



**Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"**

JAQUELINE DE SOUZA CUNHA

**PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO RIP E OSPF:
FUNDAMENTOS E SIMULAÇÃO**

**Assis/SP
2018**



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

JAQUELINE DE SOUZA CUNHA

**PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO RIP E OSPF:
FUNDAMENTOS E SIMULAÇÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA, Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial de aprovação no curso de graduação Bacharelado em Ciências da Computação.

Orientanda: Jaqueline de Souza Cunha.

Orientador: Me. Fábio Éder Cardoso.

Assis/SP

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

CUNHA, Jaqueline de Souza.

Protocolos de roteamento dinâmico RIP e OSPF / Jaqueline de Souza Cunha. Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA – Assis, 2018.

60p.

Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA.

Orientador: Me. Fábio Éder Cardoso.

1. Roteamento dinâmico. 2. *Packet Tracer*. 3. Redes.

CDD: 001.6

Biblioteca da FEMA

PROCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO RIP E OSPF: FUNDAMENTOS E SIMULAÇÃO

JAQUELINE DE SOUZA CUNHA

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação, avaliado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador:

Me. Fábio Éder Cardoso

Examinador:

Dr. Luiz Carlos Begosso

Assis/SP

2018

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família por ter me acompanhado durante estes quatro anos, dando todo apoio emocional necessário para que eu pudesse vivenciar da melhor maneira esta fase da vida, adquirindo experiências não só profissionais, mas também interpessoais.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, a Deus por me confiar a oportunidade de cursar uma faculdade.

Aos professores do curso de Ciências da Computação por fornecerem a base didática necessária para o ingresso e para a permanência no mercado de trabalho.

Ao professor Fábio Éder Cardoso, que me orientou durante o desenvolvimento deste projeto, pelas inspiradoras contribuições ao trabalho, por todo o apoio e cuidado desde o início da pesquisa.

Ao professor Luiz Carlos Begosso, membro da banca de qualificação, pelas pertinentes contribuições e apontamentos que engrandeceram este estudo.

A todos os meus colegas de sala pelo auxílio, aprendizagem e convivência.

E a todos que colaboraram direta ou indiretamente na execução deste projeto de pesquisa.

RESUMO

Neste projeto de pesquisa, apresenta-se uma análise comparativa entre os protocolos de roteamento dinâmico RIP (*Routing Information Protocol*) e OSPF (*Open Shortest Path First*), pilares de sustentação ao bom funcionamento da *Internet*, sendo que sem eles, ela não existiria. A análise foi focada no que se referem às topologias, às particularidades e ao seu funcionamento. Para fins de exemplificação, utilizou-se o simulador *Cisco Packet Tracer* na demonstração do grande fluxo de dados que circulam em uma rede de computadores. Após a realização de ambas as simulações propostas, comprovou-se o melhor desempenho do protocolo OSPF perante o protocolo RIP. Isso porque o OSPF trabalha com sistemas autônomos, alternativa cada vez mais aplicada diante do aumento exacerbado de informações a serem administradas por uma determinada rede.

Palavras-chave: Roteamento dinâmico; RIP; OSPF; *Packet Tracer*; Comparação; Redes.

ABSTRACT

In this research project, a comparative analysis is presented between the Routing Information Protocol (RIP) and Open Shortest Path First (OSPF) protocols, supporting pillars to the good functioning of the Internet, without which it would not exist. The analysis will focus on topologies, particularities and their operation. For the purposes of exemplification, the Cisco Packet Tracer simulator will be used in demonstrating the large flow of data circulating in a computer network. After the execution of both simulations, the best performance of the OSPF protocol was demonstrated before the RIP protocol. This is because OSPF works with alternative autonomous systems increasingly applied in the face of the exacerbated increase of information to be administered by a certain network

Keywords: Dynamic routing; RIP; OSPF; Packet Tracer; Comparison; Networks.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Camadas do Modelo OSI	16
Figura 2: Camadas TCP/IP.....	19
Figura 3: Sistema Autônomo	23
Figura 4: Diagrama Algoritmo de Dijkstra	28
Figura 5: Cabeçalho do Protocolo RIP.....	29
Figura 6: Cabeçalho do Protocolo OSPF.....	31
Figura 7: Topologia Protocolo RIP	34
Figura 8: Protocolo RIP – Roteador A	35
Figura 9: Protocolo RIP – Roteador B	36
Figura 10: Protocolo RIP – Roteador C	37
Figura 11: Protocolo RIP – Roteador D	38
Figura 12: Protocolo RIP – Roteador E	39
Figura 13: Protocolo RIP – Roteador F.....	40
Figura 14: Protocolo RIP – Roteador G	41
Figura 15: Protocolo RIP – Roteador H	42
Figura 16: Protocolo RIP – Roteador I.....	43
Figura 17: Protocolo RIP – Roteador J.....	44
Figura 18: Topologia Protocolo OSPF	45
Figura 19: Protocolo OSPF – Roteador A.....	46
Figura 20: Protocolo OSPF – Roteador B.....	47
Figura 21: Protocolo OSPF – Roteador C.....	48
Figura 22: Protocolo OSPF – Roteador D.....	49
Figura 23: Protocolo OSPF – Roteador E.....	50

Figura 24: Protocolo OSPF – Roteador F	51
Figura 25: Protocolo OSPF – Roteador G	52
Figura 26: Protocolo OSPF – Roteador H.....	53
Figura 27: Resultado RIP	54
Figura 28: Resultado OSPF	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	Sistemas Autônomos
BGP	Border Gateway Protocol
FTP	File Transfer Protocol
HTTP	Hyper Text Transfer Protocol
IGRP	Interior Gateway Routing Protocol
IS-IS	Intermediate-System-to Intermediate-System
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunications Union
NTP	Network Time Protocol
OSI	Open System Interconnections
OSPF	Open Shortest Path First
RIP	Routing Information Protocol
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol
TCP/IP	Transmission Control Protocol/ Internet Protocol
XNS	Xerox Network Services

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	13
1.2 JUSTIFICATIVA.....	13
1.3 MOTIVAÇÃO	14
1.4 PERSPECTIVA DE CONTRIBUIÇÃO	14
1.5 METODOLOGIA.....	14
1.6 ESTRUTURA DO PROJETO	15
3 ARQUITETURA TCP/IP	19
4 PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO	22
4.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS	22
4.2 PROCESSO DE ROTEAMENTO DINÂMICO	23
4.3 VANTAGENS VERSUS DESVANTAGENS	23
4.4 CRITÉRIOS DE ROTEAMENTO.....	24
5 REDES DINÂMICAS	26
5.1 ROTEAMENTO COM VETORES DE DISTÂNCIA.....	26
5.1.1 RIP – <i>Routing Information Protocol</i>	28
5.2 ROTEAMENTO <i>LINK-STATE</i>	30
5.2.1 OSPF – <i>Open Shortest Path First</i>	30
5.3 RIP VERSUS OSPF	32
6 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO NO CISCO PACKET TRACER	33
6.1 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO PROTOCOLO RIP	33
6.2 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO PROTOCOLO OSPF	45
6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	54
7 CONCLUSÃO	56
REFERÊNCIAS	57

1 INTRODUÇÃO

A Rede Mundial de Computadores – *Internet* – surgiu durante a Guerra Fria (1945-1991) para fins de comunicação militar. Contudo, a partir da década de 70, ela estendeu-se ao meio acadêmico e, posteriormente, ao uso pessoal, impulsionando melhorias em equipamentos e em canais de comunicação por causa do aumento exacerbado de indivíduos e de corporações que utilizavam a *Internet*, o que fez crescer o número de informações geradas que precisavam ser armazenadas (ALMEIDA, 2006).

Todo esse cenário exige que os protocolos – o conjunto de regras que norteiam a comunicação entre equipamentos por meio de uma rede – ajustem-se, cada vez melhor, ao grande volume de dados que surgem a cada segundo, devido à evolução no desempenho e ao poder de processamento das partes envolvidas (GONÇALVES, 2015).

Em busca de atender essa demanda, criaram-se os protocolos de roteamento estático, que partem do princípio de capturar um único pacote de informações por vez, o que sobrecarrega a rede e evidencia a incapacidade desse tipo de protocolo em transferir certo volume de dados (BEZERRA; NETO, 2002).

Diante dessa dificuldade, surgiram os protocolos de roteamento dinâmico que permitem a comunicação com outros roteadores de forma simultânea, para que haja o compartilhamento de informações referentes ao alcance e ao estado das redes. (GONÇALVES, 2015). Eles são a peça fundamental para o funcionamento correto e dinâmico da *Internet*, ficando localizados na camada de mesmo nome, dentro da arquitetura TCP/IP. Sem eles não é impossível estabelecer conexão com qualquer tipo de equipamento (ORTELANI, 2017). Por isso, é importante compreender sua imprescindibilidade no âmbito da rede mundial de computadores.

Com esses tipos de protocolos, é possível identificar o melhor caminho a seguir, conforme o destino desejado. Eles fundamentam-se na construção de determinados algoritmos, de acordo com o modelo utilizado, já que existem alguns que se destacam no que se refere aos protocolos de roteamento dinâmico como, por exemplos, os modelos RIP (*Routing Information Protocol*), OSPF (*Open Shortest Path First*), IGRP (*Interior Gateway Routing Protocol*) e o BGP (*Border Gateway Protocol*), cada um com sua particularidade.

Neste projeto de pesquisa, portanto, propôs-se descrever o funcionamento dos protocolos de roteamento dinâmico RIP e OSPF e analisá-los comparativamente, aplicando-os em um ambiente simulado, com o intuito de decidir qual usar, de acordo com o ambiente e o tamanho da rede, possibilitando a criação de protocolos.

O desenvolvimento desta pesquisa foi composto por duas fases. A primeira consistiu em adquirir e ampliar conhecimento por meio de uma revisão bibliográfica. A segunda foi a parte prática em que se apresenta a simulação de uso desses protocolos por meio da ferramenta *Cisco Packet Tracer* para análise e comprovação dos resultados.

1.1 OBJETIVOS

Neste projeto, objetivou-se realizar uma análise comparativa entre os protocolos de roteamento dinâmico RIP (*Routing Information Protocol*) e OSPF (*Open Shortest Path First*). Essa análise foi feita com o auxílio da ferramenta de simulação *Cisco Packet Tracer*. Além disso, as estruturas e os aspectos de funcionamento de cada um desses protocolos foram detalhados devido à existência de particularidades entre eles, principalmente, em relação ao tempo de convergência, à latência, também conhecida como retardo, e à velocidade de transmissão de pacotes.

1.2 JUSTIFICATIVA

Esta análise é fundamental perante a imprescindibilidade da comunicação em ambientes específicos, visando assegurar confiabilidade e rapidez na transferência de um vasto número de informações. Por meio deste estudo comparativo entre os protocolos de roteamento dinâmico RIP e OSPF, é plausível encontrar a alternativa mais adequada para controlar determinada rede, com o propósito de efetivar a transmutação de dados.

1.3 MOTIVAÇÃO

Os protocolos de roteamento dinâmico vieram para abranger o grande volume de dados gerados diariamente, aperfeiçoar e garantir maior confiabilidade durante a transmissão, levando em conta essa era globalizada. Em razão disso, a motivação deste estudo partiu do princípio de que sem os protocolos não há conexão com a *Internet* e, conseqüentemente, não há troca de dados.

1.4 PERSPECTIVA DE CONTRIBUIÇÃO

A perspectiva de contribuição é expandir o acervo de estudos acerca dos protocolos de roteamento dinâmico, reforçar sua importância quando o assunto é estar conectado e simular seu papel durante o processo de transferência de dados para que novos protocolos surjam, mediante a possibilidade de que em um futuro próximo os que existem hoje já não conseguirão gerenciar o exorbitante volume de dados que trafegam pela rede.

1.5 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos apresentados, a execução do projeto foi separada em duas partes:

- 1ª fase: Realizar uma pesquisa teórica referente à estrutura e ao funcionamento dos protocolos, observando também suas características, como, por exemplo, o tempo de convergência de dados. Estudar e descrever o funcionamento dos protocolos de roteamento dinâmico RIP e OSPF, fazendo uma comparação;
- 2ª fase: Demonstrar de maneira prática a atuação dos protocolos de roteamento dinâmico, durante uma transferência de dados via rede, por meio da ferramenta *Cisco Packet Tracer* que garante todo suporte necessário para viabilizar o exemplo prático. Testar, validar e descrever os resultados obtidos.

1.6 ESTRUTURA DO PROJETO

Para atender aos objetivos propostos, este projeto de pesquisa foi dividido em seis capítulos mais conclusão, cronograma e referências descritos a seguir.

O presente Capítulo 1, apresentou a Introdução, cujo objetivo foi fazer uma contextualização da pesquisa, evidenciando seu problema, os objetivos para a sua execução, a sua relevância e justificativa, a sua metodologia, a sua motivação, as suas perspectivas futuras, assim como a estrutura deste projeto.

No Capítulo 2, é apresentado o Modelo OSI e a descrição de suas camadas.

No Capítulo 3, discorre-se sobre a Arquitetura TCP/IP e descreve-se cada uma de suas camadas.

No Capítulo 4, aborda-se os Protocolos de Roteamento Dinâmico, suas camadas, seus critérios, suas vantagens e desvantagens e os sistemas autônomos.

No Capítulo 5, trata-se das Redes Dinâmicas e dos seus dois grupos: as que utilizam vetores de distância e as que usam *link-state*, especificamente, os protocolos RIP e OSPF.

No Capítulo 6, encontra-se a parte prática do projeto em que são demonstradas as simulações na ferramenta *Cisco Packet Tracer* utilizando os protocolos RIP e OSPF, além de descrever as configurações de cada roteador e apresentar as conclusões da pesquisa de acordo com os resultados obtidos na análise dos dados, procurando responder ao problema e aos objetivos propostos na pesquisa.

E, por fim, há o Cronograma e as Conclusões finais do projeto mais suas Referências.

2 MODELO OSI

O modelo OSI (*Open System Interconnections*) oficialmente criado pela ISO (*International Organization for Standardization*) – conhecida hoje como *International Telecommunications Union* (ITU) – foi a primeira proposta apresentada visando padronizar, ou seja, criar um modelo a ser seguido por todos os protocolos que surgiram a partir daquele momento (BURIOL, 2003). Ele é um modelo auxiliar na organização das arquiteturas, pois limita-se a apresentar o nome e a função de cada camada (BURIOL, 2003), voltado à interligação de sistemas por meio do diálogo amigável entre o modelo de referência e os serviços a serem disponibilizados (PEREIRA FILHO, 2015).

Esse modelo é composto por sete camadas que são apresentadas na Figura 1:



Figura 1: Camadas do Modelo OSI (In: KOLB, 2016)

Essas camadas são distintas, mas relacionadas entre si. Além disso, cada uma desempenha uma função, conforme explicitada por Buriol (2003) a seguir:

- Camada 1 (Física), por meio dela, ocorre o fornecimento de todos os mecanismos necessários à ativação/desativação e à manutenção de conexões físicas para a transmissão de *bits* dentre suas entidades internas, por meio de recursos intermediários.

- Camada 2 (Enlace), nela há a detecção e a correção de erros ocorridos no nível físico, além de gerenciamento do fluxo entre transmissor e receptor, para que não haja sobrecarga.
- Camada 3 (Rede), ela encarrega-se do endereçamento, roteamento e controle de congestionamento.
- Camada 4 (Transporte), ela é responsável pelo gerenciamento da transmissão de pacotes pela rede, garantindo que cheguem ao destino correto e que sejam recebidos da mesma forma. Além disso, o controle de fluxo também é feito por essa camada, certificando que o receptor não receba dados numa escala além da que pode suportar.
- Camada 5 (Sessão), essa parte cuida dos *tokens* (dispositivos voltados à segurança do usuário), gerencia toda parte de diálogo e realização de atividades.
- Camada 6 (Apresentação), ela é responsável por assegurar a transferência adequada aos dados no processo de tráfego pela rede até que cheguem ao destino determinado.
- Camada 7 (Aplicação), esse nível fornece suporte à construção de aplicações distribuídas, ou seja, comunicam-se e interagem com o usuário por meio de interconexão das redes, passando a ideia de um sistema independente.

Nesse modelo de referência, as camadas inferiores prestam serviços às superiores, restringindo a comunicação direta com a camada mais próxima, característica que permite modificar regras ou funcionalidades de determinado nível sem comprometer o desempenho dos demais, minimizando o fluxo de informações e criando barreiras que restringem essa comunicação (PEREIRA FILHO, 2015). O diálogo ocorre a partir das entidades que podem ser um protocolo, um roteador ou algo semelhante, cada camada contém seu próprio meio de comunicar-se.

Os protocolos são os que viabilizam a prestação de serviços, pois respondem às requisições. Os serviços funcionam verticalmente em detrimento dos protocolos que funcionam horizontalmente (PEREIRA FILHO, 2015).

As camadas trabalham em prol dos serviços, sendo que cada uma delas realiza uma tarefa. Segundo Rios (2012), esses serviços podem ser agrupados em dois grupos:

- Serviços Orientados à Conexão, eles são aqueles que se trazido ao cotidiano, poderiam ser comparados a uma linha telefônica, em que há um receptor e um destinatário comunicando-se simultaneamente e podendo certificar-se de que a mensagem foi entregue corretamente.
- Serviços não Orientados à Conexão, neles, não há como ter certeza da entrega da mensagem, trabalho que se assemelha ao de um carteiro.

Segundo Tanenbaum (2011), conforme citado por Pereira Filho (2015), o principal motivo de o modelo OSI não ter se popularizado foi a grande quantidade de camadas, sendo que algumas desempenham funções semelhantes, além da lentidão e da complexidade de sua implementação. Ainda que ele seja utilizado no ambiente de redes de computadores, isso ocorre em minoria, já que em grande parte das LANs – redes de médio a grande porte adotadas principalmente em meios corporativos – predomina a arquitetura TCP/IP (BURIOL, 2003).

3 ARQUITETURA TCP/IP

A arquitetura TCP/IP (*Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*) foi criada com o intuito de estabelecer comunicação entre redes diferentes. Os protocolos – conjunto de regras que regem o funcionamento dessa arquitetura – trabalham garantindo praticidade na conversação entre sistemas distintos (BURIOL, 2003).

A arquitetura TCP/IP divide-se em quatro camadas, conforme demonstrado na Figura 2 a seguir:



Figura 2: Camadas TCP/IP (In: REDES DE COMUNICAÇÃO, 2016)

A camada de interface de rede fornece a comunicação entre o protocolo IP e o computador do usuário, por meio da compatibilidade entre *hardware*, sistema operacional e aplicação de alto nível.

A segunda camada (*Internet*) permite que o envio de pacotes seja feito individualmente, especifica os endereços lógicos de origem e destino, e aponta as rotas a serem percorridas pelos pacotes, o que resulta na gerência de roteamento e congestionamento da rede, e na interconexão de várias delas.

A camada de transporte trabalha na garantia de que os dados cheguem sem alteração ao seu destino. Como, por exemplo, quando alguém decide aprender algo novo é necessário que aquilo seja ensinado várias vezes de maneira coerente. Para isso, define-se uma linha de raciocínio que assegure que o conteúdo seja exatamente o mesmo assimilado por quem o recebeu.

O nível de aplicação (Camada 4) acumula funções das camadas de apresentação e sessão. Em comparação com o modelo OSI, isso torna a arquitetura mais robusta e dinâmica. Essa

camada viabiliza a comunicação entre usuário e aplicação, por meio do controle e da representação de dados.

Em âmbito de aplicação, utiliza-se o modelo cliente-servidor, que conecta ambas as partes por uma rede. Com ele, o cliente pode enviar requisições a algum dos servidores que processa e envia a resposta correspondente. Existe um conjunto específico de protocolos que atuam nessa camada:

- O protocolo HTTP (*Hyper Text Transfer Protocol*) é que padroniza essa comunicação.
- O protocolo FTP (*File Transfer Protocol*) é voltado à transferência de arquivos, trata-se do protocolo mais antigo da internet, além de diferir dos outros por exigir pelo menos duas conexões durante uma transferência: Uma do tipo *Half Duplex* para controle do procedimento e outra *Full Duplex* para a transferência propriamente dita. O FTP utiliza as portas 20 e 21 respectivamente. Embora a porta 21 seja considerada padrão para a conexão cliente-servidor, há dois métodos possíveis: o modo ativo, nele o cliente usa o comando *Port* para solicitar uma conexão entre a porta TCP e a rede que ele está acessando; e o modo passivo, nele o cliente usa o comando *PASV* e o servidor disponibiliza uma porta temporariamente para conectar dados. Depois disso, o servidor ocupa a porta logo acima do cliente.
- O protocolo SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) é voltado ao envio de *e-mail*, utiliza a porta 25, possui um funcionamento simples, semelhante à leitura de um texto corriqueiro e anexos organizados, conforme seu cabeçalho. Esse é um protocolo apenas de envio e não recebimento de mensagens.
- O protocolo Telnet é usado na permissão de acesso remoto. Porém, ele não tem recursos como criptografia de senhas, vulnerabilidade gravíssima que está fazendo com que ele seja substituído pelo SSH que possui essa garantia.
- O protocolo NTP (*Network Time Protocol*) sincroniza o diálogo entre computadores pelo ajuste dos *clocks*.

No contexto de transporte, é possível transferir dados de maneira confiável, independentemente das diferenças existentes entre rede e equipamentos conectados. A camada de transporte recebe dados enviados pela camada de aplicação, geralmente

enviados pelo protocolo TCP, separa esses dados em pacotes, organizando-os conforme foram recebidos e enviando-os para a camada de internet.

No nível internet, o protocolo IP captura e acrescenta informações como endereço IP do emissor e receptor das mensagens, revelando-se fundamental para a dinâmica da rede mundial de computadores. O endereço IP é formado por um número de 32 bits diretamente conectado a uma determinada interface de rede, definido conforme o protocolo usado na camada de rede, proporcionando o roteamento.

Os endereços IP são divididos em três classes de acordo com o porte das redes:

- Classe A: NetID= 8 *bits*, HostID= 24 *bits*, capaz de conectar de 0 até 126 computadores;
- Classe B: NetID= 16 *bits*, HostID= 16 bits, capaz de conectar de 128 até 191 computadores; e
- Classe C: NetID= 24 *bits*, HostID= 8 bits, capaz de conectar de 192 até 223 computadores;

O endereço de *broadcast* é reservado para o envio de informações a todos os integrantes da rede de uma só vez.

4 PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO DINÂMICO

Os protocolos de roteamento dinâmico são comumente definidos como facilitadores do tráfego de informações na rede, isso porque oferecem mais de um caminho como opção para um mesmo ponto (BENDJOUYA; MORAES, 2011). Eles são a principal razão para a criação do modelo e da arquitetura de rede já mencionados, pois são os protocolos que viabilizam a comunicação entre as redes montadas a partir de um modelo ou arquitetura.

Segundo Tanenbaum (2011), conforme citado por Ortelani (2017, p. 17), quanto maior a rede, mais alta é a possibilidade de utilizar protocolos de roteamento dinâmico, devido ao grande número de pacotes a serem administrados. O foco principal é garantir o seu envio, mesmo diante de eventos inesperados.

Observa-se, portanto, que cada protocolo tem sua particularidade, mas, geralmente, prevalece o uso de algoritmos e mensagens que regem o funcionamento interno dessas redes. Além disso, quanto maior a rede, mais alta a possibilidade de o roteamento ser dinâmico, o que fez manifestar o conceito de sistemas autônomos.

4.1 SISTEMAS AUTÔNOMOS

Assim como o modelo de referência, a arquitetura, os protocolos, interfaces e serviços, os sistemas autônomos ou AS também são pilares de sustentação da rede mundial de computadores, eles nada mais são do que conjuntos de redes WAN, ou seja, redes de grande porte. Fator que logo implica a utilização de roteamento dinâmico para uma melhor administração do volume, tráfego e disponibilidade das informações.

Existem alguns aspectos a se levar em conta para viabilizar sua implementação, começando pelo fato de que a organização que deseja fazê-lo precisa, primeiramente, ter uma determinada quantidade de endereços IP registrados na internet para obter esse direito. Com isso, a organização passa a ser proprietária de seus endereços IP.

A topologia dessas redes possui dois tipos de roteadores, internos e de borda. Os internos fazem com as redes se conectem entre si dentro de um sistema autônomo. Já o roteador de borda conecta um AS com outro. A grande diferença entre ambos é que o roteador de

borda não precisa conhecer os prefixos das redes integrantes do conjunto, ou mesmo simplesmente as rotas disponíveis (JAMHOUR, 2009).

Na Figura 3 abaixo, há demonstração de um sistema de geração de energia solar que aplica conceitos de sistemas autônomos:

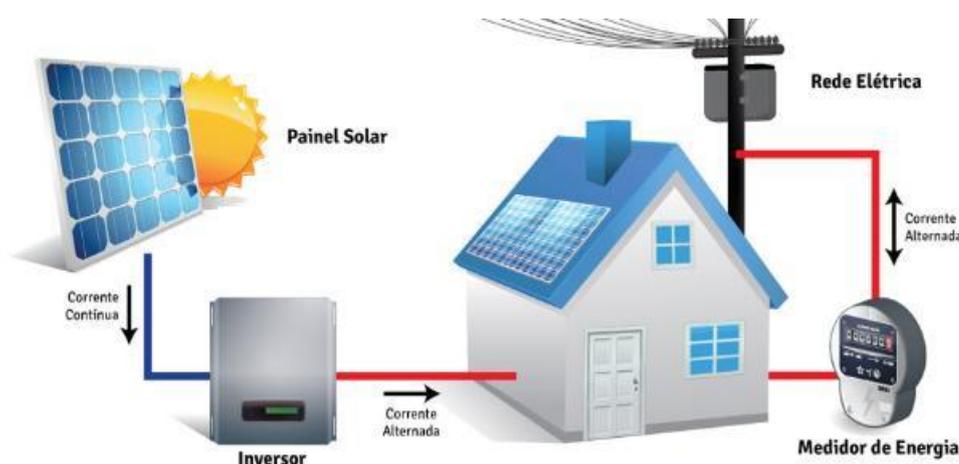


Figura 3: Sistema Autônomo (In: JÚNIOR, 2018)

4.2 PROCESSO DE ROTEAMENTO DINÂMICO

O processo de roteamento dinâmico funciona basicamente a partir da descrição de procedimentos que fornecem e recebem informações referentes à alcançabilidade das redes e de outros roteadores. Posteriormente, determinam a melhor rota e armazenam isso na tabela de roteamento. Por último, reagem, compensam e divulgam mudanças de topologia, por meio da rede mundial de computadores (GONÇALVES, 2015).

4.3 VANTAGENS VERSUS DESVANTAGENS

A principal vantagem do uso dos protocolos de roteamento dinâmico é a capacidade de adaptar-se perante a inclusão e exclusão de redes e autoprogramar-se às novas rotas, o que conseqüentemente simplifica o trabalho de quem administra as redes que deles dispõe (BENDJOUYA; MORAES, 2011). Essa característica é conhecida como convergência e está ligada diretamente ao protocolo a ser utilizado, sendo que cada um realiza isso de uma forma diferente.

Em contrapartida, esses protocolos carecem de recursos de roteador, como memória, largura de banda de link e ciclos de CPU (BENDJOUYA; MORAES, 2011). Ou seja, exigem maior investimento em equipamentos.

4.4 CRITÉRIOS DE ROTEAMENTO

Os critérios comuns a todo algoritmo de roteamento são, segundo Gonçalves (2015),

- A determinação de caminho, que utiliza os endereços das interfaces de redes contidos nos roteadores para nortear a sua alcançabilidade e por ter acesso aos protocolos das camadas física e de enlace, também conhece o estado atual das redes;
- A métrica, mecanismo utilizado quando há mais de uma rota para um mesmo ponto, trata-se de uma variável que qualifica as rotas como melhor ou pior. Cada protocolo tem sua própria métrica;
- O número de saltos, refere-se à quantidade de roteadores pelos quais um pacote passa até chegar ao seu destino;
- A largura de banda, ela mede a capacidade de transmissão de dados, tem como unidade os *bits*, em que 8 *bits* é equivalente a 1 *byte*;
- A carga, que se refere à quantidade de tráfego que passa por um *link*, quanto menor este número, melhor será o desempenho da rede. A carga é um componente variável, portanto, a métrica também se modifica, podendo ocorrer *Route Flapping* – evento que promove mudanças de efeito relacionadas ao consumo de CPU do roteador, a capacidade de largura de banda dos *links* e a estabilidade das redes de modo geral;
- O retardo pode ser classificado em três tipos: de acesso, de transmissão e de transferência. O retardo de acesso corresponde ao intervalo entre a geração da mensagem e a sua obtenção do direito de transmissão sem que haja colisão durante seu tráfego na rede. Já o retardo de transmissão consiste ao intervalo entre o início de transmissão e a entrega de uma mensagem ao seu destino. E, por fim, o retardo de transferência é o mecanismo que soma todo o tempo gasto tanto no retardo de

acesso quanto no retardo de transmissão e na entrega das mensagens do remetente ao destinatário (PINHEIRO, 2010).

- O custo se responsabiliza por induzir o administrador a optar por determinado caminho, isso acaba por estabelecer diferentes graus de preferência;
- A convergência compreende a um procedimento que mantém as tabelas de roteamento atualizadas, ação que interfere diretamente na escolha e na mudança de rotas por parte dos roteadores, de forma extremamente positiva. As tabelas de roteamento podem tranquilamente ser vistas como a bússula dos roteadores.

5 REDES DINÂMICAS

Segundo Comer (2011), conforme citado por Ortelani (2017, p. 18),

existem dois grupos de redes dinâmicas, as que utilizam vetores de distância e as que utilizam link-state. A primeira utiliza uma estrutura de dados para guardar a informação referente a seu alcance e custo, enquanto a segunda tem em cada nó de sua topologia a representação de todas as ligações da rede no formato de um grafo.

5.1 ROTEAMENTO COM VETORES DE DISTÂNCIA

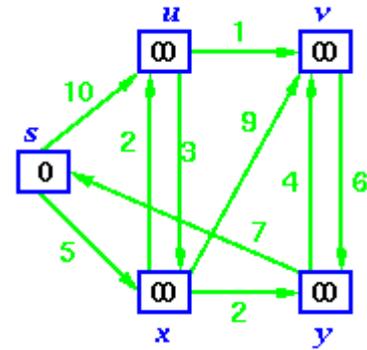
As redes dinâmicas, que têm como base vetores de distância, consideram a distância entre as redes remotas, conforme a passagem dos pacotes pelos roteadores, ação chamada de salto, escolher a melhor rota perante as que estão disponíveis (BENDJOUYA; MORAES, 2011).

Segundo Malima (2006 *apud* POSSELT; GRIESANG, 2007), o roteador detém as tabelas de roteamento atualizadas. Essas tabelas são monitoradas por meio da troca de mensagens entre os vizinhos da rede. Elas costumam conter informações, como o endereço IP da rede, o próximo roteador de destino, a interface utilizada para alcançá-lo, além da métrica que se refere à distância das rotas e do tempo relacionado ao intervalo da última atualização (ASSIS; ALVES JÚNIOR, 2001). Para auxílio dessa troca de informações, os vetores de distância utilizam algoritmos como Dijkstra e Bellman-Ford.

O algoritmo de Dijkstra trabalha escolhendo um ponto de partida dentro de uma estrutura de dados e calcula a menor distância desse ponto em relação a todos os outros que compõem a estrutura, porém, não garante exatidão caso haja valores negativos. Na Figura 4, é ilustrado o funcionamento desse algoritmo:

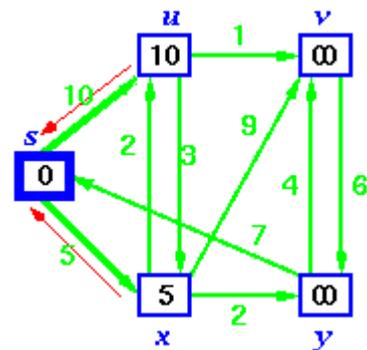
- Inicialmente todos os nodos têm um custo infinito, exceto **s** (a raiz da busca) que tem valor 0:

Vértices	s	U	V	X	Y
Estimativas	0	∞	∞	∞	∞
Precedentes	-	-	-	-	-



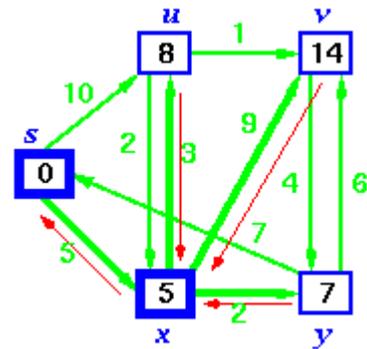
- selecione **s** (vértice aberto de estimativa mínima)
- feche **s**
- recalcule as estimativas de u e x

Vértices	s	U	V	x	Y
Estimativas	0	10	∞	5	∞
Precedentes	s	S	-	s	-



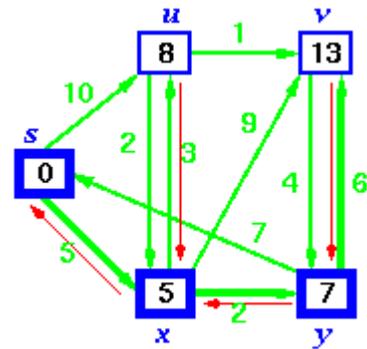
- selecione **x** (vértice aberto de estimativa mínima)
- feche **x**
- recalcule as estimativas de u, v e y

Vértices	s	U	V	X	Y
Estimativas	0	8	14	5	7
Precedentes	s	X	X	S	X



- selecione **y** (vértice aberto de estimativa mínima)
- feche **y**
- recalcule a estimativa de v

Vértices	s	U	V	X	Y
Estimativas	0	8	13	5	7
Precedentes	S	X	Y	S	X



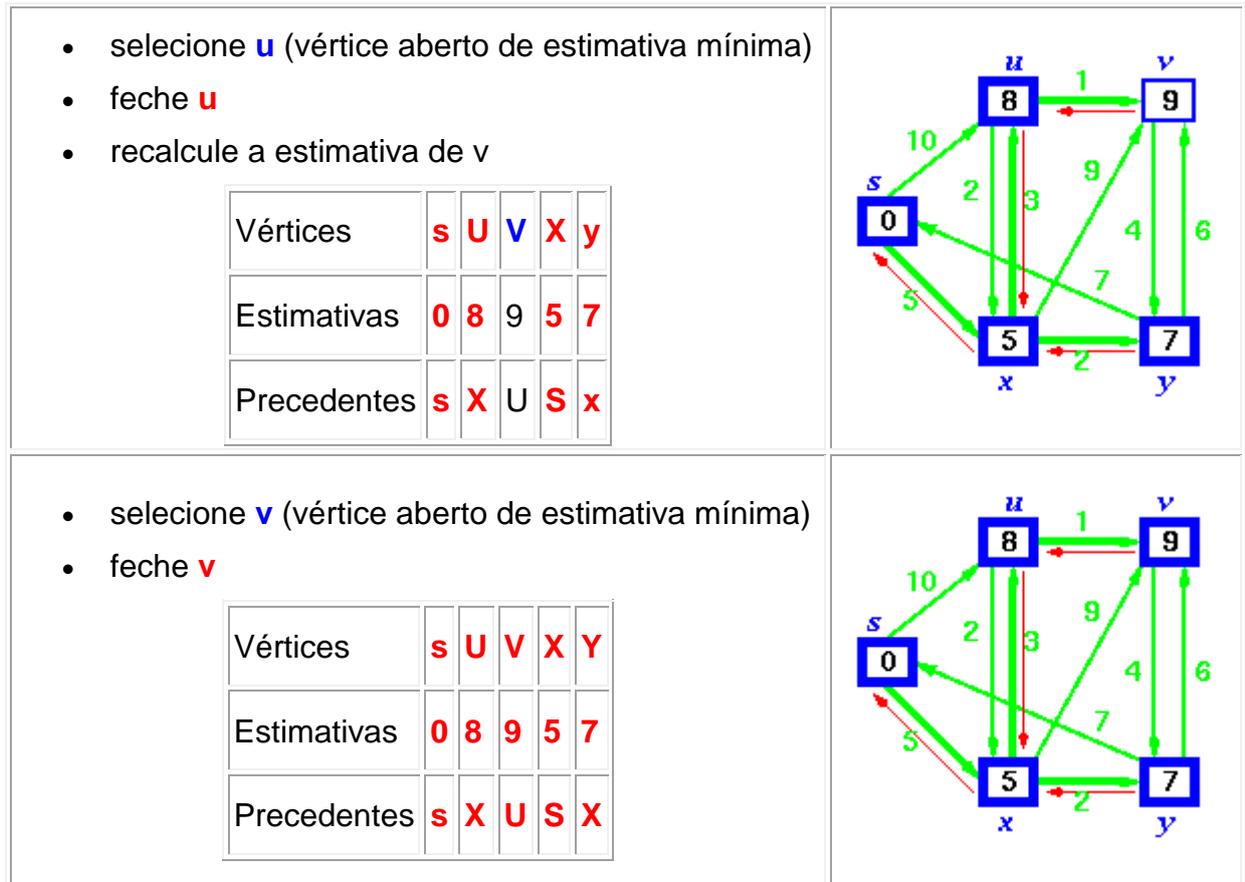


Figura 4: Diagrama Algoritmo de Dijkstra (In: MARIANI, 2013)

O Algoritmo de Bellman Ford, por sua vez, considera os valores positivos e negativos, e mostra-se mais lento que o Algoritmo de Dijkstra. Ele funciona a partir da divisão do *link* entre as redes em áreas lógicas. Quando um roteador recebe um quadro, ele lê o endereço contido no pacote e envia-o em direção à área lógica do destino, baseando-se no menor número de pontos intermediários ou *hoops*.

Um protocolo de roteamento dinâmico pertencente aos vetores de distância é o RIP (*Routing Information Protocol*) (BENDJOUYA; MORAES, 2011).

5.1.1 RIP – *Routing Information Protocol*

O RIP (*Routing Information Protocol*) foi um dos primeiros protocolos de roteamento, desenvolvido no início da década de 80, como parte dos protocolos *Xerox Network Services* (XNS), IPX da Novel e do conjunto de protocolos TCP/IP.

O protocolo RIP trabalha fazendo com que um único roteador envie sua tabela a todos os outros, num tempo já estipulado que gira em torno de 30 segundos. O tempo de convergência é um fator imprescindível para que a rede não fique desatualizada e permaneça dinâmica. Em rotas muito grandes, é possível implementar métodos para preservar essa característica, conforme descrito a seguir:

- *Split Horizon With Poisonous Reverse*: esse método indica quando um pacote não deve ser enviado por um determinado caminho pela possibilidade dele se chocar com outros, entrar em *loop* e não chegar ao destino desejado.
- *Split Horizon*, método que indica quando o roteador não pode enviar atualizações pela mesma interface usada para recebê-las.
- *Triggered Update*, método que não espera o tempo de envio estipulado para atualizar a tabela de roteamento, o que reduz os erros e a ocorrência de *loops*, porém, sobrecarrega a rede.

Para um melhor controle desse processo, inicia-se um contador aleatório de 1 a 5. Nesse período a tabela deve esperar o fim do contador para ser enviada (ASSIS; ALVES JÚNIOR, 2001).

A estrutura do protocolo RIP é representada na Figura 5 a seguir, os números entre parênteses correspondem aos *bytes* do respectivo campo:

comando (1)	identificador de versão (1)	deve ser zero (2)
identificador do endereço da família (2)		deve ser zero (2)
endereço IP (4)		
deve ser zero (4)		
deve ser zero (4)		
métrica (4)		

Figura 5: Cabeçalho do Protocolo RIP (In: ASSIS, ALVES JÚNIOR, 2001, p. 09)

O campo comando informa do que se trata a mensagem, uma requisição ou resposta de envio da tabela. O RIP é capaz de carregar informações de roteamento de vários protocolos

diferentes por causa de seu formato de pacotes. Portanto, cada rota da tabela contém um identificador de endereço da família para indicar que tipo de endereço está especificado.

Diante de uma resposta, o roteador verifica se a rota pertence ao endereço de classe válida (A, B ou C), se o endereço de rede não é 127 (*loop-back*) ou 0 (endereço *broadcast*) e, por último, se a métrica não é maior que infinito. Logo após, é feita a análise da tabela com a mensagem recebida para verificar a necessidade de atualização.

O RIP consegue tracejar até 25 rotas por mensagem, sendo que o tamanho máximo de cada uma é de 512 *bytes*. Se houver necessidade de reportar mais de 25 rotas será enviado um outro pacote (ASSIS; ALVES JÚNIOR, 2001).

5.2 ROTEAMENTO *LINK-STATE*

As redes dinâmicas que utilizam *link-state* efetuam a descoberta de vizinhos e obtém informações acerca de seus endereços de rede, por meio disso, calculam o atraso ou o custo para cada ponto vizinho e montam um pacote com tudo que foi descoberto para enviar a outros roteadores, e, por fim, aponta o caminho mínimo para o roteador (LUZ, 2013).

Cada roteador tem uma espécie de mapa individual com relação ao restante da rede. Esse mecanismo também é conhecido como SPF (caminho mais curto primeiro). Existem dois protocolos de roteamento dinâmico que fazem parte do *Link-State*, são eles: o OSPF (*Open Shortest Path First*) e o IS-IS (*Intermediate-System-to Intermediate-System*) (LUZ, 2013).

O *Link-state* tem melhor tempo de convergência, ou seja, se adapta a mudanças com maior facilidade que o vetor de distância, porém, exige mais memória e capacidade de processamento, o que atualmente não chega a ser um problema.

Um exemplo de protocolo de roteamento que utiliza *link-state* é o OSPF (*Open Shortest Path First*).

5.2.1 OSPF – *Open Shortest Path First*

O OSPF foi criado para rodar na arquitetura TCP/IP, trata-se de um protocolo muito presente em sistemas autônomos, pois transforma uma rede de grande porte em partes menores, facilitando a administração como um todo, procurando o menor caminho por meio

do algoritmo SPF – *Shortest Path First*. Nesse algoritmo, cada nó da rede possui todos os seus *links*, característica que difere do vetor de distância.

Fatores como identificador de interface, número do enlace e métrica são definidos individualmente. Com isso, os roteadores conseguem identificar a rota mais adequada.

Existe um processo conhecido como *Flooding* que ocorre da seguinte forma: diante de alterações do enlace de rede, os mais próximos notificam seus vizinhos para que possam ter certeza de que a mensagem é nova e existe um campo que informa seu código e horário de envio. Caso a mensagem seja realmente nova, ela é adicionada. Caso contrário, há uma comparação entre o identificador e a sua rota. Se comprovado que o novo identificador é maior que o antigo, a rota é substituída. Se for menor, a rota existente na tabela é transmitida como nova; e se houver igualdade, nada muda (ASSIS; ALVES JÚNIOR, 2001)

O OSPF possui alguns mecanismos protetores de intercorrências como falhas no *flooding* ou injeção de informações improcedentes.

Os pacotes que descrevem a tabela são enviados com o máximo de segurança. Cada entrada possui um contador de tempo, caso não haja mudanças nesse período, ela é removida. Elas são protegidas por verificação de soma e as mensagens possuem autenticação. Além disso, o *flooding* notifica reconhecimento salto a salto;

Na Figura 6 abaixo, é exemplificado o cabeçalho do protocolo OSPF:

Idade do LS (2)	Opções (1)	Tipo de LS (1)
ID do Estado da Conexão (4)		
Roteador de anúncio (4)		
Número de Sequência do LS (4)		
Verificação LS (2)	Comprimento (2)	

Figura 6: Cabeçalho do Protocolo OSPF (In: ASSIS; ALVES JÚNIOR, 2001, p. 11)

Cada parte desse cabeçalho é explicitada a seguir, conforme Assis, Alves Júnior (2001):

- A idade do LS refere-se ao tempo desde o anúncio da primeira rota;

- Em opções, definem-se as características do roteador que a enviou, entre elas, a capacidade de roteamento externo. Dos 8 *bits* que possui, somente 2 estão definidos no OSPF: o *bit* "E" (*External links*) e "T" (*Type of Service*). O primeiro verifica quais são as rotas externas e o segundo indica se o roteador suporta ou não esse serviço;
- O tipo de LS caracteriza o tipo de conexão;
- O ID do estado da conexão, em geral, é representado pelo endereço IP;
- O roteador de anúncio é representado pelo endereço IP do roteador que enviou a mensagem. Ele especifica o roteador que enviou a rota na tabela. Para entradas de conexão de roteador, esse campo é idêntico ao ID do estado da conexão;
- O número de sequência de LS é o número usado para detectar rotas duplicadas ou desatualizadas. Quanto maior o número, mais recente é a rota;
- A verificação LS é usada para detectar dados corrompidos na rota; e
- O comprimento especifica o comprimento da rota.

5.3 RIP VERSUS OSPF

O RIP foi um dos primeiros protocolos dinâmicos que surgiram a quase 40 anos. Naquela época, havia muito poucos recursos de implementação e otimização da transferência de dados, principalmente, em relação a capacidade de atualização de rotas na rede, a convergência e a sua falta de equipamentos de monitoramento.

Com o crescimento da internet, o OSPF mostrou-se mais eficiente, destacando-se em sistemas autônomos e convergindo em velocidades bem mais altas, em decorrência da sua capacidade de transmitir dados de forma logarítmica usando custos e não saltos, além de oferecer mecanismos que auxiliam tecnicamente na tomada de decisão de qual o melhor caminho a seguir. Isso, porque nem sempre o que parece é realmente a melhor opção, devido à possibilidade de ocorrer sobrecarga na rede.

Apesar de toda tecnologia a serviço do OSPF, uma das poucas vantagens do RIP sobre ele é a maior facilidade de implementação.

6 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO NO *CISCO PACKET TRACER*

As simulações de uso dos protocolos RIP e OSPF foram feitas na ferramenta *Cisco Packet Tracer 7.1*. A configuração dos roteadores é apresentada a seguir com dois cenários diferentes: no primeiro, há os roteadores configurados com o protocolo de roteamento RIP e no segundo, há a configuração dos roteadores com o protocolo OSPF. Após cada configuração, demonstra-se os comandos utilizados, uma breve descrição de cada um deles, e, por fim, a discussão e os resultados obtidos dessa simulação

Em seguida, há a configuração dos roteadores com o protocolo RIP.

6.1 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO PROTOCOLO RIP

A simulação que se utiliza do protocolo RIP possui uma topologia com dez roteadores de IPs distintos pertencentes às classes A, B e C, interligados entre si por meio do cabo serial DCE, devidamente configurado para viabilizar o tráfego de pacotes entre todos os roteadores da rede, fazendo com que convirja satisfatoriamente.

Utilizou-se dez roteadores com o intuito de demonstrar detalhadamente o funcionamento da rede em relação ao tráfego de pacotes e à velocidade em que os roteadores convergem, ou seja, trocam informações.

A ferramenta utilizada foi o simulador *Cisco Packet Tracer* versão 7.1 que possui todo suporte no que se refere aos elementos necessários para construir a simulação como, por exemplo, cabos seriais e roteadores específicos, além de já ser uma ferramenta conhecida pela pesquisadora por ter sido trabalhada durante as aulas de redes do curso de graduação. Na Figura 7 a seguir, é demonstrada a topologia física da rede que faz uso do protocolo RIP:

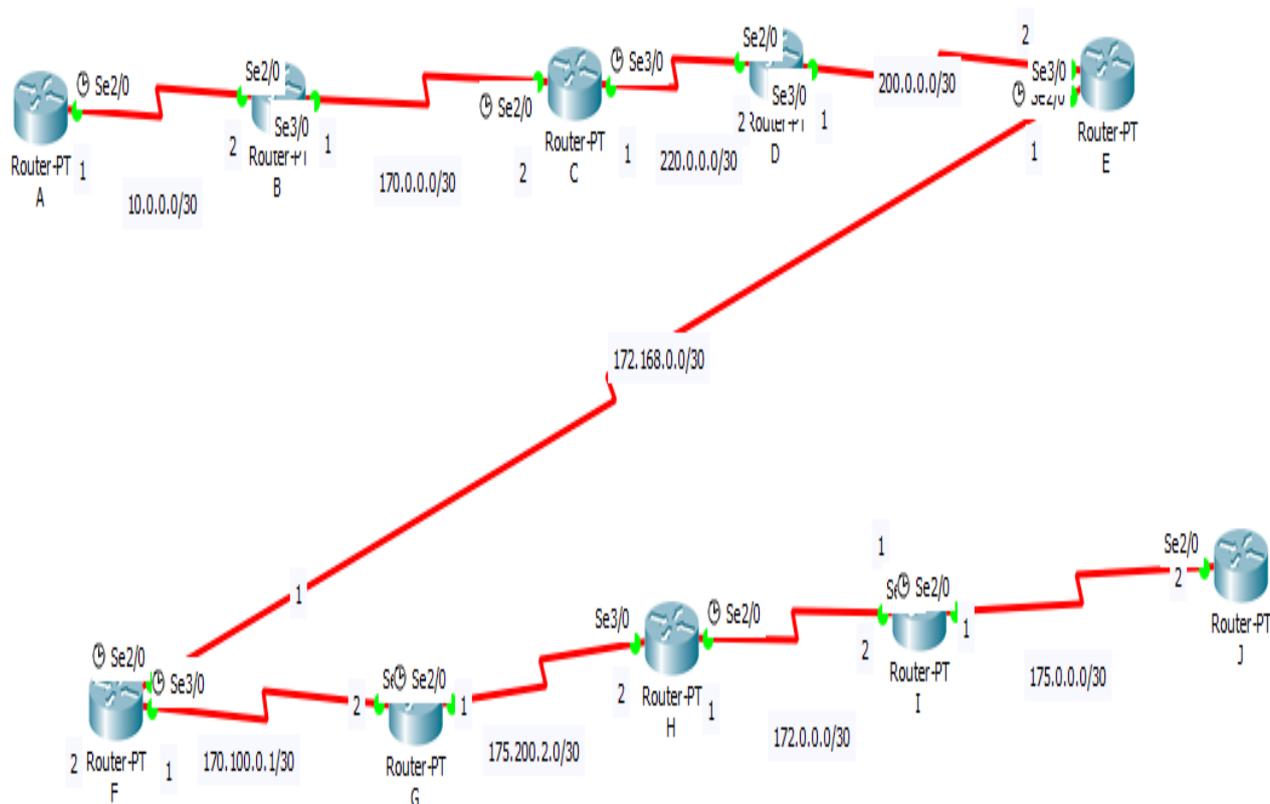


Figura 7: Topologia Protocolo RIP

A seguir são apresentadas as telas de configuração de cada um dos roteadores, conforme Figuras de 8 a 17:

```

--- System Configuration Dialog ---

Would you like to enter the initial configuration dialog? [yes/no]: n

Press RETURN to get started!

*

Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname A
A(config)#enable s
A(config)#enable secret cisco
A(config)#int ser2/0
A(config-if)#ip add
A(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
A(config-if)#clock r
A(config-if)#clock rate 64000
A(config-if)#band
A(config-if)#bandwidth 64000
A(config-if)#no shut
A(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
A(config-if)#router r
A(config-if)#router rip
A(config-router)#net
A(config-router)#network 10.0.0.0
A(config-router)#end
A#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

A#w
Building configuration...
[OK]
A#

```

Figura 8: Protocolo RIP – Roteador A

Na Figura 8 acima, contém a configuração do roteador A. Este roteador recebeu um nome de identificação na rede para, em seguida, ser atribuída uma senha para maior segurança da rede. Logo após acessar a interface que precisava ser configurada, informou-se o IP. Caso ela possuísse *clock*, informou-se a velocidade de tráfego. Caso não possuísse, a utilização dos comandos *clock rate* e *bandwidth* foi dispensável.

O roteamento foi configurado por meio dos comandos *router rip* e *network*. O *router rip* informa qual protocolo é utilizado, e o *network* apresenta quais redes estão conectadas diretamente ao roteador.

O que mudou de um roteador para o outro foram: os IPs, o acréscimo de uma interface, além das redes as quais cada roteador está conectado. O arsenal de comandos permaneceu idêntico para os demais roteadores que compuseram a rede. Isso pode ser observado nas Figuras de 9 a 17 que se seguem:

```
Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname B
B(config)#enable s
B(config)#enable secret cisco
B(config)#int ser2/0
B(config-if)#ip add
B(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
B(config-if)#no shut
B(config-if)#no shutdown

B(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up

B(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up

B(config-if)#int ser3/0
B(config-if)#ip add
B(config-if)#ip address 170.0.0.1 255.255.255.252
B(config-if)#clock r
B(config-if)#clock rate 64000
B(config-if)#band
B(config-if)#bandwidth 64000
B(config-if)#no shut
B(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to down
B(config-if)#router rip
B(config-router)#net
B(config-router)#network 10.0.0.0
B(config-router)#net
B(config-router)#network 170.0.0.0
B(config-router)#end
B#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Figura 9: Protocolo RIP – Roteador B

```

Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname C
C(config)#enable s
C(config)#enable secret cisco
C(config)#int ser2/0
C(config-if)#ip add
C(config-if)#ip address 170.0.0.2 255.255.255.252
C(config-if)#no shut
C(config-if)#no shutdown

C(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up

C(config-if)#in
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up

      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

C(config-if)#no shutdown
C(config-if)#int ser3/0
C(config-if)#ip address 170.0.0.2 255.255.255.252
% 170.0.0.0 overlaps with Serial2/0
C(config-if)#enable secret cisco
C(config)#int ser3/0
C(config-if)#ip add
C(config-if)#ip address 220.0.0.1 255.255.255.252
C(config-if)#clock r
C(config-if)#clock rate 64000
C(config-if)#band
C(config-if)#bandwidth 64000
C(config-if)#router rip
C(config-router)#network 170.0.0.0
C(config-router)#network 220.0.0.0
C(config-router)#w

```

Figura 10: Protocolo RIP – Roteador C

```
Press RETURN to get started!

Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname D
D(config)#enable s
D(config)#enable secret cisco
D(config)#int ser2/0
D(config-if)#ip add
D(config-if)#ip address 220.0.0.2 255.255.255.252
D(config-if)#no shut
D(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
D(config-if)#int ser3/0
D(config-if)#ip add
D(config-if)#ip address 200.0.0.1 255.255.255.252
D(config-if)#clock rate 64000
D(config-if)#bandwidth 64000
D(config-if)#no shut
D(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to down
D(config-if)#router rip
D(config-router)#network 220.0.0.0
D(config-router)#network 200.0.0.0
D(config-router)#end
D#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
w
Building configuration...
[OK]
D#
```

Figura 11: Protocolo RIP – Roteador D

```

Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname E
E(config)#enable secret cisco
E(config)#int ser2/0
E(config-if)#ip address 200.0.0.2 255.255.255.252
E(config-if)#clock rate 64000
E(config-if)#bandwidth 64000
E(config-if)#no shshutdown
E
% Invalid input detected at '^' marker.

E(config-if)#no shutdown

E(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up

E(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up
ini
E(config-if)#int ser3/0
E(config-if)#ip address 172.168.0.1 255.255.255.252
E(config-if)#no shut
E(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to down
E(config-if)#router rip
E(config-router)#net
E(config-router)#network 200.0.0.0
E(config-router)#net
E(config-router)#network 172.168.0.0
E(config-router)#end
E#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
w
Building configuration...
[OK]
E#

```

Figura 12: Protocolo RIP – Roteador E

```

Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname F
F(config)#enable secret cisco
F(config)#int ser2/0
F(config-if)#ip address 172.168.0.2 255.255.255.252
F(config-if)#clock rate 64000
F(config-if)#bandwidth 64000
F(config-if)#no shutdown

F(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up

F(config-if)#int
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up

      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

F(config-if)#int ser3/0
F(config-if)#ip address 170.100.0.1 255.255.255.252
F(config-if)#clock rate 64000
F(config-if)#bandwidth 64000
F(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to down
F(config-if)#router rip
F(config-router)#network 172.168.0.0
F(config-router)#network 170.100.0.0
F(config-router)#end
F#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
w
Building configuration...
[OK]
F#

```

Figura 13: Protocolo RIP – Roteador F

```

Press RETURN to get started:

Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname G
G(config)#enable s
% Incomplete command.
G(config)#enable s
G(config)#enable secret cisco
G(config)#int ser2/0
G(config-if)#ip address 175.200.2.1 255.255.255.252
G(config-if)#clock rate 64000
G(config-if)#bandwidth 64000
G(config-if)#int ser3/0
G(config-if)#ip address 170.100.0.2 255.255.255.252
G(config-if)#no shut
G(config-if)#no shutdown

G(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to up

G(config-if)#e
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial3/0, changed state to up
G(config-if)#bandwidth 64000
G(config-if)#no shut
G(config-if)#no shutdown
G(config-if)#int ser3/0
G(config-if)#ip address 170.100.0.2 255.255.255.252
G(config-if)#no shutdown
G(config-if)#router rip
G(config-router)#net
G(config-router)#network 175.200.0.0
G(config-router)#net
G(config-router)#network 170.100.0.0
G(config-router)#end
G#
%SYS-5-CONFIG I: Configured from console by console

```

Figura 14: Protocolo RIP – Roteador G

```
Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname H
H(config)#inienable s
hienable sieienable s
H(config)#enable secret cisco
H(config)#int ser2/0
H(config-if)#ip add
H(config-if)#ip address 172.0.0.1 255.255.255.252
H(config-if)#clock r
H(config-if)#clock rate 64000
H(config-if)#band
H(config-if)#bandwidth 64000
H(config-if)#inino shut
H(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
H(config-if)#int ser3/0
H(config-if)#ip add
H(config-if)#ip address 175.200.2.2 255.255.255.252
H(config-if)#no shut
H(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to down
H(config-if)#router rip
H(config-router)#net
H(config-router)#network 172.0.0.0
H(config-router)#net
H(config-router)#network 175.200.0.0
H(config-router)#end
H#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
w
Building configuration...
[OK]
H#
H#configure terminal
```

Figura 15: Protocolo RIP – Roteador H

```

Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname I
I(config)#enable s
I(config)#enable secret cisco
I(config)#int ser2/0
I(config-if)#ip add
I(config-if)#ip address 175.0.0.1 255.255.255.252
I(config-if)#clock rate 64000
I(config-if)#band
I(config-if)#bandwidth 64000
I(config-if)#no shut
I(config-if)#no shutdown

%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to down
I(config-if)#int ser3/0
I(config-if)#ip add
I(config-if)#ip address 172.0.0.2 255.255.255.252
I(config-if)#no shut
I(config-if)#no shutdown

I(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial3/0, changed state to up

I(config-if)#
%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial3/0, changed state to up

I(config-if)#router rip
I(config-router)#net
I(config-router)#network 172.0.0.0
I(config-router)#net
I(config-router)#network 175.0.0.0
I(config-router)#end
I#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console

```

Figura 16: Protocolo RIP – Roteador I

```
PT2005 processor: part number 0, mask 01
Bridging software.
X.25 software, Version 3.0.0.
4 FastEthernet/IEEE 802.3 interface(s)
2 Low-speed serial(sync/async) network interface(s)
32K bytes of non-volatile configuration memory.
63488K bytes of ATA CompactFlash (Read/Write)

Press RETURN to get started!

Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#host
Router(config)#hostname J
J(config)#enable s
J(config)#enable secret cisco
J(config)#int ser2/0
J(config-if)#ip add
J(config-if)#ip address 175.0.0.2 255.255.255.252
J(config-if)#no shut
J(config-if)#no shutdown

J(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial2/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial2/0, changed state to up
router rip
J(config-router)#net
J(config-router)#network 175.0.0.0
J(config-router)#end
J#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
w
Building configuration...
[OK]
J#
```

Figura 17: Protocolo RIP – Roteador J

6.2 SIMULAÇÃO DE ROTEAMENTO PROTOCOLO OSPF

A simulação que se utiliza do protocolo OSPF possui uma topologia com dois sistemas autônomos. Cada um com quatro roteadores de IPs distintos pertencentes às classes A e C.

Foram construídos dois sistemas autônomos com quatro roteadores cada um, com o intuito de demonstrar a superioridade do protocolo OSPF sobre o protocolo RIP, já que ele consegue administrar uma rede de porte muito maior em que os roteadores não estão próximos como no caso do protocolo RIP.

Os roteadores estão interligados entre si por meio do cabo serial DCE e ambos os sistemas se comunicam por meio da interface serial 6/0.

Para essa simulação, assim como anteriormente, foi utilizado o *simulador Cisco Packet Tracer* versão 7.1 que oferece todo suporte necessário.

Na Figura 18 a seguir, é demonstrada a topologia da rede que se utiliza do protocolo OSPF:

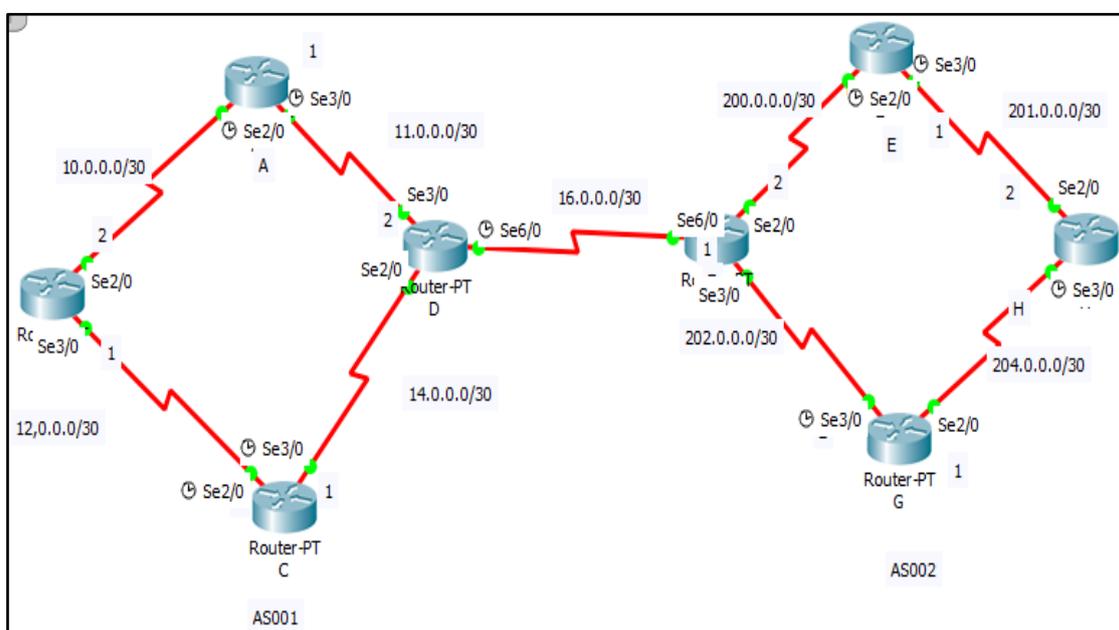


Figura 18: Topologia Protocolo OSPF

Seguem as configurações de cada um dos roteadores:

```

A>EN
A>ENable
Password:
A#conf t
A#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
A(config)#int ser2/0
A(config-if)#ip ass
A(cint ser2/0int ser2/0
A(config-if)#ip add
A(config-if)#ip address 10.0.0.1 255.255.255.252
A(config-if)#no shut
A(config-if)#no shutdown
A(config-if)#int ser3/0
A(config-if)#ip add
A(config-if)#ip address 11.0.0.1 255.255.255.252
A(config-if)#clock rate 64000
A(config-if)#bandwidth 64000
A(config-if)#no shut
A(config-if)#no shutdown
A(config-if)#router ospf 1
A(config-router)#net
A(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 1
A(config-router)#network 11.0.0.0 0.0.0.255 area 1
A(config-router)#network 12.0.0.0 0.0.0.255
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.
A(config-router)#network 12.0.0.0 0.0.0.255 area 1

```

Figura 19: Protocolo OSPF – Roteador A

A configuração dos roteadores no caso do protocolo OSPF segue o padrão de identificação, a configuração de interfaces e a atribuição de IPs, assim como já foi explicitado com relação ao protocolo RIP.

A principal diferença entre eles é no momento em que se estabelece o roteamento, sendo que o protocolo OSPF utiliza o comando *router ospf 1* e, em seguida, o comando *network* contendo o IP da rede com sua máscara invertida, além da área que pode receber 0 ou 1, nesse caso recebe 1.

```
B#
B#en
B#enable
B#conf t
B#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
B(config)#int ser2/0
B(config-if)#ip add
B(config-if)#ip address 10.0.0.2 255.255.255.252
B(config-if)#no shut
B(config-if)#no shutdown
B(config-if)#int ser3/0
B(config-if)#ip add
B(config-if)#ip address 12.0.0.1 255.255.255.252
B(config-if)#no shut
B(config-if)#no shutdown
B(config-if)#router ospf
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

B(config-if)#router ospf 1
B(config-router)#net
B(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 1
B(config-router)#net
B(config-router)#network 12.0.0.0 0.0.0.255 area 1
B(config-router)#network 14.0.0.0 0.0.0.255 area 1
B(config-router)#
```

Figura 20: Protocolo OSPF – Roteador B

```
C#
C#
C#
C#
C#
C#
C#
C#
C#en
C#enable
C#conf t
C#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
C(config)#int ser2/0
C(config-if)#ip add
C(config-if)#ip address 12.0.0.2 255.255.255.252
C(config-if)#clock rate 64000
C(config-if)#bandwidth 64000
C(config-if)#no shut
C(config-if)#no shutdown
C(config-if)#int ser3/0
C(config-if)#ip address 14.0.0.2 255.255.255.252
C(config-if)#clock rate 64000
C(config-if)#bandwidth 64000
C(config-if)#no shut
C(config-if)#no shutdown
C(config-if)#router ospf 1
C(config-router)#net
C(config-router)#network 12.0.0.0 0.0.0.255 area 1
C(config-router)#net
C(config-router)#network 14.0.0.0 0.0.0.255 area 1
C(config-router)#network 16.0.0.0 0.0.0.255 area 1
C(config-router)#
C#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
```

Figura 21: Protocolo OSPF – Roteador C

```
Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#int ser2/0
Router(config-if)#ip address 14.0.0.2 255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#int ser3/0
Router(config-if)#ip address 11.0.0.2 255;255.255.252
                                         ^
% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-if)#ip address 11.0.0.2 255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#int ser6/0
Router(config-if)#ip address 16.0.0.1 255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#ip address 16.0.0.1 255.255.255.252
Router(config-if)#clock rate 64000
Router(config-if)#bandwidth 64000
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#router ospf 1
Router(config-router)#net
Router(config-router)#network 10.0.0.0 0.0.0.255 area 1
Router(config-router)#net
Router(config-router)#network 14.0.0.0 0.0.0.255
```

Figura 22: Protocolo OSPF – Roteador D

```
E>en
E>enable conf t
E>en
E>enable
Password:
E#conf t
E#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
E(config)#int ser2/0
E(config-if)#ip address 200.0.0.1 255.255.255.252
E(config-if)#clock rate 64000
E(config-if)#bandwidth 64000
E(config-if)#no shutdown
E(config-if)#int ser3/0
E(config-if)#ip address 201.0.0.1 255.255.255.252
E(config-if)#clock rate 64000
E(config-if)#and
E(config-if)#band
E(config-if)#bandwidth 64000
E(config-if)#no shut
E(config-if)#no shutdown
E(config-if)#router ospf 1
E(config-router)#net
E(config-router)#network 200.0.0.0 0.255.255.255 area 1
E(config-router)#net
E(config-router)#network 201.0.0.0 0.255.255.255 area 1
E(config-router)#net
E(config-router)#network 202.0.0.0 0.255.255.255 area
% Incomplete command.
E(config-router)#network 202.0.0.0 0.255.255.255 area 1
E(config-router)#
```

Figura 23: Protocolo OSPF – Roteador E

```
Router>en
Router>enable
Router#conf t
Router#conf terminal
Enter configuration commands, one per line.  End with CNTL/Z.
Router(config)#int ser2/0
Router(config-if)#ip add
Router(config-if)#ip address 200.0.0.2 255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#int ser3/0
Router(config-if)#ip address 202.0.0.2 255.255.255.252
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#int ser6/0
Router(config-if)#ip add
Router(config-if)#ip address 16.0.0.2 255.255.255.252
Router(config-if)#no shut
Router(config-if)#no shutdown
Router(config-if)#router ospf
      ^
% Invalid input detected at '^' marker.

Router(config-if)#router ospf 1
Router(config-router)#net
Router(config-router)#network 200.0.0.0 0.255.255.255 area 1
Router(config-router)#net
Router(config-router)#network 202.0.0.0 0.255.255.255 area 1
Router(config-router)#net
Router(config-router)#network 204.0.0.0 0.255.255.255 area 1
Router(config-router)#|
```

Figura 24: Protocolo OSPF – Roteador F

```
G>en
G>enable conf t
G>enable
Password:
G#conf t
G#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
G(config)#int ser2/0
G(config-if)#ip add
G(config-if)#ip address 204.0.0.2 255.255.255.252
G(config-if)#no shut
G(config-if)#int ser3/0
G(config-if)#ip add
G(config-if)#ip address 202.0.0.1 255.255.255.252
G(config-if)#cloc r
G(config-if)#cloc rate 64000
G(config-if)#band
G(config-if)#bandwidth 64000
G(config-if)#no shut
G(config-if)#no shutdown
G(config-if)#router ospf 1
G(config-router)#net
G(config-router)#network 202.0.0.0 0.255.255.255 area 1
G(config-router)#net
G(config-router)#network 200.0.0.0 0.255.255.255 area 1
G(config-router)#net
G(config-router)#network 204.0.0.0 0.255.255.255 area 1
G(config-router)#
```

Figura 25: Protocolo OSPF – Roteador G

```
H>en
H>enable
Password:
H#conf t
H#conf terminal
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
H(config)#int ser2/0
H(config-if)#ip add
H(config-if)#ip address 201.0.0.2 255.255.255.252
H(config-if)#no shut
H(config-if)#no shutdown
H(config-if)#int ser3/0
H(config-if)#ip address 204.0.0.1 255.255.255.252
H(config-if)#clock r
H(config-if)#clock rate 64000
H(config-if)#band
H(config-if)#bandwidth 64000
H(config-if)#no shut
H(config-if)#no shutdown
H(config-if)#router ospf 1
H(config-router)#net
H(config-router)#network 201.0.0.0 0.255.255.255 area 1
H(config-router)#net
H(config-router)#network 204.0.0.0 0.255.255.255 area 1
H(config-router)#net
H(config-router)#network 206.0.0.0 0.255.255.255 area
% Incomplete command.
H(config-router)#
```

Figura 26: Protocolo OSPF – Roteador H

6.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A comparação entre os protocolos RIP e OSPF foi realizada no simulador *Cisco Packet Tracer*, resultando nas imagens abaixo. Na Figura 27, há a demonstração do tempo de convergência com o protocolo RIP e na Figura 28, há o tempo de convergência com o protocolo OSPF:

The screenshot displays the Simulation Panel's Event List for RIPv1. The table below represents the data shown in the interface:

Vis.	Time(sec)	Last Device	At Device	Type	Info
	12.312	--	D	RIPv1	
	12.313	D	E	RIPv1	
	12.313	D	C	RIPv1	
	13.733	--	F	RIPv1	
	13.733	--	F	RIPv1	
	13.734	F	G	RIPv1	
	13.734	F	E	RIPv1	
	15.649	--	I	RIPv1	
	15.649	--	I	RIPv1	

Below the table, the 'Reset Simulation' button is visible, along with a checked 'Constant Delay' checkbox. The 'Captured to:' field shows '15.649 s'. The 'Play Controls' section includes 'Back', 'Auto Capture / Play', and 'Capture / Forward' buttons. At the bottom, the 'Event List Filters - Visible Events' section lists various protocols, with 'Edit Filters' and 'Show All/None' buttons.

Figura 27: Resultado RIP

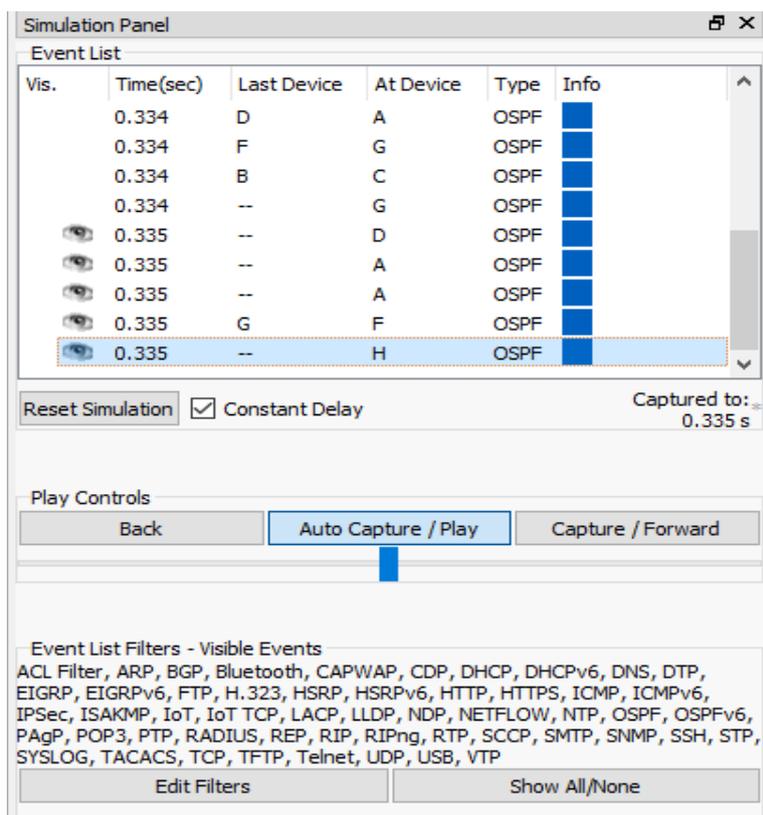


Figura 28: Resultado OSPF

Após a realização dos testes, é possível confirmar a superioridade do protocolo OSPF sobre o RIP no que se refere ao tempo de convergência. Quanto maior for a rede, mais indicada é a utilização do protocolo OSPF. Isso porque existe uma limitação de uso de até 60 roteadores no caso do protocolo RIP.

Os sistemas autônomos utilizam redes *WAN*, um conjunto de redes ligadas umas às outras como se fossem uma só. Com isso, é possível gerenciar tranquilamente o vasto número de informações que surgem a todo momento.

Fica evidente o quanto os protocolos de roteamento precisaram evoluir e que, com o passar do tempo, o protocolo RIP foi caindo em desuso, sendo, na maioria dos casos, utilizado apenas para estudos que visam criar protocolos ainda mais eficientes do que o OSPF e daqueles que funcionam de modo semelhante.

7 CONCLUSÃO

Após a conclusão do trabalho, é possível comprovar a evolução e a eficácia dos protocolos de roteamento dinâmico, perante o cenário tecnológico que se apresenta.

Diante dessas mudanças substanciais, surgem protocolos como o IPV6, que espera ser capaz de abrigar tecnologias inovadoras de vários segmentos como a indústria, a agricultura, a prestação de serviços e até mesmo a própria tecnologia da informação, que está cada vez mais distribuída, exigindo muito das pessoas que não só trabalham, mas também a utilizam como lazer.

Esse fato decorre do surgimento de sistemas que procuram acumular funcionalidades em busca de atender as requisições dos usuários que se mostram cada dia mais exigentes, pois diante da correria da vida moderna querem ferramentas que remetam a praticidade, porém, não dispensam a qualidade e, muito menos, a velocidade.

Os protocolos de roteamento dinâmico são relevantes, pois sem eles a transferência de tantas informações em tão pouco tempo ficaria completamente inviável.

Comprova-se, principalmente, a superioridade do protocolo OSPF sobre o protocolo RIP, não só por convergir de forma logarítmica, mas também por proporcionar a construção de sistemas autônomos que trabalham com redes de grande porte em detrimento do protocolo RIP.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, J. M. F. *Breve história da Internet*. Braga, UMinho, 2006. Disponível em: <<https://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/3396/1/INTERNET.pdf>>. Acesso em: 23 out. 2017.

ASSIS, U. de, ALVES JUNIOR, N. *Protocolos de Roteamento RIP e OSPF*. Rede Rio de Computadores, FAPERJ, 2001. Disponível em: <<http://www.rederio.br/downloads/pdf/nt01100.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2018

BENJOUYA, M. B, MORAES, A. *Protocolos de roteamento dinâmico*. Projeto Integrador I. Pelotas, Senac, 2011. Disponível em: <http://187.7.106.14/wiki2011_2/lib/exe/fetch.php?media=projeto13:artigo.pdf>. Acesso em: 08 fev. 2018

BEZERRA, R. M. S., NETO, M. C. M. *Protocolos de roteamento RIP e OSPF*. 2002. 17 f. Monografia (Mestrado em Redes de Computadores) – Disciplina Laboratório de Redes II do curso do Programa de Pós-Graduação Mestrado de Redes, Salvador, UNIFACS, 2002. Disponível em: <http://www2.ufba.br/~romildo/downloads/rip_ospf.pdf>. Acesso em: 22 out. 2017.

BURIOL, L. S. *Roteamento do Tráfego na Internet: Algoritmos para Projeto e Operação de Redes com Protocolo OSPF*. 2003. 222 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/260296/1/Buriol_LucianaSalette_D.pdf>. Acesso em 10 fev. 2018.

GONÇALVES, J. *Roteamento Dinâmico (Parte I: Conceitos Básicos)*. Espírito Santo, UFES, 2015. Disponível em: <https://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes_de_Computadores/Roteamento%20Dinamico.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017.

JAMHOUR, E. *Sistemas Autônomos e Roteamento na Internet*. Curitiba, PUC, 2009. Disponível em: <<https://www.ppgia.pucpr.br/~jamhour/Pessoal/Atual/SARoteamento.pdf>>. Acesso em: 27 fev. 2018

JUNIOR, A. R. *Economia de 90% na Conta de Energia (Sistema Solar Fotovoltaico)*. Goiânia, OLX, 2018. Disponível em: <<http://go.olx.com.br/grande-goiania-e-anapolis/materiais-de-construcao-e-jardim/economia-de-90-na-conta-de-energia-sistema-solar-fotovoltaico-397222385>>. Acesso em: 26 fev. 2018.

KOLB, J. J. *Camadas do Modelo OSI*. 2016. Disponível em: <<http://jkolb.com.br/modelo-osi-open-systems-interconnection/>>. Acesso em: 16 fev. 2018.

LUZ, C. A. *Protocolos de Roteamento link-state*. Tubarão: UNISUL, 2013. Disponível em: <http://paginas.unisul.br/carlos.luz/redes/ROTEAMENTO_DINAMICO/protocolos_link_state.pdf>. Acesso em: 13 fev.2018.

MARIANI, A. C. *Algoritmo de Dijkstra para cálculo do Caminho de Custo Mínimo*. Santa Catarina, UFSC, 2013. Disponível em: <www.inf.ufsc.br/grafos/temas/custo-minimo/dijkstra.html>. Acesso em: 19 dez. 2017.

ORTELANI, P. O. Z. *Análise da convergência de roteamento dinâmico*. 2017. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Ciência da Computação) Departamento Acadêmico de Informática, Ponta Grossa, UTFPR, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/7390/1/PG_COCIC_2017_1_09.pdf>. Acesso em: 23 out. 2017

PEREIRA FILHO, J. G. *Redes de Computadores*. Espírito Santo: UFES, 2015. Disponível em: <https://www.inf.ufes.br/~zegonc/material/Redes_de_Computadores/O%20Modelo%20OSI.pdf>. Acesso em 14 fev. 2018.

PINHEIRO, J. M. S. *Desempenho dos Sistemas de Comunicação de Dados*. Rio de Janeiro: UGB, 2010. Disponível em: <https://www.projetoderedes.com.br/aulas/ugb_redes_l/ugb_redes_l_aula_05.pdf>. Acesso em 13 fev. 2018.

POSSELT, E. L., GRIESANG, G. *Estudo comparativo entre dois tradicionais algoritmos de roteamento: vetor distância e estado de enlace*. 2007. Disponível em: <www.posselt.com.br/artigo/graduacao/artigo_vd_ee.pdf>. Acesso em: 09 fev. 2018.

REDES DE COMUNICAÇÃO. *Modelo TCP/IP*. 2016. Disponível em: <<https://redesdecomunicacao.wordpress.com/2016/01/18/modelo-tcpip/>>. Acesso em: 14 fev. 2018.

RIOS, R. O. *Protocolos e serviços de redes: curso técnico em informática*. Colatina: CEAD/IFES, 2012. Disponível em: <http://redeetec.mec.gov.br/images/stories/pdf/eixo_infor_comun/tec_inf/081112_prot_serv_redes.pdf>. Acesso em: 20 fev. 2018.