

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
ENGENHARIA ELETRÔNICA E DE TELECOMUNICAÇÕES

JOÃO VICTOR MILAGRES GUIMARÃES

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO RIP E OSPF
USANDO O SIMULADOR CISCO PACKET TRACER**

UBERLÂNDIA

2021

JOÃO VICTOR MILAGRES GUIMARÃES

**ESTUDO COMPARATIVO DOS PROTOCOLOS DE ROTEAMENTO RIP E OSPF
USANDO O SIMULADOR CISCO PACKET TRACER**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Faculdade de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para a obtenção do diploma de graduação em Engenharia Eletrônica e de Telecomunicações.

Orientador: Éderson Rosa da Silva

UBERLÂNDIA

2021

Dedico a minha família pelo apoio durante o desenvolvimento deste trabalho.

RESUMO

Em redes de telecomunicações, os protocolos de roteamento possuem o objetivo de encontrar a rota mais favorável para a transmissão de pacotes desde a origem até o destino. Cada protocolo de roteamento analisa um conjunto de parâmetros que auxiliam a determinar as rotas adequadas para a transmissão, e isso é fundamental para a escolha do melhor protocolo que será usado na rede de uma operadora.

Com isso, foram analisados dois protocolos de roteamento bastante conhecidos, a saber, o RIP (*Routing Information Protocol*) e o OSPF (*Open Shortest Path First*). Para isso, simula-se uma rede com os dois protocolos, utilizando o software simulador de redes *Cisco Packet Tracer* para obter conclusões sobre suas capacidades e viabilidades.

Com a simulação realizada com os dois protocolos, são obtidos os valores de atraso fim-a-fim, tempo de convergência e taxa de transferência para comparação em tabelas. Com base nos resultados obtidos, observa-se que em redes mais complexas o protocolo OSPF possui um menor atraso, um menor tempo de convergência e uma melhor taxa de transferência do que o RIP.

Portanto, pôde-se concluir, por meio de simulação, que o protocolo RIP é mais limitado em redes mais complexas do que o OSPF. Entretanto, o protocolo RIP é mais simples e funciona tão bem quanto o OSPF em redes menores.

Palavras-chave: Roteamento, Redes, *Routing Information Protocol*, *Open Shortest Path First*.

ABSTRACT

In telecommunications networks, routing protocols have the objective of finding the most favorable route for the transmission of packets from the origin to the destination. Each routing protocol analyzes a set of parameters that help determine the most suitable routes for transmission, and this is fundamental for choosing the best protocol that will be used in an enterprise's network.

Thus, the two most known routing protocols, RIP (Routing Information Protocol) and OSPF (Open Shortest Path First), were analyzed. For this, a network is simulated with the two protocols, using the network simulator software Cisco Packet Tracer to draw conclusions about its capabilities and feasibility.

The values of end-to-end delay, convergence time and throughput are obtained for comparison in tables with the simulation performed with the two protocols. Based on the results obtained, it's observed that in more complex networks the OSPF protocol has a lower delay, a shorter convergence time and a better throughput than RIP.

Therefore, it could be concluded, through simulation, that the RIP protocol is more limited in more complex networks than OSPF. However, the RIP protocol is simpler and works just as well as OSPF on smaller networks.

Keywords: Routing, Network, Routing Information Protocol, Open Shortest Path First.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 - SALTOS DO ROTEADOR A ATÉ AS OUTRAS SUB-REDES.....	15
FIGURA 2 - ALGORITMO DE VETOR DE DISTÂNCIAS (DV)	17
FIGURA 3 - SISTEMA AUTÔNOMO DIVIDIDO EM ÁREAS NO OSPF.....	19
FIGURA 4 - ALGORITMO DE DIJKSTRA.....	20
FIGURA 5 - ROTEADOR CISCO 2811 COM PLACA NM-2FE2W ACOPLADA.....	23
FIGURA 6 - COMPUTADOR PADRÃO DA SIMULAÇÃO.....	23
FIGURA 7 - TOPOLOGIA DA SIMULAÇÃO.....	25
FIGURA 8 - CAMADA FÍSICA DA TOPOLOGIA.....	26
FIGURA 9 - SIMULAÇÃO DO ATRASO FIM-A-FIM COM RIP.....	27
FIGURA 10 - SIMULAÇÃO DO ATRASO FIM-A-FIM COM OSPF.....	28
FIGURA 11 - BLOQUEIO DA INTERFACE 0/1 DO ROTEADOR 11.....	30
FIGURA 12 - SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA COM RIP.....	31
FIGURA 13 - SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA COM OSPF.....	31
FIGURA 14 - GERADOR DE TRÁFEGO DE PACOTES PDU.....	33
FIGURA 15 - GERADOR DE TRÁFEGO DO PRIMEIRO CASO.....	34
FIGURA 16 - GERADOR DE TRÁFEGO DO SEGUNDO CASO.....	34
FIGURA 17 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO PRIMEIRO CASO COM RIP.....	35
FIGURA 18 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO PRIMEIRO CASO COM OSPF.....	35
FIGURA 19 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO SEGUNDO CASO COM RIP.....	35
FIGURA 20 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO SEGUNDO CASO COM OSPF.....	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO ATRASO FIM-A-FIM.....	28
TABELA 2 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA.....	32
TABELA 3 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA TAXA DE TRANSFERÊNCIA.....	36
TABELA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE RIP E OSPF.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AS	<i>Autonomous System</i>
BB	<i>Backbone</i>
BPS	<i>Bits per second</i>
CLI	<i>Command Line Interface</i>
DV	<i>Distance Vector</i>
IGP	<i>Interior Gateway Protocol</i>
IoT	<i>Internet of Things</i>
IP	<i>Internet Protocol</i>
OSPF	<i>Open Shortest Path First</i>
PDU	<i>Protocol Data Unit</i>
RIP	<i>Routing Information Protocol</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 Justificativa.....	11
1.2 Objetivos.....	12
1.3 Organização do Trabalho.....	12
2 METODOLOGIA.....	13
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
3.1 RIP.....	15
3.2 Algoritmo de Vetor de Distância.....	16
3.3 OSPF.....	17
3.4 Algoritmo de Estado de Enlace.....	19
3.5 Atraso Fim-a-Fim.....	21
3.6 Tempo de Convergência.....	21
3.7 Taxa de Transferência.....	22
4 SIMULAÇÃO DOS PROTOCOLOS.....	23
4.1 Configuração da Topologia.....	23
4.2 Camada Física.....	26
4.3 Simulação do Atraso Fim-a-Fim.....	27
4.4 Simulação do Tempo de Convergência.....	29
4.5 Simulação da Taxa de Transferência.....	32
4.6 Comparação dos Protocolos.....	36
5 CONCLUSÃO.....	38
REFERÊNCIAS.....	39
APÊNDICE A – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 1 COM RIP.....	40
APÊNDICE B – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 2 COM RIP.....	42
APÊNDICE C – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 3 COM RIP.....	44
APÊNDICE D – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 4 COM RIP.....	46
APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 5 COM RIP.....	48
APÊNDICE F – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 6 COM RIP.....	50
APÊNDICE G – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 7 COM RIP.....	52
APÊNDICE H – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 8 COM RIP.....	54
APÊNDICE I – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 9 COM RIP.....	56

APÊNDICE J – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 10 COM RIP.....	58
APÊNDICE K – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 11 COM RIP.....	60
APÊNDICE L – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 1 COM OSPF.....	62
APÊNDICE M – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 2 COM OSPF.....	64
APÊNDICE N – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 3 COM OSPF.....	66
APÊNDICE O – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 4 COM OSPF.....	68
APÊNDICE P – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 5 COM OSPF.....	70
APÊNDICE Q – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 6 COM OSPF.....	72
APÊNDICE R – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 7 COM OSPF.....	74
APÊNDICE S – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 8 COM OSPF.....	76
APÊNDICE T – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 9 COM OSPF.....	78
APÊNDICE U – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 10 COM OSPF.....	80
APÊNDICE V – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 11 COM OSPF.....	82

1 INTRODUÇÃO

1.1 Justificativa

O roteamento dinâmico possui um papel muito importante na internet ao determinar o caminho tomado por um datagrama entre a origem e o destino, seguindo um protocolo dentro de um sistema autônomo (AS). Este sistema é constituído por um conjunto de roteadores que se comunicam e compartilham o mesmo protocolo de roteamento entre eles (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014).

Com isso, são obtidos detalhes de suas redes vizinhas, compartilhando essas informações inicialmente para seus vizinhos imediatos e em seguida por toda a rede. Dessa forma, determinam-se quais os melhores caminhos que um pacote deve percorrer para não causar nenhum congestionamento na rede e nenhuma perda de pacotes.

Diferente do roteamento estático, no qual é feito manualmente, o roteamento dinâmico utiliza protocolos, como o RIP e o OSPF, também conhecidos como protocolos de roteadores internos (*Interior Gateway Protocols*). Estes dois protocolos têm sido frequentemente utilizados pelas operadoras, onde RIP é um protocolo de roteamento por vetor de distância, enquanto o OSPF é um protocolo de roteamento por estado de enlace (JAYAKUMAR, M., 2017).

Atualmente, a escolha do melhor protocolo de roteamento para uma rede ainda é uma questão bastante discutida, pois depende de muitos fatores, como complexidade de implementação, disponibilidade, número de roteadores, distância, taxa de transferência, atraso fim-a-fim, entre outros. Por isso, mesmo o protocolo de roteamento mais complexo e eficiente pode não ser uma boa opção se sua implementação não for viável para a rede de uma operadora.

Portanto, a escolha do protocolo ideal é essencial para manter a qualidade de serviço de uma empresa, evitando assim a perda de dados e possibilitando o uso da capacidade máxima de uma rede para uma demanda de aplicações que cresce cada vez mais ao longo dos anos, como chamadas e videoconferências, comércio eletrônico, jogos e aulas online.

1.2 Objetivos

O principal objetivo do trabalho é simular e analisar dois protocolos de roteamento dinâmico, RIP e OSPF, e realizar um estudo comparativo dos parâmetros de Atraso Fim-a-Fim, Tempo de Convergência e Taxa de Transferência de cada um para concluir qual dos protocolos possui um melhor desempenho.

Para o cumprimento do objetivo principal, construiu-se uma rede funcional capaz de transparecer adequadamente a diferença entre os dois protocolos com o auxílio de materiais teóricos, além de demonstrar o funcionamento de ambos na função de roteamento de pacotes com a ajuda do simulador e do gerador de tráfego de dados do software *Cisco Packet Tracer*.

1.3 Organização do Trabalho

O restante do trabalho está organizado conforme a descrição a seguir.

No Capítulo 2, tem-se a metodologia que explica resumidamente a forma como os objetivos do trabalho foram alcançados e quais ferramentas foram usadas para isso.

No Capítulo 3, tem-se uma detalhada explicação teórica sobre os conceitos dos protocolos de roteamento dinâmico e sobre os parâmetros que foram usados para o estudo comparativo.

No Capítulo 4, tem-se a explicação mais detalhada de como foram realizadas as simulações e como foram obtidos os parâmetros de Atraso Fim-a-Fim, Tempo de Convergência e Taxa de Transferência para o estudo comparativo, apresentando também seus resultados.

Por fim, no Capítulo 5, têm-se as conclusões a partir dos resultados obtidos nas simulações, comprovando também a teoria apresentada no Capítulo 3.

2 METODOLOGIA

O estudo foi realizado inicialmente com a pesquisa bibliográfica de livros, como “Redes de computadores e a internet” de KUROSE, J. F. e ROSS, K. W, e “Redes de Computadores” de TANENBAUM, A. S. e WETHERALL, D. J. para o entendimento dos conceitos básicos de roteamento. Após isso, foi realizada uma revisão de artigos sobre simulação de redes RIP e OSPF, incluindo o estudo comparativo entre os dois protocolos, como os materiais “*Comparative study of RIP, OSPF and EIGRP protocols using Cisco Packet Tracer*” de DUMITRACHE, C. G. e o “*Study on Network Performance of Interior Gateway Protocols - RIP, EIGRP and OSPF*” de ATHIRA, M., os quais auxiliaram na determinação do simulador e da topologia a ser utilizada no trabalho.

Após isso, foi realizado um curso online também com o auxílio de materiais, como o “*Cisco Packet Tracer*” de DIAS, K. L. e SILVA, D. P. para o aprendizado da ferramenta de simulação de redes oficial e gratuita da Cisco, o software *Cisco Packet Tracer*, capaz de fornecer diversos recursos para simulação de redes com roteamento e IoT (*Internet of Things*).

Com a ferramenta de simulação e com os conceitos teóricos obtidos, foi construído aos poucos a topologia com a inclusão de 11 roteadores Cisco 2811 para o roteamento, 11 placas NM-2FE2W para a adição de mais interfaces nos roteadores e 2 computadores para comunicação. A topologia foi montada seguindo um padrão de 5 saltos (*hops*) pelos roteadores entre os dois hosts, com exceção de um caminho mais curto com 4 saltos para determinar uma preferência inicial de transmissão de pacotes durante o roteamento.

Após a montagem da topologia, foi realizado o endereçamento dos computadores e roteadores, identificando assim a rede com o IP e sub-rede padronizado de “192.168.X.X/24” para fins de simplificação durante a simulação e organização do trabalho. Com a rede pronta e com os endereços IP atribuídos nas interfaces dos equipamentos, foi adicionada a configuração do protocolo RIP e depois a configuração do OSPF em outra cópia da topologia para comparação.

Dessa forma, foi possível iniciar uma simulação de pacotes simultânea em uma rede RIP e uma rede OSPF, obtendo assim, os valores de atraso fim-a-fim e de taxa de transferência dos dois casos separados. Após isso, foi realizado um bloqueio

no caminho preferencial de 4 saltos para monitoramento do tempo de convergência do roteamento RIP e OSPF na determinação de um novo caminho para a transmissão de pacotes.

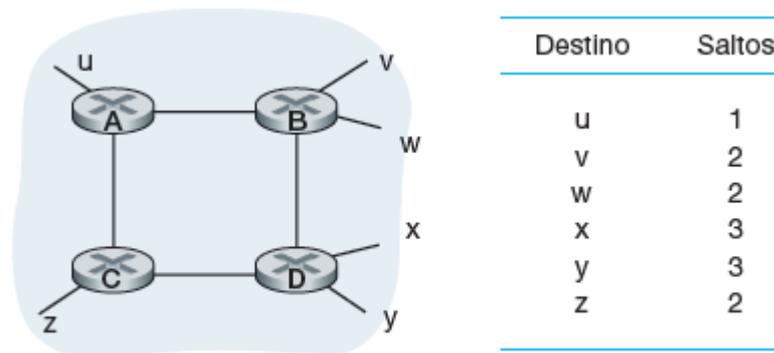
Por fim, foram coletados os resultados destas simulações e organizados em tabelas. Assim, foi possível a comparação dos dois protocolos de roteamento para a obtenção das conclusões finais do trabalho.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 RIP

O RIP (*Routing Information Protocol*) é um protocolo de roteamento de vetor de distância, utilizando os saltos (*hops*) como o parâmetro de custo, ou seja, cada enlace na rede possui um custo igual a 1. Os saltos representam o número de sub-redes em que a informação precisa percorrer ao sair de um roteador de origem para o destino (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014). A Figura 1 ilustra a contagem de saltos do roteador de origem até os seus possíveis destinos.

FIGURA 1 - SALTOS DO ROTEADOR A ATÉ AS OUTRAS SUB-REDES



Fonte: KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. (2014)

O algoritmo do protocolo RIP possui um limite máximo de 15 saltos por rede, ou seja, em sistemas autônomos (AS) muito complexos com mais de 15 saltos, o RIP não poderá ser utilizado. Neste protocolo, os roteadores atualizam suas tabelas de roteamento a cada 30 segundos, compartilhando seus vetores de distância com seus vizinhos.

Assim, um roteador obterá as estimativas dos caminhos mais curtos com o menor custo por meio de mensagens RIP, nas quais podem acomodar no máximo 25 sub-redes de destino do sistema autônomo. Além disso, ele irá adquirir informações do próximo roteador do caminho mais curto para uma sub-rede e sua respectiva distância do roteador que recebeu a mensagem (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014).

Com isso, caso alguma alteração ocorra na rede, os roteadores atualizam suas tabelas de roteamento para os novos valores de vetor de distância por meio de mensagens de anúncio RIP e, se algum roteador não receber nenhuma informação de um vizinho por até 180 segundos, seu vetor de distância será setado para 16, sendo considerado inalcançável por estar inoperante ou por apresentar falha no enlace (DUMITRACHE, C. G., 2017).

O RIP utiliza a porta padrão UDP 520 para o transporte de mensagens entre os roteadores (CIRCIUMARESCU, L. D., 2015), nas quais passam pela camada de transporte e pela camada de rede, carregando o datagrama IP com as informações da tabela de roteamento. Seu algoritmo de vetor de distância será explicado a seguir.

3.2 Algoritmo de Vetor de Distância

O algoritmo utilizado pelo RIP é o vetor de distância. Este algoritmo é distribuído, iterativo, finito e assíncrono, pois ele funciona por meio da comunicação direta e distribuída entre os vizinhos mais próximos, que permanecem se comunicando até não haver nenhuma informação nova. Além disso, os roteadores não precisam rodar o algoritmo de forma simultânea para trocarem informações.

O cálculo para determinar o menor custo entre dois caminhos utiliza a equação **(1)** de Bellman-Ford abaixo:

$$d_x(y) = \min_v \{c(x, v) + d_v(y)\} \quad \mathbf{(1)}$$

onde $d_x(y)$ é o custo do menor caminho entre o roteador x e y , $\min_v \{ \}$ é a equação sendo calculada para todos os vizinhos de x , pegando o menor deles, $c(x, v)$ é o custo do caminho entre o roteador x e um vizinho mais próximo v , no qual, para o RIP, é sempre igual a 1, e $d_v(y)$ é o custo entre o roteador vizinho v e o roteador de destino y .

No algoritmo de vetor de distâncias, uma cópia do vetor de distância de cada vizinho $d_v(y)$ é compartilhada em intervalos regulares, no qual, no caso do RIP, são 30 segundos. Quando um roteador x recebe um novo vetor de distâncias de seus vizinhos v , ele armazena em sua tabela de roteamento e utiliza novamente a equação (1) de Bellman-Ford para atualizar o caminho de menor custo para as

outras sub-redes. O algoritmo explicado é demonstrado na Figura 2, onde inicialmente o roteador x possui uma estimativa de sua distância dos outros roteadores, na qual é ajustada a cada 30 segundos pelo *loop* de atualizações com o uso da equação (1).

FIGURA 2 - ALGORITMO DE VETOR DE DISTÂNCIAS (DV)

```

Para cada nó,  $x$ :
1  Inicialização:
2    para todos os destinos  $y$  em  $N$ :
3       $D_x(y) = c(x,y)$  /* se  $y$  não é um vizinho então  $c(x,y) = \infty$  */
4  para cada vizinho  $w$ 
5     $D_w(y) = ?$  para todos os destinos  $y$  em  $N$ 
6  para cada vizinho  $w$ 
7    envia vetor de distâncias  $D_x = [D_x(y): y \text{ em } N]$  para  $w$ 
8
9  loop
10  espere (até que ocorra uma mudança no custo do enlace ao vizinho
11         $w$  ou até a recepção de um vetor de distâncias do vizinho  $w$ )
12
13  para cada  $y$  em  $N$ :
14     $D_x(y) = \min_v \{c(x,v) + D_v(y)\}$ 
15
16  se  $D_x(y)$  mudou para algum destino  $y$ 
17    envia vetor de distâncias  $D_x = [D_x(y): y \text{ em } N]$  para todos os vizinhos
18
19  para sempre

```

Fonte: KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. (2014)

Dessa forma, é possível concluir que o algoritmo de vetor de distâncias é um algoritmo descentralizado, pois o compartilhamento de suas informações não é global, mas sim localizada, na qual um roteador adquire apenas a informação do custo de enlace de seus vizinhos e as informações que ele recebe destes vizinhos sobre os custos dos enlaces das outras sub-redes. Por isso, o algoritmo de vetor de distâncias possui um maior atraso fim-a-fim e é mais lento na convergência em casos de falhas no enlace do que o próximo algoritmo de estado de enlace que será explicado, pois o processo iterativo pode acabar criando grandes loops dependendo do aumento do custo que ocorreu no enlace.

3.3 OSPF

O OSPF (*Open Shortest Path First*) é um protocolo que utiliza o algoritmo de estado de enlace, usando o algoritmo de Dijkstra para a determinação do caminho

de menor custo. Com isso, um roteador é capaz de formar um mapa completo da topologia do sistema autônomo e, após isso, determinar o caminho mais curto entre o roteador e todas as outras sub-redes de destino.

Os custos dos enlaces inicialmente são configurados pelo administrador da rede, baseando-se principalmente na taxa de transmissão que um enlace possui para evitar o congestionamento de pacotes, colocando um menor peso em enlaces de maior taxa de transmissão, onde o menor custo possível é 1. Dessa forma, ele consegue priorizar as rotas com maior taxa de transferência e um menor atraso fim-a-fim. Abaixo, tem-se a equação padrão **(2)** comumente usada no OSPF para determinar o custo de um enlace baseado na taxa de transmissão:

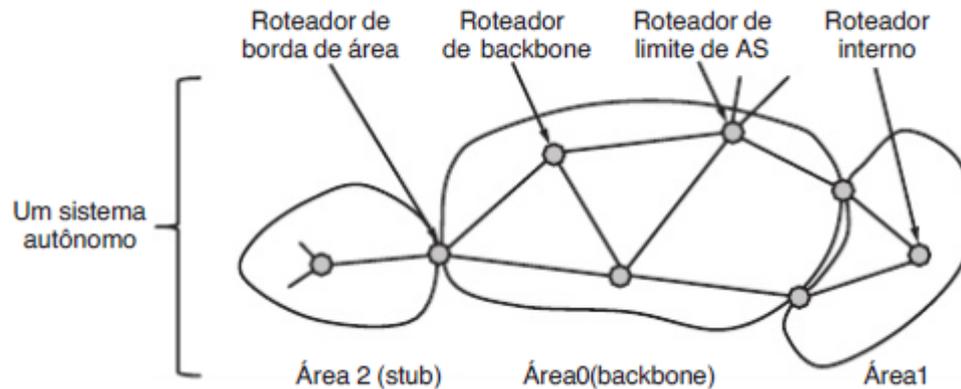
$$C = \frac{10^8}{\text{Taxa de Transmissão (bps)}} \quad (2)$$

onde C é o custo de um enlace. Logo, pela equação **(2)**, um enlace de 10 Mbps fornece um custo 10, enquanto um enlace de 100 Mbps fornece o custo mínimo de 1.

Diferente do RIP, um roteador com OSPF é capaz de compartilhar por difusão suas informações de roteamento para todos os outros roteadores do sistema autônomo. Com isso, ele é capaz de construir informações globais que são obtidas por todos os roteadores e não apenas por seus vizinhos (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014). Além disso, sempre que houver uma mudança no estado de um enlace, o roteador com OSPF transmitirá novamente as informações por difusão para todos os roteadores da topologia. Dessa forma, o algoritmo usado pelo OSPF é centralizado, possuindo uma capacidade de convergência em casos de falhas de enlace melhor do que o RIP.

Na configuração OSPF, os roteadores enviam e recebem pacotes *Hello* de OSPF para identificar seus vizinhos e para compartilhar as informações dos estados dos enlaces da rede quando sofrem alterações (ATHIRA, M., 2017). Além disso, o sistema autônomo pode ser configurado em áreas de forma hierárquica no OSPF como mostrado na Figura 3:

FIGURA 3 - SISTEMA AUTÔNOMO DIVIDIDO EM ÁREAS NO OSPF



Fonte: TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. (2011)

No esquema da Figura 3, cada roteador de uma área transmite por difusão o seu estado de enlace a todos os outros roteadores daquela mesma área. Além disso, dentro de cada área, existem os roteadores de borda, que são responsáveis pelo roteamento de pacotes fora da área.

Por fim, uma área do sistema autônomo é configurada para ser a área de backbone, sendo esta área a parte central responsável pelo roteamento do tráfego entre as outras áreas do sistema autônomo. Dentro do backbone, existem os roteadores de limite de AS que se comunicam com outros sistemas e os roteadores de backbone que podem se conectar com os roteadores de borda de área. O backbone possui conexão com todos os roteadores de borda das áreas presentes no sistema autônomo (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014).

3.4 Algoritmo de Estado de Enlace

O algoritmo utilizado pelo OSPF é o algoritmo de roteamento de estado de enlace, com o uso do algoritmo de Dijkstra para a determinação do caminho mais curto. Este algoritmo depende de valores de custo iniciais dos enlaces da topologia, geralmente sendo determinados de acordo com a taxa de transmissão de cada enlace, conforme mostrado na equação (2). Com isso, a informação do enlace de toda a rede deve ser transmitida por difusão para todos os roteadores, assim como ocorre no OSPF.

Com a visão igual que cada roteador possui da rede e de seus enlaces, cada um deles pode rodar o algoritmo de estado de enlace e determinar o mesmo

conjunto de caminhos de menor custo como todos os outros roteadores (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014).

O algoritmo de Dijkstra calcula o caminho de menor custo entre um roteador de origem u até todos os outros roteadores da rede. O algoritmo de Dijkstra é iterativo e possui a característica de, após a n -ésima iteração, determinar os caminhos de menor custo para n roteadores de destino, e esses n caminhos terão os n menores custos dentre os caminhos de menor custo até todos os roteadores de destino (KUROSE, J. F.; ROSS, K. W., 2014). A seguir, tem-se a Figura 4 demonstrando o algoritmo de Dijkstra:

FIGURA 4 - ALGORITMO DE DIJKSTRA

```

1  Inicialização
2     $N' = \{u\}$ 
3    para todos os nós  $v$ 
4      se  $v$  for um vizinho de  $u$ 
5        então  $D(v) = c(u,v)$ 
6        senão  $D(v) = \infty$ 
7
8  Loop
9    encontre  $w$  não em  $N'$  tal que  $D(w)$  é um mínimo
10   adicione  $w$  a  $N'$ 
11   atualize  $D(v)$  para cada vizinho  $v$  de  $w$  e não em  $N'$ :
12      $D(v) = \min( D(v), D(w) + c(w,v) )$ 
13   /* o novo custo para  $v$  é o velho custo para  $v$  ou
14     o custo do menor caminho conhecido para  $w$  mais o custo de  $w$  para  $v$  */
15  até  $N' = N$ 

```

Fonte: KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. (2014)

Na Figura 4, o algoritmo segue uma notação onde $D(v)$ é o caminho de menor custo entre o roteador de origem e o destino v na iteração atual, $c(u,v)$ é o custo de enlace do roteador u até o roteador v , no qual será infinito se não forem vizinhos, N' é o conjunto de roteadores que já tiveram seus caminhos de menor custo determinados entre seus vizinhos, $D(w)$ é o caminho de menor custo entre o roteador de origem e o destino w e $c(w,v)$ é o custo de enlace do roteador w até o roteador v .

Assim, nota-se que, quando um roteador da origem u é encontrado sem uma rota de menor custo determinada ou atualizada para um destino que não é vizinho, ele pegará as informações de custo dos caminhos de seus vizinhos mais próximos e realizará uma iteração, pegando o caminho de menor custo dentre eles. Após isso, o

roteador vizinho w que possuiu o enlace de menor custo é incluído no grupo N' , obtendo-se os custos dos vizinhos v desse roteador w . Após isso, determina-se o caminho de menor custo dentre esses vizinhos $c(w, v)$ e soma-se ao custo do caminho de menor custo entre a origem u e o roteador w , que é simbolizado como $D(w)$. Se a soma desses custos for menor do que o custo anterior entre os roteadores u e v , então a soma será o novo valor de $D(v)$, atualizando assim a tabela de repasse da origem u para o novo valor naquela iteração.

Essas iterações continuarão até o número de roteadores com o caminho de menor custo determinado (N') seja igual ao número (N) de roteadores da rede, finalizando a determinação das rotas de menor custo da origem até todos os outros roteadores da rede.

3.5 Atraso Fim-a-Fim

O atraso fim-a-fim é o tempo gasto para transmitir pacotes da origem até o destino. Seu cálculo é realizado por meio da equação **(3)**:

$$a_{fim\ a\ fim} = n(a_p + a_t + a_F + a_{prop}) \quad (3)$$

Onde $a_{fim\ a\ fim}$ é o atraso fim-a-fim, n é o número de enlaces entre a origem e o destino, a_p é o atraso de processamento dos roteadores, a_t é o atraso de transmissão, a_F é o atraso de fila e a_{prop} é o atraso de propagação dos enlaces da rede. Esse parâmetro é uma das formas convencionais de avaliar o desempenho de uma rede e será utilizada na simulação.

3.6 Tempo de Convergência

Quando um enlace entra em falha, o roteador leva certo tempo para atualizar os outros roteadores da rede a respeito desta falha para calcular uma nova rota até o destino. Esse tempo de reajustes no roteamento se chama tempo de convergência.

Com essa falha no enlace, haverá perdas de pacotes no trajeto ao destino até que o protocolo de roteamento encontre um novo caminho ideal para enviar os

pacotes, e para isso a atualização precisa convergir para todos os roteadores (ATHIRA, M., 2017). Assim, para encontrar o tempo de convergência aproximado, basta analisar a quantidade de pacotes perdidos e multiplicá-las pelo tempo limite (*timeout*) de envio de um pacote antes de ser detectado a sua perda.

O tempo de convergência é bastante dependente da velocidade do protocolo de roteamento e é uma das maiores e principais diferenças entre RIP e OSPF, dado que a velocidade de convergência do OSPF é superior.

3.7 Taxa de Transferência

A taxa de transferência é a taxa na qual os dados passam por um canal de comunicação, medindo a capacidade dos dados de serem processados ao entrar e sair dos roteadores para chegar até o destino. A taxa de transferência depende bastante das interfaces dos roteadores, e em uma rede estável de mesmas topologias, não haverá uma diferença muito grande ao alterarem-se os protocolos de roteamento (ATHIRA, M., 2017). Seu cálculo simples pode ser visualizado na equação **(5)**:

$$T = \frac{D}{t} \text{ bps} \quad (4)$$

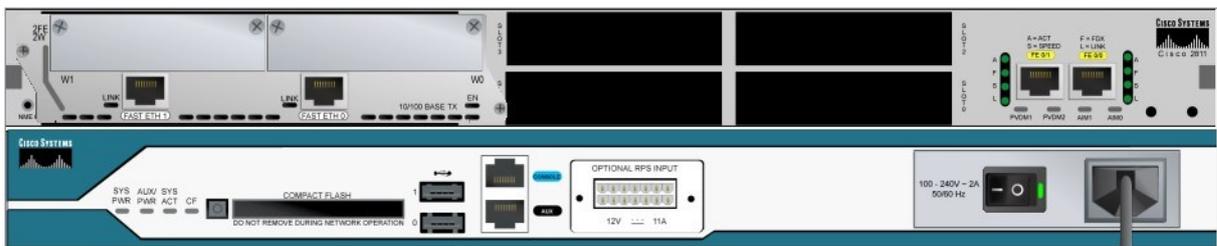
Onde T é a taxa de transferência em bps, D são dados em bits, e t é o tempo em segundos. Com o valor adquirido, é necessário interfaces que consigam acomodar a taxa de transferência de modo que não cause congestionamento ou perda de pacotes em um enlace entre roteadores.

4 SIMULAÇÃO DOS PROTOCOLOS

4.1 Configuração da Topologia

Com o uso do software Cisco Packet Tracer (versão 7.3.1), a topologia da simulação foi construída com a inclusão de 11 roteadores Cisco 2811 mostrados na Figura 5 para o roteamento. Este modelo possui duas interfaces FastEthernet de 10 a 100 Mbps para simulação, no qual é insuficiente para a montagem da topologia que requer 4 conexões de interface em alguns roteadores. Por isso, foi adicionado em cada um dos roteadores a placa NM-2FE2W para a adição de mais duas interfaces FastEthernet de 10 a 100 Mbps nos roteadores. As placas podem ser vistas também na Figura 5:

FIGURA 5 - ROTEADOR CISCO 2811 COM PLACA NM-2FE2W ACOPLADA



Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

Além disso, foram colocados dois computadores para comunicação como hosts da rede, também podendo ser visualizados no simulador pela Figura 6:

FIGURA 6 - COMPUTADOR PADRÃO DA SIMULAÇÃO



Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

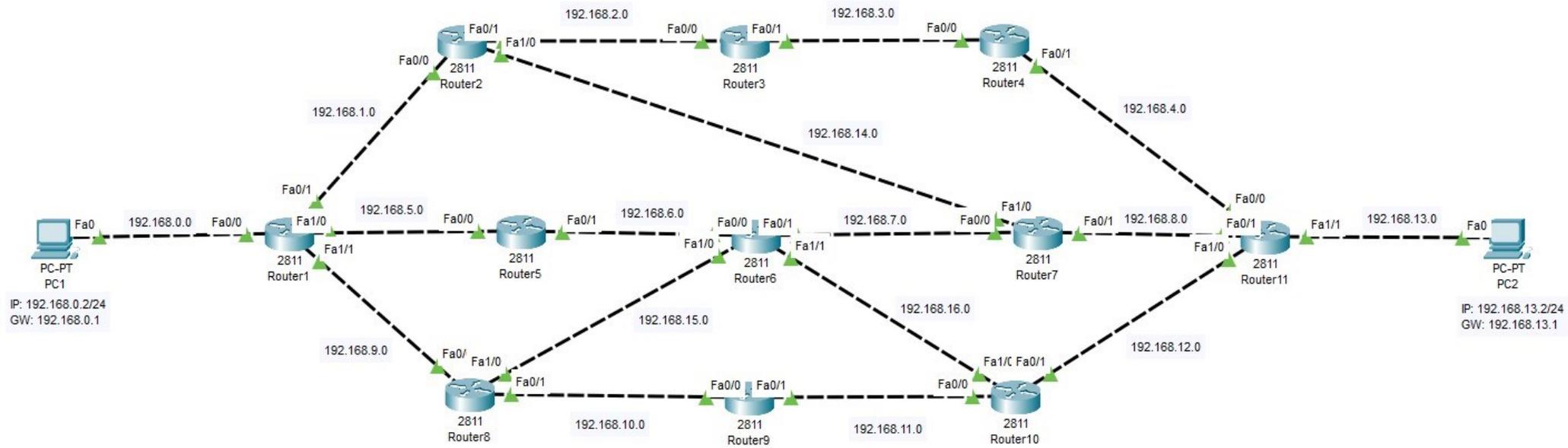
Por fim, a topologia foi montada seguindo um padrão de 5 saltos (*hops*) pelos roteadores entre os dois hosts, com exceção de um caminho de menor custo com 4 saltos para determinar uma preferência inicial de transmissão de pacotes no roteamento. Este caminho de menor custo foi utilizado para a obtenção do tempo de convergência durante a simulação que será mostrada mais a frente. Dessa forma, a topologia foi montada de acordo com a Figura 7 a seguir.

Após a construção da topologia, foi feito o endereçamento dos computadores e roteadores para identificação e organização das configurações por meio de linhas de códigos CLI (*Command Line Interface*) do padrão do equipamento Cisco. O IP foi padronizado com o formato "192.168.X.X" com sub-rede /24 nos computadores e roteadores da topologia para fins de simplificação como mostra a Figura 7. Em seguida, as interfaces FastEthernet de todos os roteadores foram igualmente configuradas com enlaces de 10 Mbps e *timeout* de 2 segundos para a determinação do atraso fim-a-fim, taxa de transferência e tempo de convergência.

Por fim, com as configurações e os endereços IP atribuídos nas interfaces dos equipamentos, foi adicionada a configuração do protocolo RIP e depois a configuração do OSPF em outra cópia da topologia também por linhas de códigos CLI para o início das simulações. Assim, foi possível iniciar uma simulação de pacotes simultânea em uma rede RIP e uma rede OSPF.

As linhas de código CLI da configuração de todos os roteadores da topologia estão nos Apêndices do final do trabalho.

FIGURA 7 - TOPOLOGIA DA SIMULAÇÃO



Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

4.2 Camada Física

O simulador Cisco Packet Tracer oferece um recurso de visualização da camada física dos equipamentos reunidos, incluindo as conexões e botões que também são interativos durante a simulação, podendo ligar e desligar um equipamento pela camada física. A seguir, tem-se a Figura 8 com o esquema físico de todos os roteadores da topologia simulada conectados e organizados em um armário rack.

FIGURA 8 - CAMADA FÍSICA DA TOPOLOGIA



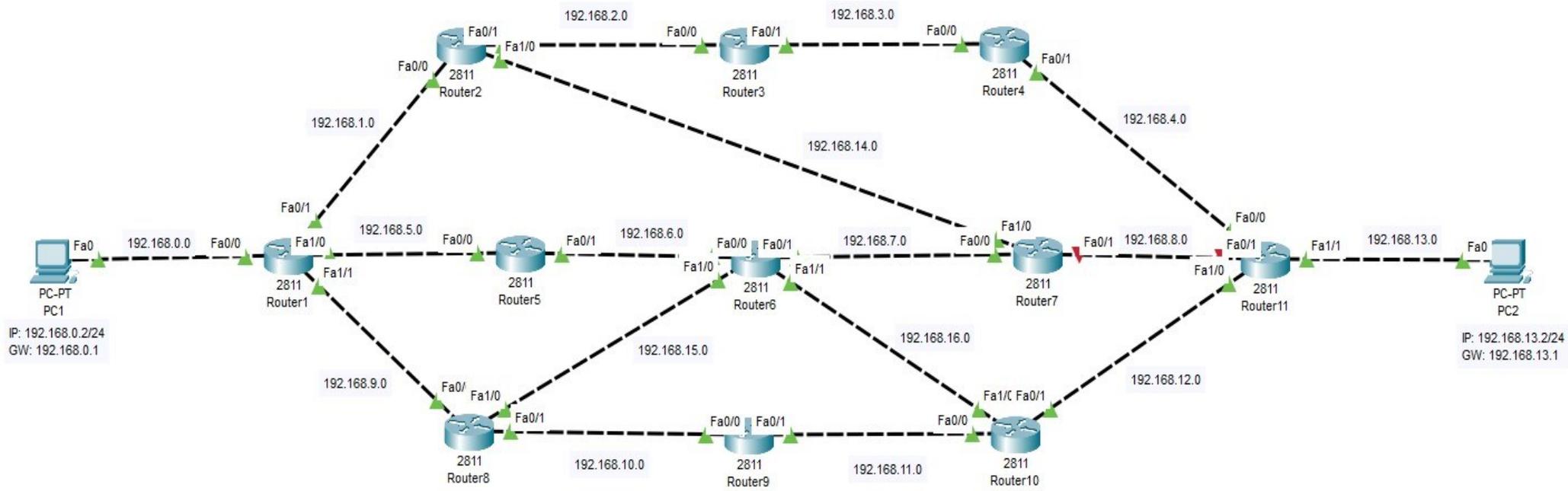
Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

4.4 Simulação do Tempo de Convergência

A simulação para a obtenção do tempo de convergência foi iniciada primeiramente com o envio de pings com 500 repetições de 100 bytes e com *timeout* de 2 segundos do Roteador 1 ao Computador 2 novamente. Após isso, durante as repetições, foi realizado o bloqueio do caminho preferencial de 4 saltos, desligando a interface FastEthernet 0/1 do Roteador 11 como mostra a Figura 11 a seguir.

Dessa forma, o enlace entre o Roteador 7 e 11, que fazia parte da rota preferencial que o RIP e o OSPF adotaram para transferir os pacotes de 100 bytes devido ao menor custo, tornou-se indisponível. Assim, ambos os protocolos de roteamento foram obrigados a convergir para uma nova rota de transmissão, resultando em algumas perdas de pacotes durante o processo de reajuste de rotas. Essa perda de pacotes foi possível de se observar por comandos CLI do Roteador 1, como mostram as figuras 12 e 13 a seguir.

FIGURA 11 – BLOQUEIO DA INTERFACE 0/1 DO ROTEADOR 11



Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 12 – SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA COM RIP

```

Router1#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 192.168.13.2
Repeat count [5]: 500
Datagram size [100]: 100
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]:
Sweep range of sizes [n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.168.13.2, timeout is 2
seconds:
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!
U.U.U.U.U.U!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!
Success rate is 97 percent (488/500), round-trip min/avg/max = 0/0/16
ms

Router1#

```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 13 - SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA COM OSPF

```

Router1#ping
Protocol [ip]:
Target IP address: 192.168.13.2
Repeat count [5]: 500
Datagram size [100]: 100
Timeout in seconds [2]:
Extended commands [n]:
Sweep range of sizes [n]:
Type escape sequence to abort.
Sending 500, 100-byte ICMP Echos to 192.168.13.2, timeout is 2
seconds:
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!!
!!!!!!!!!!!!
Success rate is 99 percent (497/500), round-trip min/avg/max = 0/0/13
ms

Router1#

```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

Como se pode observar nas figuras 12 e 13, o roteamento RIP teve mais pacotes perdidos do que o OSPF. Assim, aplicando a multiplicação do número de pacotes pelo *timeout*, considerando o *timeout* de 2 segundos configurado na rede, tem-se os resultados aproximados da Tabela 2:

TABELA 2 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DO TEMPO DE CONVERGÊNCIA

Protocolos de Roteamento	Pacotes Recebidos	Pacotes Perdidos	Tempo de Convergência (s)
RIP	488	12	24
OSPF	497	3	6

Portanto, pode-se observar que o tempo de convergência aproximado do roteamento com OSPF é bem menor do que o tempo de convergência do RIP.

4.5 Simulação da Taxa de Transferência

A simulação da taxa de transferência foi realizada por meio do simulador de pacotes PDU (*Protocol Data Unit*) do Cisco Packet Tracer, o qual realiza a geração de tráfego de pacotes de dados em intervalos de tempo padronizados, capaz de tornar possível a análise da taxa de dados dos enlaces da rede. A Figura 14 a seguir demonstra um exemplo da configuração do painel de gerador de tráfego de pacotes PDU de 15000 bytes entre os Computadores 1 e 2, utilizado para analisar e confirmar a escolha dos dois protocolos RIP e OSPF pela rota preferencial de 4 saltos durante os testes iniciais:

FIGURA 14 - GERADOR DE TRÁFEGO DE PACOTES PDU

Source Settings

Source Device: PC1

Outgoing Port: FastEthernet0 Auto Select Port

PDU Settings

Select Application: PING

Destination IP Address: 192.168.13.2

Source IP Address: 192.168.0.2

TTL: 32

TOS: 0

Sequence Number: 1

Size: 15000

Simulation Settings

Single Shot

Periodic Interval: [] Seconds

Send

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

A simulação das taxas de transferência foi realizada em dois casos diferentes. No primeiro caso, foi analisado a taxa de transferência de entrada na interface FastEthernet 0/1 do Roteador 11, a mesma que foi usada para o bloqueio nos testes do tempo de convergência, enviando pacotes de 1000 bytes a cada 1 segundo. Após isso, foi realizado o segundo caso, analisando a taxa de transferência de saída na interface FastEthernet 0/1 do Roteador 1, enviando pacotes de 10000 bytes a cada 1 segundo. As configurações dos geradores de tráfego estão mostradas abaixo nas figuras 15 e 16:

FIGURA 15 - GERADOR DE TRÁFEGO DO PRIMEIRO CASO

Traffic Generator

Source Settings

Source Device: PC1

Outgoing Port:

FastEthernet0 Auto Select Port

PDU Settings

Select Application: PING

Destination IP Address: 192.168.13.2

Source IP Address: 192.168.0.2

TTL: 32

TOS: 0

Sequence Number: 1

Size: 1000

Simulation Settings

Single Shot

Periodic Interval: 1 Seconds

Send

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 16 - GERADOR DE TRÁFEGO DO SEGUNDO CASO

Traffic Generator

Source Settings

Source Device: PC1

Outgoing Port:

FastEthernet0 Auto Select Port

PDU Settings

Select Application: PING

Destination IP Address: 192.168.13.2

Source IP Address: 192.168.0.2

TTL: 32

TOS: 0

Sequence Number: 1

Size: 10000

Simulation Settings

Single Shot

Periodic Interval: 1 Seconds

Send

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

Com isso, foi possível visualizar o tráfego de dados passando pelo Roteador 1 e 11 a partir do comando CLI “show interfaces fastEthernet 0/1”, no qual mostra a quantidade de bytes trafegados a cada segundo em tempo real na interface. Assim, foi possível obter os valores da taxa de transferência em um dado momento durante a simulação nos dois casos para os dois protocolos diferentes, como mostram as figuras 17, 18, 19 e 20:

FIGURA 17 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO PRIMEIRO CASO COM RIP

```
5 minute input rate 5750 bits/sec, 0 packets/sec
5 minute output rate 5674 bits/sec, 0 packets/sec
 18407 packets input, 24017260 bytes, 0 no buffer
 Received 962 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
 0 input packets with dribble condition detected
17582 packets output, 23692564 bytes, 0 underruns
 0 output errors, 0 collisions, 4 interface resets
 0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
 0 lost carrier, 0 no carrier
 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 18 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO PRIMEIRO CASO COM OSPF

```
5 minute input rate 6370 bits/sec, 0 packets/sec
5 minute output rate 6346 bits/sec, 0 packets/sec
 29103 packets input, 34506608 bytes, 0 no buffer
 Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
 0 input packets with dribble condition detected
28028 packets output, 34254352 bytes, 0 underruns
 0 output errors, 0 collisions, 6 interface resets
 0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
 0 lost carrier, 0 no carrier
 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 19 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO SEGUNDO CASO COM RIP

```
5 minute input rate 536 bits/sec, 0 packets/sec
5 minute output rate 10898 bits/sec, 6 packets/sec
 21302 packets input, 27621416 bytes, 0 no buffer
 Received 1056 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
 0 input packets with dribble condition detected
 9405 packets output, 7348788 bytes, 0 underruns
 0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
 0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
 0 lost carrier, 0 no carrier
 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out
```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

FIGURA 20 - TAXA DE TRANSFERÊNCIA DO SEGUNDO CASO COM OSPF

```

5 minute input rate 378 bits/sec, 0 packets/sec
5 minute output rate 12753 bits/sec, 6 packets/sec
 31274 packets input, 36683036 bytes, 0 no buffer
 Received 0 broadcasts, 0 runts, 0 giants, 0 throttles
 0 input errors, 0 CRC, 0 frame, 0 overrun, 0 ignored, 0 abort
 0 input packets with dribble condition detected
14567 packets output, 8447268 bytes, 0 underruns
 0 output errors, 0 collisions, 1 interface resets
 0 babbles, 0 late collision, 0 deferred
 0 lost carrier, 0 no carrier
 0 output buffer failures, 0 output buffers swapped out

```

Fonte: Simulador Cisco Packet Tracer

Como se pode observar nas figuras 17, 18, 19 e 20, o roteamento RIP teve uma taxa de transferência um pouco menor do que o OSPF nos dois casos, sendo possível visualizar melhor por meio da Tabela 3 com os valores obtidos no momento da captura:

TABELA 3 - RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA TAXA DE TRANSFERÊNCIA

Protocolos de Roteamento	Taxa de Transferência no Primeiro Caso (bps)	Taxa de Transferência no Segundo Caso (bps)
RIP	5750	10898
OSPF	6370	12753

Portanto, mesmo a diferença não sendo muito grande, é possível notar o desempenho do roteamento OSPF um pouco melhor do que o roteamento RIP na transmissão de dados pelo enlace da rede. Esta diferença não muito notável se dá pelo fato da rede ser estável e igual para os dois protocolos como citado na teoria. Quanto mais instável for a rede, maior será a diferença entre os dois casos.

4.6 Comparação dos Protocolos

Ao final das simulações, foi possível notar a diferença entre os dois protocolos RIP e OSPF, descobrindo quais parâmetros entre eles possuem uma maior diferença no desempenho, como na perda de pacotes e no tempo de convergência, e quais possuem uma menor diferença no desempenho, como a taxa de transferência e o atraso fim-a-fim.

Entretanto, embora o RIP possua um desempenho menor na simulação, vale lembrar que o RIP possui uma implementação mais simples. Por isso, nem sempre o OSPF será a melhor opção dentro da realidade de algumas operadoras que não necessitam de redes muito complexas que demandam muito recurso.

Por fim, a Tabela 4 demonstra um esquema geral e resumido de comparação entre RIP e OSPF, explicados na teoria e nas simulações do trabalho:

TABELA 4 - COMPARAÇÃO ENTRE RIP E OSPF

Parâmetros	RIP	OSPF
Número de Saltos (<i>hops</i>)	Máximo de 15 saltos	Não há limite de saltos
Envio de Anúncios	O envio de anúncios ocorre a cada 30 segundos	O envio de anúncios ocorre apenas quando acontece uma alteração
Métrica Usada	Contagem de saltos com custo fixo	Métrica de custo variável
Dados Compartilhados	Dados compartilhados possuem informações apenas de seus vizinhos	Dados compartilhados possuem informações de toda topologia
Algoritmo Usado	Usa o Algoritmo de Vetor de Distância	Usa o Algoritmo de Estado de Enlace (Dijkstra)
Implementação	Implementação fácil	Implementação complexa
Tipo de Rede	Usado em redes menores	Usado em redes maiores
Atraso Fim-a-Fim	Atraso um pouco maior	Atraso um pouco menor
Perda de Pacotes	Bem maior quando há uma falha	Bem menor quando há uma falha
Tempo de Convergência	Bem maior quando há uma falha	Bem menor quando há uma falha
Taxa de Transferência	Taxa de transferência um pouco menor	Taxa de transferência um pouco maior

5 CONCLUSÃO

Um dos segredos para um bom aproveitamento da capacidade de uma rede está em seu protocolo de roteamento, e isso foi comprovado neste trabalho com o estudo de dois protocolos de roteamento dinâmico, o RIP e o OSPF, que demonstraram diferentes comportamentos ao longo das análises e simulações de tráfegos de rede.

Após as simulações dos protocolos RIP e OSPF, pôde-se ter uma boa noção do funcionamento de cada um e da capacidade que cada um possui em relação aos parâmetros estudados, sendo possível saber seus limites e desempenhos quando aplicados em uma rede. Com essas ferramentas de simulação demonstradas no trabalho, é possível analisar qual dos dois protocolos será o ideal para uma operadora específica, auxiliando assim no problema de decisão do melhor protocolo de uma rede. Por isso, o software simulador Cisco Packet Tracer é amplamente usado pelas operadoras para simulação de redes de seus clientes.

Para comprovar essa afirmação, os resultados das simulações foram todos condizentes com a teoria, demonstrando uma superioridade do OSPF nos parâmetros de atraso fim-a-fim, tempo de convergência e taxa de transferência que foram simulados e comparados ao RIP, em troca de uma maior complexidade para implementá-lo. Enquanto o RIP, possuindo uma implementação mais simples, adquiriu resultados satisfatórios, mas abaixo da capacidade do OSPF. Além disso, notou-se também que o parâmetro de tempo de convergência, no qual é calculado a partir da perda de pacotes durante uma falha no enlace da rede, apresentou os resultados mais divergentes entre os dois protocolos, sendo o parâmetro em que o OSPF se saiu melhor do que o RIP durante as simulações.

Portanto, pode-se concluir que o estudo dos protocolos de roteamento é essencial para a evolução do tráfego de informações e para a manutenção da qualidade de serviço das diversas aplicações de internet que existem nos dias de hoje. Assim, novos estudos de novos protocolos podem surgir com tecnologias inovadoras e aprimoramentos em relação aos antigos protocolos de roteamento, assim como foi no surgimento do OSPF, tendo como base o aprimoramento das capacidades limitadas que o RIP possui em relação ao tamanho de uma rede.

REFERÊNCIAS

ATHIRA, M.; ABRAHAM, L.; SANGEETHA, R. G. **Study on Network Performance of Interior Gateway Protocols - RIP, EIGRP and OSPF**. School of Electronics Engineering, VIT University. Chennai, Índia, 2017.

CIRCIUMARESCU, L. D.; PREDUSCA, G.; ANGELESCU, N.; PUCHIANU, D. C. **Comparative Analysis of Protocol RIP, OSPF, RIGRP and IGRP for Service Video Conferencing, E-mail, FTP, HTTP**. Department of Electronics, Telecommunications and Energy Engineering. Valahia University of Targoviste. Targoviste, Romênia, 2015.

Cisco Packet Tracer (Versão 7.3.1): <https://www.netacad.com/pt-br/courses/packet-tracer/introduction-packet-tracer>

DIAS, K. L.; SILVA, D. P. **Cisco Packet Tracer**. Universidade Federal de Pernambuco. Centro de Informática, 2016.

DUMITRACHE, C. G.; PREDUSCA, G.; CIRCIUMARESCU, L. D.; ANGELESCU, N.; PUCHIANU, D. C. **Comparative study of RIP, OSPF and EIGRP protocols using Cisco Packet Tracer**. Department of Electrical, Electronics, Information Technology. Valahia University of Targoviste. Targoviste, Romênia, 2017.

JAYAKUMAR, M.; REKHA, N. R. S.; BHARATHI, B. **A Comparative study on RIP and OSPF protocols**. Faculty of Computing. Sathyabama University. Chennai, Índia, 2017.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. **Redes de computadores e a internet**. 6ª edição. Editora Pearson, 2014.

TANENBAUM, A. S.; WETHERALL, D. J. **Redes de Computadores**. 5ª edição. Editora Pearson, 2011.

APÊNDICE A – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 1 COM RIP

```
Router1>enable
```

```
Router1#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 859 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router1
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.9.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.0.0
```

```
network 192.168.1.0
```

```
network 192.168.5.0
```

```
network 192.168.9.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router1#
```

APÊNDICE B – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 2 COM RIP

```
Router2>enable
```

```
Router2#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 827 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router2
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.14.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.1.0
```

```
network 192.168.2.0
```

```
network 192.168.14.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router2#
```

APÊNDICE C – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 3 COM RIP

```
Router3>enable
```

```
Router3#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 794 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router3
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router rip  
network 192.168.2.0  
network 192.168.3.0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router3#
```

APÊNDICE D – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 4 COM RIP

```
Router4>enable
```

```
Router4#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 791 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router4
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.4.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router rip  
network 192.168.3.0  
network 192.168.4.0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router4#
```

APÊNDICE E – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 5 COM RIP

```
Router5>enable
```

```
Router5#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 794 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router5
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.5.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.6.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router rip  
network 192.168.5.0  
network 192.168.6.0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router5#
```

APÊNDICE F – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 6 COM RIP

```
Router6>enable
```

```
Router6#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 866 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router6
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.6.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.7.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.15.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.16.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.6.0
```

```
network 192.168.7.0
```

```
network 192.168.15.0
```

```
network 192.168.16.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router6#
```

APÊNDICE G – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 7 COM RIP

```
Router7>enable
```

```
Router7#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 843 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router7
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.7.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.8.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.14.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.7.0
```

```
network 192.168.8.0
```

```
network 192.168.14.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
no cdp run
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router7#
```

APÊNDICE H – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 8 COM RIP

```
Router8>enable
```

```
Router8#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 829 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router8
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.9.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.9.0
```

```
network 192.168.10.0
```

```
network 192.168.15.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router8#
```

APÊNDICE I – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 9 COM RIP

```
Router9>enable
```

```
Router9#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 798 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router9
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.11.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router rip  
network 192.168.10.0  
network 192.168.11.0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router9#
```

APÊNDICE J – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 10 COM RIP

```
Router10>enable
```

```
Router10#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 832 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router10
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.11.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.16.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.11.0
```

```
network 192.168.12.0
```

```
network 192.168.16.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router10#
```

APÊNDICE K – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 11 COM RIP

```
Router11>enable
```

```
Router11#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 864 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router11
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.8.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.13.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router rip
```

```
network 192.168.4.0
```

```
network 192.168.8.0
```

```
network 192.168.12.0
```

```
network 192.168.13.0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router11#
```

APÊNDICE L – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 1 COM OSPF

```
Router1>enable
```

```
Router1#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 953 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router1
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.0.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.1.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.5.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.9.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.0.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.9.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router1#
```

APÊNDICE M – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 2 COM OSPF

```
Router2>enable
```

```
Router2#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 904 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router2
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.1.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.2.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.14.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.1.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.14.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router2#
```

APÊNDICE N – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 3 COM OSPF

```
Router3>enable
```

```
Router3#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 854 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router3
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.2.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.3.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router ospf 1  
log-adjacency-changes  
network 192.168.2.0 0.0.0.255 area 0  
network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router3#
```

APÊNDICE O – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 4 COM OSPF

```
Router4>enable
```

```
Router4#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 851 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router4
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.3.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.4.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router ospf 1  
log-adjacency-changes  
network 192.168.3.0 0.0.0.255 area 0  
network 192.168.4.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router4#
```

APÊNDICE P – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 5 COM OSPF

```
Router5>enable
```

```
Router5#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 854 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router5
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.5.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.6.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router ospf 1  
log-adjacency-changes  
network 192.168.5.0 0.0.0.255 area 0  
network 192.168.6.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router5#
```

APÊNDICE Q – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 6 COM OSPF

```
Router6>enable
```

```
Router6#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 960 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router6
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.6.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.7.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.15.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.16.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.6.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.7.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.16.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router6#
```

APÊNDICE R – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 7 COM OSPF

```
Router7>enable
```

```
Router7#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 920 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router7
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.7.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.8.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.14.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.7.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.8.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.14.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
no cdp run
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router7#
```

APÊNDICE S – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 8 COM OSPF

```
Router8>enable
```

```
Router8#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 906 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router8
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.9.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.10.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.15.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.9.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.15.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router8#
```

APÊNDICE T – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 9 COM OSPF

```
Router9>enable
```

```
Router9#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 858 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router9
```

```
no ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.10.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.11.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto  
shutdown
```

```
interface FastEthernet1/1  
no ip address  
duplex auto  
speed auto  
shutdown
```

```
interface Vlan1  
no ip address  
shutdown
```

```
router ospf 1  
log-adjacency-changes  
network 192.168.10.0 0.0.0.255 area 0  
network 192.168.11.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless  
ip flow-export version 9  
line con 0  
line aux 0  
line vty 0 4  
login  
end  
Router9#
```

APÊNDICE U – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 10 COM OSPF

```
Router10>enable
```

```
Router10#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 909 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router10
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.11.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.12.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.16.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
no ip address
```

```
duplex auto
```

```
speed auto
```

```
shutdown
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.11.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.16.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router10#
```

APÊNDICE V – CONFIGURAÇÃO CLI DO ROTEADOR 11 COM OSPF

```
Router11>enable
```

```
Router11#show running-config
```

```
Building configuration...
```

```
Current configuration : 956 bytes
```

```
version 12.4
```

```
no service timestamps log datetime msec
```

```
no service timestamps debug datetime msec
```

```
no service password-encryption
```

```
hostname Router11
```

```
ip cef
```

```
no ipv6 cef
```

```
spanning-tree mode pvst
```

```
interface FastEthernet0/0
```

```
ip address 192.168.4.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet0/1
```

```
ip address 192.168.8.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/0
```

```
ip address 192.168.12.2 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface FastEthernet1/1
```

```
ip address 192.168.13.1 255.255.255.0
```

```
duplex auto
```

```
speed 10
```

```
interface Vlan1
```

```
no ip address
```

```
shutdown
```

```
router ospf 1
```

```
log-adjacency-changes
```

```
network 192.168.4.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.8.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.12.0 0.0.0.255 area 0
```

```
network 192.168.13.0 0.0.0.255 area 0
```

```
ip classless
```

```
ip flow-export version 9
```

```
line con 0
```

```
line aux 0
```

```
line vty 0 4
```

```
login
```

```
end
```

```
Router11#
```