

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

KENNEDY OLIVEIRA ROCHA

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE INTERCONEXÃO
PARA COMUNICAÇÃO INTERCHIP**

UNEMAT – Campus de Sinop

2019/1

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
CURSO DE BACHARELADO EM SISTEMAS DE INFORMAÇÃO

KENNEDY OLIVEIRA ROCHA

**UM ESTUDO COMPARATIVO DE SISTEMAS DE INTERCONEXÃO
PARA COMUNICAÇÃO INTERCHIP**

Projeto de Pesquisa apresentado à Banca Examinadora do Curso de Bacharelado em Sistemas de Informação – UNEMAT, Campus Universitário de Sinop – MT, como pré-requisito para obtenção do título de Bacharel em Sistemas de Informação, sob orientação do Prof. Dr. Ivan Luiz Pedroso Pires.

UNEMAT – Campus de Sinop

2019/1

LISTA DE TABELAS

Tabela 6.1 — Formato de <i>Frame</i> e Pacote Ethernet.....	16
Tabela 6.2 — Especificações de Normas 803.2.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 6.1 — Subcamadas Ethernet 100 Gigabit	14
Figura 6.2 — Arquitetura ENoC.....	19

LISTA DE ABREVIATURAS

(Caso necessitar)

Deve apontar as Abreviaturas constantes no Projeto de Pesquisa, sendo indicadas pela forma abreviada e, em seguida, pela forma extensa separada por um traço.

Exemplo:

PP – Projeto de Pesquisa

TCC – Trabalho de Conclusão de Curso

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

No texto, as abreviaturas que aparecem pela primeira vez, em ordem de leitura, devem ser escritas por extenso, seguida de um traço e a então a abreviatura. Se a abreviatura se repetir no texto, poderá então ser utilizada sem a escrita por extenso.

Exemplo:

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT é responsável pelas publicações das normas técnicas regulamentadoras do país.**Erro! Fonte de referência não encontrada.**

DADOS DE IDENTIFICAÇÃO

- 1. Título:** Nome do Projeto
- 2. Tema:** Área de conhecimento (ver tabela da Capes)
- 3. Delimitação do Tema:** Área específica
- 4. Proponente(s):** Nome do aluno que elaborou o Projeto
- 5. Orientador(a):** Nome do Professor(a) que está orientando o Projeto
- 6. Coorientador(a):** Nome do Professor(a) que está coorientando o Projeto
- 7. Estabelecimento de Ensino:** Nome da Universidade
- 8. Público Alvo:** Especificação dos sujeitos da Pesquisa
- 9. Localização:** Endereço das Instituições onde será realizado o Projeto (rua, número, cidade, CEP).
- 10. Duração:** Previsão da execução do Projeto (da aprovação até o término)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	8
2	PROBLEMATIZAÇÃO	9
3	JUSTIFICATIVA.....	10
4	HIPÓTESES.....	11
5	OBJETIVOS.....	12
5.1	OBJETIVO GERAL	12
5.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
6	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	13
6.1	ETHERNET	13
6.1.1	Camada Física	14
6.1.1.1	<i>Physical Coding Sublayer</i>	14
6.1.1.2	<i>Forward Error Correction</i>	14
6.1.1.3	<i>Physical Medium Attachment.....</i>	15
6.1.1.4	<i>Physical Medium Dependent</i>	15
6.1.1.5	<i>A Medium Dependent Interface</i>	15
6.1.2	Camada de Enlace	16
6.1.3	Reconciliador	17
6.1.4	Evolução.....	17
6.2	<i>EXPANSIBLE NETWORK ON A CHIP (ENOC).....</i>	19
6.3	INFINIBAND (IB)	20
6.3.1	Camada Física	20
6.3.2	Camada de Enlace	21
7	METODOLOGIA	22
8	RECURSOS MATERIAIS	23
9	CRONOGRAMA	24
	BIBLIOGRAFIA	25

1 INTRODUÇÃO

(O quê?)

Os SOC são utilizados largamente na computação cotidiana desde os modems, telefones, reprodutores de DVD, televisões e telefones a supercomputadores, servidores e data center. Tal sistema é composto de processadores, microcontroladores, buffers, dispositivos de entrada e saída de dados entre outras coisas (Greaves, 2011).

2 PROBLEMATIZAÇÃO

Levando em consideração os aspectos, potenciais e tecnologias que envolvem a 100GE e a ENoC, têm-se como problemática a aceleração da velocidade de comunicação de SoCs numa ENoC.

3 JUSTIFICATIVA

A arquitetura ENoC visa oferecer aos sistemas computacionais uma alternativa para implementação de SoCs, dando a eles a possibilidade de expansão com a funcionalidade de auto reconfiguração, ou seja, quando acoplado um novo SoC a uma ENoC, o mesmo será adicionado a rede instantaneamente sem necessidade de configurações adicionais (Pires, 2018). Paralelamente, a 100GE intenta trabalhar em cima de tecnologias para garantir a transmissão de dados em alta velocidade sem perda de dados (LAN/MAN Standards Committee, 2018).

Ao implementar a 100GE como meio de comunicação nos SoCs dentro de uma ENoC, esse estudo trará a essa arquitetura uma maneira mais célere de transmitir seus dados, o que pode colaborar, amparado no estudo (Pires, 2018), para a computação paralela, sistemas distribuídos e computação de alta performance.

4 HIPÓTESES

A implementação da 100GE como meio de comunicação de sistemas SoCs numa rede ENoC trará mais velocidade de transmissão e beneficiará tal tecnologia.

5 OBJETIVOS

5.1 OBJETIVO GERAL

Fazer um estudo comparativo do desempenho e verificação de viabilidade da Ethernet 100 Gigabit como sistema de interconexão para a arquitetura de rede em chip expansível ENoC.

5.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Executar a simulação da arquitetura ENoC com a 100GE como meio de comunicação;
- Executar a simulação da arquitetura ENoC com a IB como meio de comunicação;
- Analisar e comparar os resultados das simulações;
- Analisar sistemas de interconexão para comunicação Inter-Chip;
- Analisar conceitos de soluções para computação de alto desempenho;
- Simular soluções para computação de alto desempenho;
- Analisar conceitos de simulação de rede;
- Verificar a viabilidade da utilização da 100GE como meio de comunicação para a ENoC;

6 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

6.1 ETHERNET

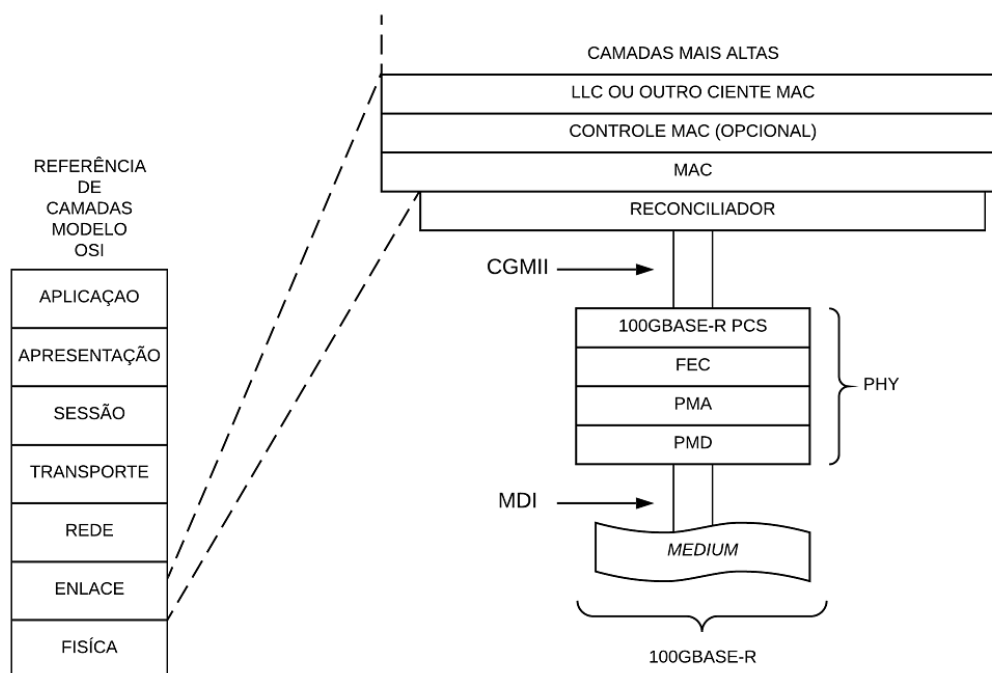
A Ethernet é um conjunto de normas e padrões de rede que define regras numa Rede de Internet Local (*Local Internet Network* (LAN)) para a transmissão de dados, implementando o algoritmo de Acesso Múltiplo com Detecção de Transporte e Controle de Colisão (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* (CSMA/CD)) para acesso a dados e o Controle de Acesso ao Meio (*Medium Access Control* (MAC)) para controle de acesso ao meio.

Esse protocolo é atualmente padronizado pelo IEEE 802.3, um grupo de estudo pertencente ao *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), cuja a responsabilidade é estudar e padronizar esse modelo de rede, tal qual atua na camada física e de enlace de dados no modelo *Open Systems Interconnection* (OSI). Os padrões são especificados por velocidade, ou seja, para cada velocidade há uma normalização. As funcionalidades dessa tecnologia tratada nesse estudo, estão especificadas em (LAN/MAN Standards Committee, 2018).

Dentro da camada física do Modelo OSI, a ethernet define padrões de cabeamento, dispositivos (*switches* e *patch panels*), faixas de envio de dados e estruturas para que a velocidade desejada seja atingida. Já na camada de enlace, é usado um controlador de *link* lógico para destinar os dados de forma mais eficiente e também o MAC, que define *frames* de dados e garante que cada dispositivo conectado à rede tenha um endereço único, evitando o envio e processamento desnecessário de informações. Para interligar essas duas camadas foi desenvolvido o reconciliador e o *Media Independent Interface* (MII). Esses componentes da 100GE são ilustrados na Figura 6.1 e são especificados nos subcapítulos adiante.

Nesse âmbito, a 100 Gigabit, ou 100GE, é um conjunto de normas e tecnologias de rede para transmissão de dados numa velocidade de 100 Gb/s (LAN/MAN Standards Committee, 2018).

Figura 6.1 — Subcamadas Ethernet 100 Gigabit



Fonte: LAN/MAN Standards Committee, 2018, Seção 6, p. 83.

6.1.1 Camada Física

Nesse padrão, inicialmente são determinadas as especificações da camada física *Physical Layer Device* (PHY) para a transmissão desses dados, tal qual é dividida em subcamadas, são elas: *Physical Coding Sublayer* (PCS), *Forward Error Correction* (FEC), *Physical Medium Attachment* (PMA), *Physical Medium Dependent* (PMD) e o *Medium Dependent Interface* (MDI).

6.1.1.1 *Physical Coding Sublayer*

A primeira subcamada física PCS provê o serviço de codificação/decodificação dos dados em blocos de 66 bits (64b/66b), é responsável por distribuir os dados em diferentes faixas, compensação de diferença de taxas entre o reconciliador e o PMA, determinar quando uma conexão foi estabelecida informando então ao gerenciador quando o dispositivo está pronto para uso.

6.1.1.2 *Forward Error Correction*

Já na segunda subcamada física o FEC age com o objetivo de evitar a perda de dados através da redundância no envio de bits, adicionando bits ao *streaming* de

dados pelo algoritmo Reed-Salomon, sendo então nomeado como Reed-Solomon *Forward Error Correction* (RS-FEC). Em cada especificação o RS-FEC trabalha de uma forma e, em sua implementação na 100GE, é necessário exatamente quatro faixas de envio e outras quatro para recebimento, sendo indispensável o mapeamento 10:4 quando trabalha com o PMA possuindo 10 faixas, pois tal PMA opera com 10 faixas para envio e outras 10 para recebimento.

6.1.1.3 *Physical Medium Attachment*

A terceira subcamada, o PMA, fornece o serviço de intermediação entre um PMA e um cliente, podendo esse cliente ser um PCS, FEC ou outro próprio PMA. Entre esses serviços têm-se a adaptação dos sinais das faixas dos PCS para o número de faixas físicas ou abstratas do cliente, ou seja, ele pode receber 10 faixas de *stream* de dados e transformá-la em 4 faixas de *stream* de dados. O PMA faz o direcionamento de bits de dados para que todos os bits de uma *stream* vão e voltem pela mesma faixa. Ainda na terceira camada, quando há a comunicação entre dois PMAs, pode-se usar especificação elétrica de módulos plugáveis com dez faixas a 10.3125 Gbd ou utiliza-se especificação elétrica de módulos plugáveis e pontos combinados com quatro faixas a 25.78125 Gbd.

6.1.1.4 *Physical Medium Dependent*

A quarta subcamada PMD provê o serviço de intermédio entre o PMA e o MDI controlando o envio e recebimento dos dados entre os mesmos, traduzindo o código recebido do PMA de *streamings* de bits para *streamings* elétricas ou *streamings* de bits para *streamings* de sinais óticos e o contrário também, onde o PMA trabalha com bits e o MDI com sinais elétricos e/ou óticos. Também na implementação do PMD é decidido qual modo de comunicação/conexão usar, exemplo: Fibra ótica em *Single-Mode*, *Multi-Mode* ou também cabos de cobre.

6.1.1.5 *Medium Dependent Interface*

Relacionado ao PMD, tem-se ainda o *Medium Dependent Interface* (MDI), que é a interface de comunicação entre o dispositivo PMD e o Medium, podendo o *Medium* ser entendido como meio de comunicação (fibra ótica, cabo de cobre, *backplane*). Essa interface pode ser compreendida de outro modo como o receptor e/ou transmissor acoplado ao dispositivo PMD e varia conforme a normativa.

6.1.2 Camada de Enlace

Já na camada de enlace, tem-se também as divisões de especificações e como principais entidades há o *Logical Link Control* (LLC), o MAC e também o *MAC Control* com CSMA/CD, que na implementação da 100GE não é necessário.

Entre as entidades, inicialmente há o MAC, que provê o serviço de transferência de dados entre MACs, onde sua semântica de transferência é constituída de: endereço de destino (que pode ser um MAC ou um grupo), endereço de origem, unidade de serviço de dados MAC e sequência de checagem de *frame*. Tais semânticas trabalham através de *frames* e pacotes, sendo os *frames* encapsulados em pacotes pelo MAC e cada elemento é especificado conforme Tabela 6.1.

O primeiro elemento (preâmbulo), ajuda na sincronização do PLS com o tempo do pacote e serve para avisar que um *frame* está a caminho. O SFD é a sequência de dados fixada (10101011) que antecede o *frame*, ou seja, depois dela o receptor saberá que será os bits do *frame*. Os campos de endereço possuem 48 bits cada e o endereço de destino pode ser um MAC único, um grupo ou todos os endereços da LAN. O campo de Tamanho indica o número de bytes dentro do próximo campo (Dados Cliente MAC).

Tabela 6.1 — Formato de *Frame* e Pacote Ethernet

<div><div>Pacote</div><div><div></div><div>Frame</div></div></div>	Quantidade de Bytes	Campo
	7	Preâmbulo
	1	SFD
	6	Endereço de Destino
	6	Endereço de Origem
	2	Tamanho
	46 a 1500	Dados Cliente MAC (<i>PayLoad</i>)
	4	Sequência de checagem de <i>frame</i>

Depois de encapsulado, o *frame* é enviado e na recepção é considerado inválido quando uma das condições a seguir é satisfeita:

- Seu tamanho é não condizente com o especificado no elemento de tamanho;

- Se o *frame* não possuir a quantidade de bits múltipla de 8, pois deve ser uma cadeia de bytes;
- O FCS calculado não coincidir com o valor FEC recebido;

O MAC *Control* com CSMA/CD não se faz necessário na 100GE pois essa funcionalidade com tal algoritmo não é útil na 100GE, visto que ela opera somente em modo *full duplex*, logo não risco de colisão de dados.

Ainda na camada de enlace, porém acima do MAC, tem-se o LLC que facilita, através de mecanismos de multiplexação e demultiplexação, o trânsito e coexistência de vários pacotes num meio de rede com vários pontos. Isso é possível pois ele guarda o endereço de cada MAC dentro da rede e faz todos se enxergarem como um, ou seja, enquanto o MAC guarda a informação dos dados e dispositivos para mostrar a origem e destino do pacote, o LLC mostra o melhor caminho a ser percorrido para esse pacote chegar ao objetivo.

6.1.3 Reconciliador

Esses conceitos tecnológicos (PHY, MAC e LLD) se referem as duas primeiras camadas físicas do modelo OSI e para interligar as duas o 802.3 também padroniza o reconciliador (RS). Opcionalmente o 802.3 também padroniza as *Media Independent Interface* (MII), que provê a interconexão lógica entre o MAC e o PHY, atuando então embaixo do RS. O MII foi desenvolvido para que a camada de enlace de dados e o meio físico trabalhem de forma independente e é especificado na 100GE como CGMII.

Em suma, o RS converte a *stream* de dados dada pelo MAC para dados (sinais) paralelos do CGMII e também o mapeamento dos sinais providos pelo CGMII para as primitivas do MAC, já CGMII é o facilitador de transmissão e recebimento de dados entre o RS e o PHY.

6.1.4 Evolução

Todas essas definições são padronizadas pela IEEE para a 100GE e vários fatores foram essenciais para o alcance de tal velocidade, isso fica claro ao compará-lo com outros padrões como 10GE, 25GE e 400GE na Tabela 6.2, sendo eles

conjuntos de normas para a velocidade, respectivamente, de 10 Gb/s, 25 Gb/s e 400 Gb/s, todos eles definidos pelo grupo 802.3

Tabela 6.2 — Especificações de Normas 803.2

	10GE	25GE	100GE	400GE
Bloco de Dados no RS (Bits)	32	32	64	64
Faixas	1	1	10 ou 25	16
Velocidade por Faixa (Gb/s)	10	25	25 para 4 faixas	25
			10 para 10 faixas	

O primeiro dado se refere aos blocos de bits transmitidos através do RS, a qual se observa um aumento para o dobro do tamanho, 32 para 64 bits. A importância desse item é vista quando se calcula a velocidade de transmissão com 10 faixas transmitindo a 156,25 Mhz:

$$10(\text{faixas}) \times 64(\text{bits}) \times 156,25 = 100 \text{ (Gb/s)}$$

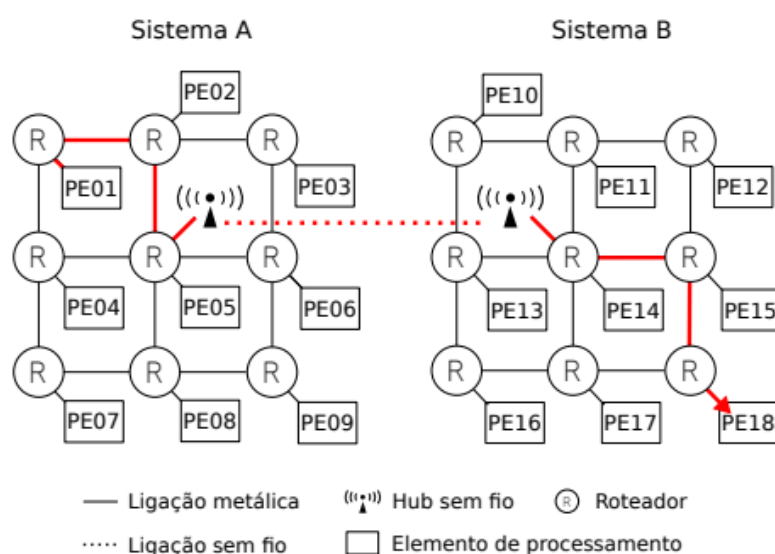
Na segunda têm-se a quantidade de faixas e a velocidade por faixa. Inicialmente, em 2010, a 100GE foi padronizada com 10 faixas operando a 10 Gb/s por segundo, logo após, em 2014, a 802.3 iniciou uma força tarefa para alcançar a velocidade de 25 Gb/s de transmissão numa única faixa, tal objetivo foi atingido em 2016 quando foi aprovado tal padrão. A partir desse ponto foi normalizado a 25GE com uma faixa 25 Gb/s, 100GE com 4 faixas a 25 Gb/s, 200GE com 8 faixas a 25 Gb/s e a 400GE com 16 faixas a 25 Gb/s.

O conjunto de evolução de vários elementos como cabeamentos óticos (OM3, OM4 e OM5), cabos coaxiais, capacidade de processamento dos hardwares e aumento da demanda de dados a serem transmitidos foram responsáveis pelo avanço da ethernet e foram elencado dois principais, onde observa-se grande impacto dos mesmos no crescimento da ethernet e mais estudos estão sendo feitos para que velocidades de 1,2 Tb/s e 800 Gb/s sejam alcançadas.

6.2 EXPANSIBLE NETWORK ON A CHIP (ENOC)

A Rede em Chip Expansível (*Expansible network on a chip* (ENoC)) é uma rede sugerida por Ivan Luiz Pedroso (2018) para interação de Sistemas num Chip (SoCs), que permite comunicação de elementos de processamento de um chip, porém esse diálogo pode se dar tanto de elementos num chip (Intra-Chip) quanto com elementos em outro chip (Inter-Chip), conforme imagem .

Figura 6.2 — Arquitetura ENoC



Fonte: Pires, 2018, p. 31.

Na camada física, essa rede é composta por Elementos de Processamento (PE), Ligações metálicas, *buffers* e roteadores, todos eles dentro de um chip. Tais membros são dispostos numa malha bidimensional onde os PEs possuem *buffers* para armazenar suas mensagens e esses PEs são ligados a um roteador, ou seja, há um roteador para cada PE e os roteadores são também ligados a outros quatro roteadores a sua volta. Um desses roteadores é ligado a um *hub* sem fio e o mesmo faz comunicação com outro *hub* sem fio em outro chip.

Na camada de enlace de dados, ela trabalha com roteadores, *hubs* e pacotes divididos em *flits* de 32 bits. Os pacotes são divididos e reconstruídos dentro dos PEs e enviados através dos roteadores, que possuem comunicação em barramento *full duplex*. Quando o destinatário for outro chip, o *flit* é encaminhado ao *hub* sem fio através dos roteadores, que envia o mesmo para o hub do chip de destino. O pacote

é dividido em 4 bytes para endereço de destino e origem, 4 a 1500 bytes para os dados a serem transmitidos (*PayLoad*), por fim um *flit* repetindo o último *flit* do *PayLoad* para indicar o fim do pacote.

A Enoc é sugerida para ser expansível e reconfigurável, sendo que isso se dá através de sinais que o *hub* sem fio envia para informar sua presença e quando esse sinal é detectado, troca-se informações sobre seus PEs e essas informações são armazenadas dentro de cada *hub*, permitindo assim a expansividade sem necessidade de conhecimento prévio.

6.3 INFINIBAND (IB)

A InfiniBand (IB) é uma rede padronizada pela InfiniBand Trade Association destinada para computação de alta performance, provendo um fácil meio para transporte de mensagens direto de uma aplicação a outra aplicação, *storage* ou sistema operacional. Enquanto a ethernet foca na transmissão de bits de dados numa rede, a IB visa criar um canal direto de comunicação, numa rede, entre elementos de uma aplicação sem necessidade de intervenção do sistema operacional (Grun & InfiniBand® Trade Association, 2010).

6.3.1 Camada Física

Na camada física, essa especificação é composta de Adaptador de Canal do Host (*Host Channel Adapter* (HCA)), Adaptador de Canal Alvo (*Target Channel Adapter* (TCA)), *Switches*, Roteadores, Cabos e Conectores.

O HCA fica num dispositivo ou computador e, fornece controle e conexão para transmissão de dados com outros dispositivos, podendo ser esse segundo um HPC, TCA ou *Switch*. Em outras palavras, o HCA é o dispositivo físico nas pontas para o canal virtual criado entre dois pontos. O TCA promove as mesmas funcionalidades do HCA, porém de maneira mais simples, pois é feito para dispositivos com subsistemas especializados. Tal dispositivo foi, em suma, substituído pelo HCA pois este atende todas as demandas do TCA.

O *switch* é semelhante aos usados em outras redes, que é um dispositivo para multiplexação de pacotes, sendo diferenciado na maneira que é usado na implementação da camada de enlace. Já os roteadores são utilizados na

segmentação de uma IB, ou seja, se há uma IB muito larga, ela pode ser dividida em sub-redes conectadas por roteadores IB.

Ainda na camada física, há os cabos e conectores, sendo os conectores o meio ao qual um sinal ótico é enviado na origem ou recebido no dispositivo de destino, ou seja, facilitam a passagem de bits elétricos para o tipo de sinal do meio. Os cabos são o meio ao qual a informação trafega, podendo ser ele uma fibra ótica, um *backplane* ou cabo de cobre. Todos eles trabalhando no sistema de velocidade IB.

A IB padroniza suas velocidades e faixas, trabalhando atualmente com 1, 4, 8 ou 12 faixas e velocidades de 2.5, 5, 10, 14.06 e 25.78 Gb/s. Tal combinação pode transmitir, por exemplo, 312 Gb/s se forem usados 12 faixas enviando 25.78 Gb/s (InfiniBand Trade Association, 2016).

6.3.2 Camada de Enlace

Na camada de enlace essa rede implementa a técnica *Flow Control*, que consiste numa coleção de providências tomadas que um receptor não seja sobrecarregado por um dispositivo que envia numa velocidade maior. Ela é feita através de uma confirmação que o receptor envia informando ao controlador que mais pacotes podem ser recebidos.

Há vários formatos de pacotes na IB e serão descritos dois pela simplicidade de estrutura. O primeiro é o Pacote Local e é composto por 8 Bytes no cabeçalho, que contém informações como destino e origem, 0 a 4096 Bytes para *PayLoad* e 6 Bytes para cobrir os pacotes caso necessário. O outro tipo de pacote é o Global e sua diferença do pacote Local é o tamanho do cabeçalho, que é composto por 40 Bytes. O pacote Local é usado quando precisa-se transportar uma informação na mesma subnet e o Global de uma subnet a outra (InfiniBand Trade Association, 2015).

Tal envio é realizado por nós entre dispositivos na rede, chamados de *Queue Pair* (QR). Os QRs são construídos em cima de canais virtuais traçados na rede, onde um tradutor de endereço - implementado na camada de transporte - traduz o endereço virtual para o caminho físico. Na camada de transporte, a IB oferece um tradutor de endereço virtuais para físicos e também implementações de mensagens/protocolos para que a comunicação com dispositivos e *storages* aconteça de forma direta e/ou facilitada.

7 METODOLOGIA

Será realizado uma pesquisa de caráter exploratório em bibliografias e estudos do assunto para se familiarizar e trazer uma análise mais alicerçada dos dados coletados durante o desenvolvimento. Após isso, será realizado simulações para verificar elementos como desempenho, sobrecarga de pacotes, gasto de energia, custo de área e tráfego de comunicação pois a simulação é uma forma eficaz de se mensurar arquiteturas e organizações de interconexões (Pires, 2018).

Como simulador, foi escolhido o Noxim pois o mesmo é amplamente utilizado no meio de pesquisa, sendo ele um simulador de redes em chip desenvolvido na Universidade de Catania (Itália), escrito usando SystemC, é desenvolvido em linguagem C++ e está disponível em repositórios online (Catania, Monteleone, Mineo, Palesi, & Patti, 2019). Este simulador foi utilizado pelo criador da ENoC e com o objetivo de se aproximar do ambiente em que a mesma foi principiada, será usado tal simulador. Tal simulador foi usufruído também em: (Kurimoto, Fukutsuka, Taniguchi, & Tomiyama, 2013), (Catania, Mineo, Monteleone, Palesi, & Patti, 2016), (Yen phing, Ehkan, Ahmad, Nazri Bin Mohd Warip, & Zulkefli, 2019).

8 RECURSOS MATERIAIS

(Caso necessário)

No caso de aplicação deste modelo de PP a uma agencia financiadora, neste tópico deve-se descrever os equipamentos, materiais e laboratórios envolvidos na realização da pesquisa, assim como a previsão de custos (orçamentos).

9 CRONOGRAMA

Distribuição das tarefas previstas na execução da pesquisa. O cronograma mostra a previsão de tarefas futuras a partir da aprovação do PP. A sequência de tarefas segue conforme a metodologia adotada e vai estabelecendo datas-limites para coleta de dados, análise, redação e conclusão do trabalho.

ATIVIDADES	MÊS					
	1º	2º	3º	4º	5º	6º
Escolha do tema e do orientador						
Encontros com o orientador						
Pesquisa bibliográfica preliminar						
Leituras e elaboração de resumos						
Elaboração do projeto						
Entrega do projeto de pesquisa						
Revisão bibliográfica complementar						
Coleta de dados complementares						
Redação da monografia						
Revisão e entrega oficial do trabalho						
Apresentação do trabalho em banca						

BIBLIOGRAFIA

- Catania, V., Mineo, A., Monteleone, S., Palesi, M., & Patti, D. (2016). Cycle-Accurate Network on Chip Simulation with Noxim. *ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation (TOMACS)*, Article No. 4.
- Catania, V., Monteleone, S., Mineo, A., Palesi, M., & Patti, D. (27 de 05 de 2019). *Network on Chip Simulator*. Fonte: Noxim - the NoC Simulator: <https://github.com/davidepatti/noxim>
- Greaves, D. D. (2011). *System on Chip: Design and Modelling*. Easter Term: University of Cambridge.
- Grun, P., & InfiniBand® Trade Association. (2010). *Introduction to InfiniBand™ for End Users*.
- InfiniBand Trade Association. (2015). *InfiniBand™ Architecture Specification Volume 1 - GENERAL SPECIFICATIONS*.
- InfiniBand Trade Association. (2016). *InfiniBand Architecture Specification Volume 2 - PHYSICAL SPECIFICATIONS*.
- Kurimoto, Y., Fukutsuka, Y., Taniguchi, I., & Tomiyama, H. (2013). A hardware/software cosimulator for Network-on-Chip. *International SoC Design Conference (ISOCC)* (pp. 172–175). Busan, South Korea: IEEE.
- LAN/MAN Standards Committee. (2018). *IEEE Standard for Ethernet*. IEEE Standard 802.3.
- Pires, I. L. (2018). *ENoC: Rede-em-Chip Expansível*. Curitiba: PR.
- yen phing, n., Ehkan, P., Ahmad, R., Nazri Bin Mohd Warip, M., & Zulkefli, F. (2019). Performance Analysis of the Impact of Design Parameters to Network-on-Chip (NoC) Architecture. Em *Novel FPGA implementation of EPZS motion estimation in H.264 AVC* (pp. 237-246).