontram na seção 4.

## 2. Interfaces para HDDs

Como os discos rígidos estão em diversos lugares, cada um valorizando um determinado requisito, diferentes interfaces foram desenvolvidas. A interface ATA foi desenvolvida para ser implementada em HDDs de computadores pessoais, enquanto a SCSI destina-se a servidores e armazenamento em larga escala [2]. Porém, ambas utilizam o modelo de transferência de dados em paralelo, ou seja, vários *bits* transmitidos por vez. Para isso, um cabo com vários fios, um para cada *bit*, deve interligar a unidade de disco com a placa-mãe. Apesar de intuitivamente

presumir que transferir  $N$  *bits* por vez, ao invés de apenas um, resulta em uma interface  $N$  vezes mais rápida, na prática, devido a várias complicações técnicas, isto não acontece. Por isso, as interfaces seriais, cada vez mais velozes, estão tomando o espaço antes era ocupado apenas pelas paralelas.

Assim como as interfaces FC e SAS são as alternativas seriais para a SCSI, a interface SATA (Serial ATA) é a alternativa para o ATA [8]. Todas essas ainda são usadas atualmente. Porém, devido ao distanciamento das velocidades das seriais para com as paralelas, o futuro das interfaces tende a ser puramente serial [8].

Antes de iniciar as próximas seções, é importante saber que todas as taxas de transferências informadas a seguir são teóricas. Na prática, nem sempre se consegue esses valores e muitas vezes, o valor real é muito inferior. Porém, acredita-se que com o amadurecimento das tecnologias, os valores reais se aproximarão dos teóricos [8].

### 2.1 ATA

Os primeiros Discos Rígidos fabricados para computadores pessoais surgiram na década de 80, com capacidade de 10Mb [3]. Desde então, não parou de evoluir. Já em 1986, uma parceria da Western Digital, Compaq Computer e Control Data Corporation fez nascer o que hoje é conhecido como interface ATA (*Advanced Technology Attachment*) [1] [22]. Ainda no início, algumas empresas comercializavam esta interface com o nome de IDE (*Integrated Drive Electronics*), e isto permaneceu durante um bom tempo, até que, para evitar confusão, passaram a usar o termo ATA/IDE [1]. Como ATA era apenas para discos rígidos, houveram esforços para utilizá-la, também, em outros periféricos, como CD-ROM e *Tape Drives*, surgindo o termo ATAPI (*ATI Packet Interface*). Com o amadurecimento da tecnologia, vários padrões foram surgindo, e o último é o padrão ATA/ATAPI-6, de 2002. O ATA/ATAPI-7 [22], de 2004, já não é considerado puramente ATA, pois em seu documento, há especificações, também, da interface SATA-1 [1].

Muitas transformações aconteceram desde o ATA-1 até o ATA/ATAPI-7. Por isso, ao invés de descrever o processo histórico destas mudanças – que pode ser encontrada em [1] – focaremos em como esta interface é implementada atualmente.

A última velocidade alcançada com ATA foi 133MB/s. A transmissão é feita em 16 *bits* em paralelo, em modo *half-duplex*, utilizando um cabo denominado *Ribbon*. Inicialmente, estes cabos tinha 40 fios, porém, para conseguir maiores velocidades (acima de 33MB/s), foi adicionado mais 40 fios de aterramento. Estes fios adicionais são simplesmente para evitar a interferência entre fios vizinhos devido a alta frequência – efeito conhecido como *crossstalk* [7]. Apesar de ter dobrado o número de fios, os conectores ainda possuem apenas 40 pinos.

Cada *Ribbon* permite até dois dispositivos com interface ATA/ATAPI, porém para evitar conflito, um deve ser nomeado Mestre (e o outro Escravo) através de *jumpers* no próprio dispositivo. Outra posição possível do  *jumper* é *Cable Select*, em que o sistema encontra quem é Mestre e Escravo automaticamente, pela posição dos dispositivos no cabo.

Nas interfaces ATA/ATAPI mais recentes, a transferência, que antes era assumida pelo processador, passou a ser feita pelo DMA (*Direct Access Memory*), liberando-o para outras tarefas. Pelo padrão estabelecido, a cada subida do *clock*, ou era enviado os dados ou era os comandos, sincronizados com o barramento. Mas um comando não podia ser enviado desde que os dados não tivesse sido recebidos, e vice-versa [7]. Isso prejudicava a velocidade, pois havia uma janela de tempo muito grande entre as transmissões de dados. Então foi desenvolvido pela Quantum Corporation em parceria com a Intel, o UltraDMA (UDMA), que otimiza consideravelmente a interface ATA. Neste dispositivo, tanto a subida do *clock* quanto a descida é utilizada para transmissões, aumentando a velocidade em 100% (passando de 16,6 MB/s para 33,3 MB/s). Outra melhoria foi o acréscimo de códigos CRC (*Cyclic Redundancy Check*) para detecção de erros nas transmissões. Foram definidos 6 tipos de UDMA, cada um especificando a frequência das transferências. Quando vários erros são encontrados no UDMA 6 (último implementado e opera a 133 MB/s), o sistema começa a operar no UDMA 5 (à 100 MB/s). Se os erros persistirem, a velocidade vai diminuindo, podendo até desligar o suporta ao UltraDMA. Como já comentado, a partir do UDMA 2 (33MB/s), um cabo com 80 fios deve ser adotado. É comum encontrar a nomenclatura UltraATA/X, referente ao uso da interface ATA com UltraDMA, operando a X MB/s.

Mesmo duplicando fios, ou desenvolvendo outras técnicas para operar em maiores frequências, o efeito *crosstalk* ainda impunha grande resistência no desempenho na interface ATA. Uma solução é transmitir um *bit* por vez, e acelerar o *clock* tanto quanto possível, surgindo, então, a interface SATA. Depois da introdução da SATA no mercado, a interface ATA passou a ser chamada de PATA (*Parallel ATA*). Não obstante, alguns grupos continuam apostando na PATA – como pode ser visto em [1] – e criticam duramente a SATA em termos de confiabilidade e restrições, apontando vários erros em *Benchmarks Tools*.

## 2.2 SATA

SATA (*Serial ATA*) [18] é uma interface relativamente nova e suporta todas as funcionalidades da predecessora ATA, mas com apenas 7 fio no cabo. É uma interface simples, posto que seu objetivo era simplesmente transformar a ATA em serial [8]. Seu desenvolvimento começou em 2000, pelo *SATA Working Group* e em 2002, os primeiros dispositivos foram construídos [18].

Utilizando alta velocidade com baixa tensão, a velocidade inicial do padrão SATA-1 foi 150 MB/s – por isso também é chamada de SATA-150. Nos 7 fios do cabo, 2 são para transmissão, 2 para recepção e 3 de aterramento. Mesmo possuindo fios dedicados para transmissão e recebimento, todos os padrões SATA ainda é *half-duplex* [8][17][10]. Realizando uma simples busca por SATA, é possível encontrar diversos *blogs*, *foruns* e até trabalhos universitários [13] informando, erroneamente, que SATA é *full-duplex*. Como é explicado em [8], devido a problemas de *Interlock Control*, dados não podem ser enviados e recebidos simultaneamente nos padrões SATA.

Uma das dificuldades dos dispositivos SATA eram sua ligação ponto-a-ponto obrigatória. Porém, há uma especificação, denominada SATA PM (*SATA Port Multipliers*) que permite a inserção de vários em uma única porta [18].

Nas transmissões SATA, é utilizado uma codificação chamada de 8B/10B (10 *bits* brutos para transmitir 8 *bits* efetivos) [23]. Assim, os 150 MB/s comentados são referentes a dados (*bits* efetivos). Logo, a taxa de transmissão real (analisando os *bits* brutos) é de 1,5 Gb/s<sup>1</sup>.

Desde a primeira versão, SATA oferecia um recurso denominado NCQ (*Native Command Queuing*) que é um comando nativo de enfileiramento. Porém era um recurso opcional e passou a ser obrigatório a partir da segunda geração do SATA. NCQ aumenta o desempenho do dispositivo pois permite o enfileiramento das solicitações, atendendo aquelas que estão mais próximas primeiro – no caso do disco, mais próximas da cabeça de leitura. Exemplificando, seria parecido com o sistema de elevadores, pois a cabine não obedece exatamente a ordem que foi feita as solicitações, mas sim as mais próximas primeiro. Assim, com o aumento da frequência e implementando algumas técnicas para melhorar o desempenho, a segunda versão da interface SATA (*Revision 2*), dobrou de velocidade, chegando a 3 Gb/s (ou 300 MB/s de dados efetivos).

Com a evolução da tecnologia SATA, as nomenclaturas, por conta da própria *SATA International Organization*, ficou deveras confusa. Por isso, esta mesma organização tenta corrigir e estipular padrões nas nomenclaturas. SATA II é um termo que deve ser evitado para discos SATA de 3 Gb/s, segundo [18], pois este nome foi dado à equipe que desenvolveu a especificação SATA, em 2002. Hoje, este termo foi substituído por *SATA International Organization*. A especificação SATA 3 Gb/s, assim como outras, foi desenvolvida pela equipe SATA II, por isso a confusão. A maneira correta, portanto, é especificar a taxa de transferência à frente de SATA, ou informar a *Revision* pertencente.

Em maio de 2009, um novo padrão SATA foi oficialmente lançado, o SATA 6 Gb/s (*SATA Revision 3*), com o dobro da velocidade do padrão anterior. Também foi melhorado o suporte para vídeo e áudio com modificações no NCQ e outras técnicas foram acrescentadas para ganhar desempenho. Porém, mesmo os HDD convencionais mais rápidos atualmente, não conseguem saturar o *link* de 3 Gb/s oferecidos anteriormente [12]. Quem tirará proveito desta nova interface, portanto serão os dispositivos mais rápidos, como os Discos de Estados Sólidos (*Solid State Disks*), que em 2008 atingiu a marca de 250 MB/s, segundo a Intel [12].

Como SATA foi adotado com sucesso pelas empresas, começaram, então, a criar vários sabores, para outros segmentos. O eSATA (*External SATA*) foi criado pela própria *SATA International Organization* para permitir que dispositivos externos pudessem utilizar a interface SATA, posto que na interface padrão, além de outros empecilhos, o cabo deve ter no máximo um metro. Outra variante SATA foi implementada pela Western Digital, denominada *Enterprise SATA*. Esta compete diretamente com o SAS e FC no setor de alto desempenho, porém, por ser proprietária, não existem muitas informações. Em [10], há uma conversa entre defensores da *Enterprise SATA*, apoiada pela Western Digital, e da SAS, apoiada pela Fujitsu.

<sup>1</sup> 1,5 multiplicado por 0,8 resulta, aproximadamente, nos 150 MB/s.

Quem deseja se aprofundar nos detalhes da interface SATA, há um problema. Pois segundo [1], esta interface foi criada por uma “sociedade secreta” e apenas membros desta sociedade tem acesso à documentação plena. Quando algum documento se torna publico, já está obsoleto.

## 2.3 SCSI

Nos idos anos 80, a busca por uma padronização de um dispositivo de disco aliado com a necessidade de desempenho em sistemas corporativos, fez surgir a primeira padronização da interface SCSI (*Small Computer System Interface*) [9][14]. Houveram várias modificações ao longo dos anos, e a última especificação é a SCSI-3, de 1995. A Tabela 2.1 exibe um resumo do mundo SCSI [15].

A SCSI-3 é um aglomerado de documentos que tenta especificar um pouco de tudo. Um conjunto de padrões envolvendo a forma como os dispositivos se comunicam, a SCSI *Parallel Interface* (SPI), continuou a evoluir dentro do SCSI-3. Por isso essa grande quantidade de implementações com nomes Ultra: cada uma utiliza uma variação SPI. As nomenclaturas *Fast* e *Wide* surgiu no SCSI-2 e significava dobrar a velocidade de *clock*, para 10MHz, e dobrar a largura do barramento, para 16 *bits*, respectivamente [15]. Essa confusão fez com que diferentes implementações não se entendessem, mesmo utilizando a mesma especificação padronizada, pois utilizavam diferentes velocidades, largura de barramento e conectores. Outro aspecto que variava com a implementação era o modo de transmissão, que podia ser síncrono ou assíncrono.

**Tabela 2.1. Tecnologias SCSI**

Implementação	Especificação	Bandwidth	Ano
SCSI-1	SCSI-1	5 MB/s	1986
Fast SCSI	SCSI-2	10 MB/s	1994
Wide Ultra SCSI	SCSI-3	40 MB/s	1995
Wide Ultra2 SCSI	SCSI-3	80 MB/s	1997
Ultra-160 SCSI	SCSI-3	160 MB/s	1999
Ultra-320 SCSI	SCSI-3	320 MB/s	2001

Na versão mais recente, a Ultra-320 (com SPI-4), é possível transmitir 320 MB/s em modo síncrono, com 16 *bits* por vez a 80MHz [15]. O conector utilizado possui 80 pinos, vários deles destinados a controlar o efeito *crossstalk*. Vários recursos foram adicionados, como detecção de erros CRC, transmissão de dados em pacotes, e compensação de *Skew*<sup>2</sup> [15].

Como SCSI utiliza um barramento para troca de informações, a controladora SCSI, denominada de *host adapter*, é a intermediária entre todos os dispositivos no barramento e a memória principal do sistema. Ela é inteligente o suficiente para garantir a organização do ambiente, mantendo um grande fluxo de informação. Ao todo, 16 dispositivos, não apenas discos rígidos, podem ser conectados. Porém o *host adapter* já ocupa uma posição. Dispositivos internos são conectados à controladora por um cabo *flat*. Os externos, são ligados em cadeia, denominada *Daisy Chain*, utilizando um tipo de cabo mais resistente. Nesta cadeia, cada dispositivo se conecta ao

próximo da fila; deve existir, portanto, dois conectores em cada dispositivo (*In* e *Out*).

A controladora pode sinalizar os impulsos elétricos pelos fios de três modos: *Single-Ended* (SE), *High-Voltage Differential* (HVD) e *Low-Voltage Differential* (LVD). No primeiro, o sinal é gerado e transmitido via barramento em uma única linha de dados. Assim, cada dispositivo atuará como um terra, amenizando o sinal e limitando o SCSI SE a 3 metros. Os outros dois, são utilizados em servidores, e permitem grandes distâncias. Isso porque, no controlador existente em cada dispositivo, há um circuito transmissor-receptor de sinal que, ao observar o sinal enviado pelo *host adapter*, o retransmite, até chegar ao destino. A diferença entre o HVD e o VLD são as tensões utilizadas e os circuitos do segundo são menores. O HVD permite 24 metros entre o *host adapter* e o dispositivo e o VLD, 12 metros.

O SCSI foi, duramente muito tempo, a melhor alternativa para controlar uma Matriz Redundante de Discos Independentes (RAID) por prover comando específicos [15]. RAID é uma série de discos rígidos tratados como um único grande *drive* [4]. Pode ser utilizado para vários propósitos, de acordo com a necessidade do sistema. Basicamente, existem duas abordagens: ou pode deixar o sistema de disco mais rápido, através de divisão de dados entre os discos, ou pode tornar o sistema mais seguro, através de espelhamento ou *bit* paridade. Existem mais de 6 tipos de configurações de RAID atualmente, cada uma trabalhando com os discos de forma diferente para garantir uma dessas duas abordagens, ou alguma abordagem mista, com característica de ambas [4].

O SCSI, em suma, possui benefícios: (i) é rápido, (ii) está no mercado a mais de 20 anos, sendo testado e aprovado por inúmeras corporações e (iii) permite elementos variados no barramento. Porém, não conseguiu progredir. No *RoadMap*, a implementação do Ultra-640 estava prevista para 2004, porém as novas tecnologias seriais, SAS e FC, tiraram o SCSI do foco. Os motivos do desinteresse, possivelmente, foram as limitações técnicas e a ascensão de tecnologias tão rápidas quanto e mais baratas, como a SATA 3Gb/s, que também permite fácil configuração para RAID [15].

## 2.4 FC

A interface FC (*Fibre Channel*) [6][21] apareceu inicialmente em 1988, e virou padrão ANSI em 94. Porém, as FC atuais derivam dos novos padrões que foram se consolidando [21]. Apesar do nome, esta tecnologia pode ser implementada tanto em fibra ótica quando em cobre (cabos par trançado).

Como já foi dito, os discos que implementam as interfaces FC (também chamados de discos FC), podem ser considerados a evolução serial dos discos SCSI. Porém, alguns pontos necessitam esclarecimentos. Um disco FC, pode ser definido como parte da especificação SCSI-3 [5]. Isso porque, dentro da SCSI-3, há um conjunto de padrões sobre como o disco se comunica com o restante da interface, denominado de SCSI *Command Protocol*; apenas esta parte da especificação é utilizada aqui [8]. Reescrevendo, pode-se considerar os protocolos do *Fibre Channel* uma interface do SCSI no canal da fibra, como ilustra a Figura 2.1 [8]. Porém, FC é muito versátil, e permite vários outros protocolos por cima do FC4, além do SCSI [11].

<sup>2</sup> Efeito tipicamente encontrado em transmissões paralelas síncronas, onde um ou mais *bits* podem chegar atrasados em relação aos demais.

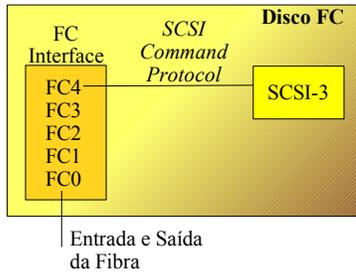


Figura 2.1. Organização de um Disco FC

A interface FC tinha como escopo os supercomputadores, onde escalabilidade e velocidade são fundamentais. Porém, ultimamente, vem conquistando seu espaço em redes com compartilhamento de discos, as chamadas SANs (*Storage Area Network*), que exigem grande desempenho [11]. A taxa de transferência, que nos primórdios da tecnologia era de 1Gb/s, hoje está em 4Gb/s, e pesquisas já estão acontecendo para que essa taxa chegue a 8Gb/s [8].

Por ser uma interface que oferece recursos de escalabilidade, algumas topologias podem ser usadas. Basicamente, as topologias *Point-to-Point* (FC-P2P), *Arbitrated Loop* (FC-AL) e *Switched Fabric* (FC-SW) são as mais implementadas [11]. A primeira interliga dois dispositivos ponto a ponto, sendo a mais simples. A *Arbitrated Loop* forma um anel de dispositivos, e o fluxo de dados acontece em apenas um sentido do anel (horário ou anti-horário). Logo, esta topologia, apesar de funcionar com vários dispositivos de maneira simples, ao inserir ou retirar um dispositivo, toda atividade do anel é interrompida. Na *Switched Fabric*, todo dispositivo se conecta com o *Fabric*, que é responsável por chavear a comunicação entre dois pontos; semelhante à função do *switch* em redes *ethernet*. Esta, portanto, apresenta várias vantagens com relação às outras, porém seu custo de implementação é muito mais elevado. Uma alternativa é mesclar esses modelos, adicionando um *switch*, do FC-SW, em um dos nodos do anel do FC-AL, facilitando a expansão.

A interface FC, como mostra a Figura 2.1, especifica cinco camadas: (0) a física, (1) a de enlace, (2) a de rede, (3) uma camada com funções especiais, e (4) a camada da aplicação. Na camada FC0, parâmetros ópticos e elétricos são especificados, bem como os cabos, conectores e mecanismos para manter o sistema seguro, *i.e.* sem erros de sinais elétricos ou ópticos. Na próxima camada de abstração, a FC1, é especificado o protocolo de transmissão, incluindo a codificação e decodificação serial, controle de erro, e os caracteres especiais. Tais caracteres são codificações de dados transmitidos para aumentar a eficiência da interface. Mais informações sobre estes caracteres especiais e regras de codificação podem ser encontradas em [11].

Na camada de rede, FC2, assim como na camada de rede *ethernet*, é definido a estrutura dos *frames*, os sinais de controle de fluxo, o controle da ordem dos *frames*, entre outros atributos. Na FC3, várias funções especiais são implementadas, como encriptação e *Striping*, que aumenta *bandwidth* usando várias portas para transmitir um único dado. Em FC4, outros protocolos, como SCSI, são encapsulados em uma unidade e repassados à FC3 [8][11]. Na Figura 2.1, apenas o protocolo SCSI é encapsulado, posto que representa um disco. Porém, outras implementações podem permitir outros protocolos em FC4, como IP, ATM e 802.2 [11] [5].

Resumindo as principais características das interfaces FC, temos: (i) *hot-pluggability*, que permite a inserção e remoção de discos enquanto o sistema está operando, essencial em ambientes de alto desempenho onde a disponibilidade é próxima de 100%; (ii) é uma interface padronizada, portanto não necessita de adaptadores especiais; (iii) permite conexões entre dispositivos de longa distância, pois seu esquema de camadas inclui mecanismos para tal recurso; e (iv) quando bem configurado, para SANs, é a opção mais rápida [11].

## 2.5 SAS

Assim como o SATA foi bem recebido pela indústria para computadores pessoais, fabricantes como a Fujitsu apostam no SAS (*Serial Attached SCSI*) [20] para o setor corporativo e de alto desempenho [10]. Ao contrário do que acontece com o SCSI, onde há uma confusão com padrões e incompatibilidade entre implementações, o SAS possui uma documentação simples e bem definida, promovida pela *SCSI Trade Association* [15]. A essência da interface SAS é a combinação da simplicidade SATA com camadas de protocolo similar ao FC [8]. Visando maior integração, desde o começo, a especificação SAS se preocupou em oferecer suporte à interface SATA padrão, demandando grande esforço por parte do *SATA International Organization* e do *SCSI Trade Association* [17].

O primeiro padrão oficial ANSI saiu em 2005 e, apesar de jovem, é apoiado por várias indústrias e promete arrebatar grande parte do nicho destinado. Inicialmente, a taxa de transferência já era de 3 Gb/s e na segunda geração, lançada em 2008, foi aumentada para 6 Gb/s. Permite transmissão *Full-Duplex* e dois tipos de topologia: ponto-a-ponto e estrela, com as conexões concentradas em um Expansor [8]. Assim como acontece na interface FC, o *ICSI Command Protocol* é utilizado sobre os discos para comunicação com a pilha de protocolos da interface SAS. As outras camadas existentes na FC, também existem na interface SAS, com funcionalidades parecidas. Porém, devido às restrições impostas desde o começo do projeto, como a exclusão de certas funções complicadas, a interface SAS é bem mais simples que a FC [8].

Existem vários conectores padrões para o SAS, alguns projetados especialmente para serem usados quando a velocidade atingir 12 Gb/s ou mais [16]. Tem conectores para suportar tanto SAS quanto SATA, demonstrando versatilidade da interface. Porém, todos os conectores possuem mais pinos que os conectores SATA, necessário devido ao alto desempenho.

SAS é uma interface com várias vantagens, sendo segura, rápida, escalável e está em crescente expansão. Porém, é bem mais caro que a SATA. Que o padrão SCSI será substituído por interfaces seriais é fato, resta saber por qual.

## 3. Comparações

Como na seção anterior foram apresentadas diversas interfaces, cada uma com determinadas características, uma comparação direta entre elas é válida. É certo que elas se distinguem em nichos de mercado. Porém, tecnologias ditas “para Desktop”, como a SATA, já ultrapassou os discos SCSI em desempenho, a um preço muito inferior. Na Tabela 3.1, as interfaces são mostradas em termos de taxa de transferência, o ano de surgimento e desaparecimento.

**Tabela 3.1. Tempo de vida das Interfaces e suas taxas de transferência**

Interface		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
SCSI	1999~	U160		U320							
FC	1996~	1 Gb/s		2 Gb/s		4 Gb/s		8 Gb/s			
SAS						3 Gb/s		6 Gb/s			
PATA	1998~	ATA66		ATA100 ATA100/133							
SATA				1.5 Gb/s		3 Gb/s					

A SATA 6 Gb/s não está presente por ser muito nova, não havendo dispositivos fabricados para comercialização ainda.

Na Tabela 3.2, é possível observar que, mesmo novos padrões sendo desenvolvidos, o conjunto de comandos continuam os mesmo. Como já comentado, é o que acontece com o FC e o SAS, que utiliza o SCSI *Command Protocol* para comunicação com o disco.

**Tabela 3.2. Informações sobre as Interfaces**

Interface	Command Set	Taxa de Transfer.	Topologia
ATA	ATA	66, 100, 133 MB/s	String
SATA	ATA/ATAPI	1.5, 3, 6 Gb/s	Ponto-a-Ponto
SCSI	SCSI	160, 320 MB/s	String
SAS	SCSI	3, 6 Gb/s	Star, Ponto-a-Ponto
FC	SCSI	1, 2, 4, (8) Gb/s	Loop, Star, Switch

Como todas as interfaces apresentadas apresentam camadas, a Tabela 3.3 faz um paralelo entre as camadas e as interfaces, de modo resumido, facilitando a compreensão. Para as camadas, foi utilizado a nomenclatura presente em [8]. A camada correspondente à FC3, da interface FC, não está presente, posto que é apenas uma camada para funções especiais.

**Tabela 3.3. As Interfaces em Camadas**

	SCSI	FC	SAS	ATA	SATA
Command	SCSI-3	SCSI-3	SCSI-3	ATA	ATA/ATAPI
Mapping	-	FC4 SCSI-3 to FC Protocol	Transport Layer Frames	-	-
Protocol	Bus Phase Bus Sequence	FC2 Frames / Controle de Fluxo	Port Layer Frames	DMA	Frame (FIS)
Link	Signal Lines Bus Timing	FC1 8B/10B code	8B/10B code CRC Address Frame	Signal Lines Bus Timing	8B/10B code CRC
Physical	Conector, Cabos, Características Elétricas	FC0 Conector, Cabos, Características Elétricas	Conector, Cabos, Características Elétricas	Conector, Cabos, Características Elétricas	Conector, Cabos, Características Elétricas

Como os discos SATA oferece grandes espaços de armazenamento, bom desempenho, a preços baixos, uma comparação com as interfaces SAS, que é uma tecnologia nova e de alto desempenho, foi feita em [17]. Suas conclusões corroboram com o bom senso. A SAS foi amplamente superior quando segurança, integridade e disponibilidade são requisitos importantes; essenciais em sistemas de missão crítica. SAS é importante escalável, podendo chegar a 200 dispositivos. Enquanto que SATA permite apenas um Ponto-a-Ponto. Como foi comentado na seção 2.2, a *SATA International Organization* padronizou um dispositivo que permite instalar vários dispositivos SATA em uma única porta (*SATA Port Multiplier*), porém, seu limite é de apenas 16 dispositivos. A utilização de discos SATA junto com discos SAS, com o mesmo controlador, foi executado com êxito, oferecendo ao usuário alto nível de flexibilidade para configurar seu sistema de armazenamento, podendo balancear custo com desempenho.

A interface SAS também bate de frente com a nova tecnologia da Western Digital, a *Enterprise SATA*. Em [10], há um bate-bato entre Andrew Batty, da Fujitsu Europe, defensor do SAS, e Hubbert Smith, diretor de marketing da Western Digital. Ao final, como é esperado, cada um afirma que sua tecnologia é superior, criticando vários pontos na outra. Apenas o tempo definirá quem assumirá o setor corporativo e de alto desempenho por completo.

## 4. Conclusões

Houve muita evolução desde as primeiras interfaces na década de 80 para as atuais. Mesmo sendo a primeira a ser desenvolvida, a SCSI perdurou até pouco tempo atrás, se mostrando altamente confiável. Porém, a mudança de paradigma foi inevitável, e todas as paralelas, SCSI e ATA, receberam suas versões seriais. Com isso, a frequência pôde ser acelerada inúmeras vezes sem sofrer dos problemas que as interfaces paralelas sofriam.

Dizer qual é a melhor interface com base apenas as especificações é totalmente errado [8]. Deve-se procurar informações que não estão documentadas, vários detalhes

escondidos, que podem arruinar um sistema inteiro. Testes empíricos mostraram que SAS é realmente melhor que SATA, posto que ela foi desenvolvida com esse quesito. Porém, SATA ainda é a melhor alternativa quando o fator financeiro é importante, oferecendo o melhor custo benefício das interfaces mostradas neste artigo. E sem dúvida, domina com mérito o setor de computadores pessoais e notebooks.

A interface FC, embora antiga, ainda promete conquistar seu espaço. Há muito esforço para que isso ocorra, porém, em meio a tantos padrões borbulhando para sistemas corporativos, qualquer previsão pode ser equivocada.

## 5. Referências

- [1] **ATA-ATAPI**. Disponível em: [www.ata-atapi.com/hist.html](http://www.ata-atapi.com/hist.html)
- [2] Anderson, D.; Dykes, J.; Riedel, E. **More than an interface — SCSI vs. ATA**. In: 2nd Conference on File and Storage Technologies . Vol. 1, Pages 245-257. San Francisco, 2003.
- [3] Chen, B. M.; Lee, T. H.; Peng, K.; Venkataramanan, V. **Hard Disk Drive Servo Systems**. Ed. Springer, 2nd Edition, 2006.
- [4] Elmasri, R.; Navathe, S. **Fundamentals of Database Systems**. Ed. Addison Wesley, 4th Edition, 2003.
- [5] **Fibre Channel Tutorial of University of New Hampshire**. Disponível em: [www.iol.unh.edu/services/testing/fc/training/tutorials/fc\\_tutorial.php](http://www.iol.unh.edu/services/testing/fc/training/tutorials/fc_tutorial.php)
- [6] **Fibre Channel Industry Association**. Disponível em: [www.fibrechannel.org](http://www.fibrechannel.org)
- [7] **IDE-ATA**. Disponível em: <http://en.kioskea.net/contents/pc/ide-ata.php3>
- [8] Kawamoto, M. **HDD Interface Technologies**. In: Fujitsu scientific & Technical Journal, Vol. 42, No. 1, Pages 78-92, 2006.
- [9] Mason, H. **SCSI, the Perpetual Storage I/O Technology**. WhitePaper of SCSI Trade Association. 2004.
- [10] Mellor C. **SAS or enterprise SATA drives? WD says eSATA, Fujitsu says SAS**. TechWorld Magazine. 2005. Disponível em: <http://www.techworld.com/storage/features/index.cfm?featureid=1973>
- [11] Meggyesi, Z. **Fibre Channel Overview**. Research Institute for Particle and Nuclear Physics, CERN. Disponível em: [hsi.web.cern.ch/HSI/fcs/spec/overview.htm](http://hsi.web.cern.ch/HSI/fcs/spec/overview.htm)
- [12] Novakovic, N. **SATA doubles its speed – again**. Intel Developer Forum, San Francisco. 2008. Disponível em: [www.theinquirer.net/inquirer/news/1023995/idf-2008-sata-doubles-speed](http://www.theinquirer.net/inquirer/news/1023995/idf-2008-sata-doubles-speed)
- [13] Rabello, G.; Kist, R.; Honji, R. **Discos IDE/ATA e SATA**. Trabalho da Disciplina MC722 do Instituto de Computação, UNICAMP.
- [14] **SCSI Parallel Interface-4 (SPI-4)**, 2002. Disponível em: [www.t10.org/ftp/t10/drafts/spi4/spi4r10.pdf](http://www.t10.org/ftp/t10/drafts/spi4/spi4r10.pdf)
- [15] **SCSI Trade Association**. Disponível em: [www.scsita.org](http://www.scsita.org)
- [16] **Serial Attached SCSI 1.1 revision 7. Connector Standard**. 2004. Disponível em: [www.t10.org/ftp/t10/document.05/05-023r0.pdf](http://www.t10.org/ftp/t10/document.05/05-023r0.pdf)
- [17] **Serial attached SCSI or serial ATA hard disk drives**. Computer Technology Review, 2003. Disponível em: [http://findarticles.com/p/articles/mi\\_m0BRZ/is\\_5\\_23/ai\\_103731259](http://findarticles.com/p/articles/mi_m0BRZ/is_5_23/ai_103731259)
- [18] **Serial ATA International Organization**. Disponível em: [www.sata-io.org](http://www.sata-io.org)
- [19] **X3T10 Projects**. Disponível em: [www.t10.org/projects.htm](http://www.t10.org/projects.htm)
- [20] **X3T10/Project1601D: Serial Attached SCSI-1.1 (SAS-1.1)** ANSI, Inc. 2005.
- [21] **X3T11/Project1133D: Fibre Channel Arbitrated Loop (FC-AL-2)**. ANSI, Inc. 1999. Disponível em: [www.t11.org/ftp/t11/member/fc/al-2/99-524v0.pdf](http://www.t11.org/ftp/t11/member/fc/al-2/99-524v0.pdf)
- [22] **X3T13:Project1532D: AT Attachment with Packet Interface – 7**. ANSI, Inc. 2004.
- [23] Widmer, A., X.; Franaszek, P., A. **A DC-Balanced, Partitioned-Block, 8B/10B Transmission Code**. IBM J. Res. Develop, 27, 5, p.440-451. 1983.