

Estudo comparativo dos Protocolos OSPFv2 e OSPFv3¹

Paulo Afonso de Souza Júnior¹, Evandro Luís Brandão Gomes²

Abstract—This document contains information about how the OSPF protocol works on both versions, for IPv4 and IPv6, also it shows how the messages are exchanged between the routers and the differences between the two versions of the dynamic routing protocol.

Index Terms—Internet, Network, OSPF, Routing Protocol.

Resumo—Este documento contém informações sobre como o protocolo OSPF funciona em suas versões, IPv4 e IPv6, também exemplifica como as mensagens são trocadas entre os roteadores, além de mostrar as diferenças entre as duas versões do protocolo de roteamento dinâmico.

Palavras chave—Internet, OSPF, Protocolos de Roteamento, Redes.

I. INTRODUÇÃO

Os protocolos de roteamento são indispensáveis para o funcionamento da internet ou de uma rede de computadores de médio/grande porte atualmente. Os protocolos podem ser dinâmicos, ou seja, ser capazes de calcular a melhor rota de uma determinada origem até um destino sem a necessidade de intervenção humana. Dentre os vários protocolos de roteamento dinâmico existentes, pode-se citar o *Open Shortest Path First* (OSPF) em suas duas versões: para o IPv4 (*Internet Protocol Version 4*) existe o OSPFv2 e para o IPv6 (*Internet Protocol Version 6*), o OSPFv3.

O OSPFv3 foi criado com o intuito da continuação da utilização do protocolo de roteamento dinâmico no IPv6, que tem como grande premissa a utilização de endereços maiores (128 bits, em relação aos antigos 32 bits do protocolo IPv4 [1]), viabilizando a expansão no endereçamento. Deste modo, a nova versão do OSPF foi necessária para adaptação ao novo esquema de endereçamento, estabelecimento de novos padrões e melhorias no protocolo.

II. OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo apresentar a aplicação de ambas as versões do protocolo OSPF (OSPFv2 e OSPFv3) em uma rede de computadores, comparando-as e evidenciando suas características.

Utilizando um *Software* que faz a simulação de roteadores reais, neste caso do fabricante Cisco, serão ilustradas as diferenças no funcionamento dos dois protocolos.

III. OSPFv2

O OSPFv2 começou a ser desenvolvido no ano de 1989 através da RFC 1131 – “*The OSPF Specification*” [2], este protocolo teve como principal objetivo substituir o RIP (*Routing Information Protocol*), no qual apresentava limitações em seu funcionamento para redes de médio/grande porte.

A RFC 2328 – “*OSPF Version 2*” [3] criada em Abril de 1998 foi a mais recente revisão das *Request For Comments* referente à abordagem geral para tal protocolo.

A. Níveis Hierárquicos e Classificação dos Roteadores

O OSPFv2 opera com um modelo de dois níveis hierárquicos.

O primeiro nível hierárquico é a chamada “*Backbone Area*”, onde estão localizados todos os roteadores pertencentes à área 0, é denominada *Backbone Area* pelo fato que todas as outras áreas devem estar conectadas fisicamente ou logicamente na área 0.

O segundo nível hierárquico são todas as áreas, com exceção da área 0.

Com relação aos roteadores que fazem parte de uma topologia onde é implementado o OSPFv2, eles podem ser classificados em:

- **IR (*Internal Routers*)** – São os roteadores que possuem todas as interfaces na mesma área [3]. Ex.: (Na figura 1, são os roteadores R1, R4 e R5);
- **BR (*Backbone Routers*)** – São os roteadores ao menos uma interface está na área 0 (*Backbone Area*) [3]. Ex.: (Na Figura 1, são os roteadores R2, R3 e R4);
- **ABR (*Area Border Router*)** – São os roteadores que possuem duas interfaces em áreas diferentes, por exemplo, uma interface na área 0 e outra na área 1 [4]. Ex.: (Na Figura 1, são os roteadores R2 e R3);
- **ASBR (*Autonomous System Border Router*)** – São os roteadores que estão na fronteira do Sistema Autônomo, ou

¹ Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Nacional de Telecomunicações, como parte dos requisitos para a obtenção do Certificado de Pós-Graduação em Engenharia de Redes e Sistemas de Telecomunicações. Orientador: Prof. Evandro Luís Brandão Gomes. Trabalho aprovado em 09/2016.

seja, devem realizar uma redistribuição de rotas para que as mesmas sejam anexadas à topologia do OSPF e sejam distribuídas para outro Sistema Autônomo [4]. Ex.: (Na Figura 1, são os roteadores R6 e R7);

Cada roteador classificado acima transmite diferentes tipos de LSA (*Link State Advertisement*). Os LSAs são os pacotes transmitidos entre os vizinhos OSPF para que seja criada a LSDB (*Link State Database*) [3]. A topologia utilizada para verificação do melhor caminho até um determinado destino através do algoritmo de Dijkstra é formada pelo LSDB.

A Figura 1 ilustra uma captura de tela realizada da topologia OSPFv2 que foi criada no *Software* GNS3, onde realiza-se simulação de roteadores reais Cisco. Nela é possível observar os roteadores citados anteriormente e também os níveis hierárquicos das *Backbone Areas*, identificadas como “Area 0 – IP e Máscara da área”, em diferentes Sistemas Autônomos e das áreas 1 e 2, identificadas como “Area 1 – IP e Máscara da área” e “Area 2 – IP e Máscara da área”, no AS (*Autonomous System*) 65000.

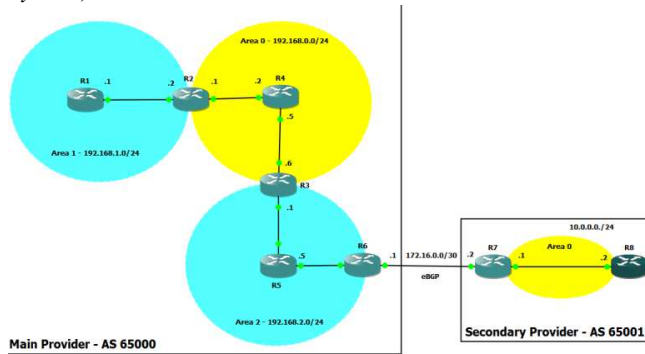


Fig. 1. Topologia OSPFv2. Níveis Hierárquicos e Classificação dos Roteadores

B. Cálculo da Métrica

Os protocolos de roteamento, utilizando seus algoritmos, precisam realizar um cálculo de métrica, para os diferentes caminhos existentes até um determinado destino, possibilitando aos roteadores compará-las e identificarem qual é o melhor caminho para ser utilizado [5]. O OSPFv2 utiliza o custo (*cost*) para o cálculo da métrica que é realizado através da largura de banda (*bandwidth*) da interface por onde a vizinhança é estabelecida. O cálculo do SPF (*Shortest Path First*) é estabelecido em cada área isoladamente:

$$Cost = \frac{100 \text{ Mbps}}{Bandwidth} \quad (1)$$

O valor de 100Mbps é adotado por padrão pelo OSPFv2 para o cálculo do custo, por este fato, os valores superiores a 100Mbps terão custos iguais a 1. Tais valores são mostrados a seguir na Tabela I [5].

TABELA I
LARGURAS DE BANDA E CUSTOS DO OSPFv2 [5].

Largura de Banda (<i>Bandwidth</i>)	Custo (<i>Cost</i>)
100Gbps	1
40Gbps	1
10Gbps	1
1Gbps	1
100Mbps	1

10Mbps	10
1.544Mbps	64
768Kbps	133
384Kbps	266

C. Estabelecimento de Vizinhanças e Formação do LSDB

Para o estabelecimento de vizinhanças, o protocolo OSPFv2 utiliza de pacotes enviados para todas interfaces do roteador (*Hello Packets*) com o endereço *Multicast* de destino 224.0.0.5, com exceção de quando existem *Virtual Links*, onde pacotes *Unicast* são enviados para o endereço do vizinho virtual[3].

Os *Hello Packets* são enviados a cada 10 segundos para *links* ponto-a-ponto ou em uma LAN (*Local Area Network*) e a cada 30 segundos para uma rede NBMA (*Non-Broadcast Multi Access*), por exemplo, uma rede Frame-Relay ou ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) [3].

Para a formação do LSDB (*Link State Database*) são utilizados mais 4 tipos de pacotes além dos *Hello Packets*:

- DBD (*Database Descriptor*) – Para protocolos que operam de acordo com o estado do link (*Link State*), faz-se necessário que o *Database* de todos os roteadores estejam sincronizados, para isso são utilizados os pacotes DBD [3].
- LSR (*Link State Request*) – Caso o roteador verifique que seu LSDB não está atualizado após o recebimento do DBD de seu vizinho, ele envia um pacote LSR para seus vizinhos, a fim de receber outro DBD atualizado [3].
- LSU (*Link State Update*) – Estes pacotes representam o *flooding* de LSAs (*Link State Advertisements*) da rede OSPFv2, cada pacote LSA contém a tabela de roteamento, métrica e informações da topologia para que seja formado o LSDB dos roteadores. Os LSAs serão detalhados no tópico posterior [3].
- LSAck (*Link State Acknowledgment*) – São os pacotes de confirmação de recebimento para cada LSA, vários LSAs podem ser confirmados no mesmo pacote LSAck [3].

Todos os pacotes citados acima são identificados pelos valores de 1 a 5 no campo *Message Type* do cabeçalho do pacote OSPF. A Figura 2 ilustra um exemplo de pacote *Hello* (tipo 1) capturado no roteador 2 visto da topologia informada na Figura 1.

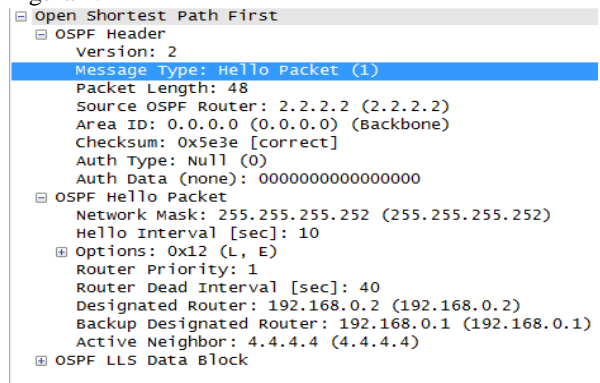


Fig. 2. *Hello Packet*. Pacote com *Message Type* 1 contido no cabeçalho OSPFv2.

D. LSAs (*Link State Advertisements*) e Tipos de Áreas

Para que os LSAs sejam compreendidos, faz-se necessária a

apresentação dos tipos de áreas existentes no protocolo OSPFv2. As áreas são classificadas em 5 tipos, conforme descrito a seguir [4]:

- **Backbone Area (Area 0)** – É a área central onde todas as outras áreas devem estar fisicamente ou logicamente conectadas [4];
- **Standard Areas** – São as áreas nas quais todos os roteadores têm conhecimento de todas as rotas (LSDB completo) [4]. Ex.: Áreas 1 e 2 da topologia apresentada na Figura 1;
- **Stub Areas** – São as áreas que possuem roteadores com conhecimento limitado das redes de uma topologia OSPFv2, devido à capacidade de processamento de rotas ou por opção de privacidade em uma topologia. Os roteadores presentes nestas áreas possuem uma rota *default* apontada para a área 0, com isso conseguem conexão com o restante da topologia OSPFv2, porém não tem seus LSDBs completos [4];
- **Totally Stub Areas** – São áreas similares às *Stub Areas*, porém seus ABRs não trocam LSAs do tipo 3, detalhado posteriormente, ou seja, todo roteamento neste tipo de área é baseado somente em uma rota *default* [4];
- **Not-so-Stubby Area (NSSA)** – As áreas *Stub* e *Totally Stub* apresentadas anteriormente não podem conter roteadores classificados como ASBRs já que não propagam LSAs do tipo 4 e 5. Com isso, fez-se necessária a criação de um novo tipo de área, a NSSA. Essa área pode conter as mesmas características das duas anteriores, porém com ASBRs ao invés de ABRs [4].

Existem 7 tipos de LSAs para o OSPFv2, dentre eles temos o LSA tipo 6 que não é mais utilizado. Seguem as classificações [6]:

- **Tipo 1 (Router LSA)** – É o LSA trocado entre os roteadores que pertencem à uma mesma área [6]. Ex.: Roteador 2 da Figura 1 apresentada anteriormente troca LSAs do tipo 1 com os roteadores 3 e 4 (área 0) e roteador 1 (área 1). A tela, mostrada na Figura 3, ilustra este tipo de mensagem;

```
R2#show ip ospf data

OSPF Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum Link count
2.2.2.2      2.2.2.2      529         0x80000002  0x00311A  1
3.3.3.3      3.3.3.3      523         0x80000002  0x0049F1  1
4.4.4.4      4.4.4.4      523         0x80000003  0x0059F3  2

<----->

Router Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum Link count
1.1.1.1      1.1.1.1      561         0x80000002  0x0090C1  1
2.2.2.2      2.2.2.2      560         0x80000002  0x0055F2  1
```

Fig. 3. *Router LSA*. Trecho da saída do comando “show ip ospf database” no roteador 2 da topologia apresentada anteriormente [7].

- **Tipo 2 (Network LSA)** – Também é trocado entre os roteadores pertencentes à uma mesma área, com a diferença que é representado o DR (*Designated Router*) que é o responsável por receber e enviar os LSAs em uma rede multi acesso, por exemplo, uma rede ethernet [6]. Ex.: Os roteadores 1 e 2 trocam LSAs do Tipo 2 e informam que o DR deste *link* ethernet é o 192.168.1.2, conforme pode ser visto na Figura 4 abaixo:

```
R2#show ip ospf data

<----->

Net Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
192.168.1.2  2.2.2.2      560         0x80000001  0x00F6C5

R1#show ip ospf data

<----->

Net Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
192.168.1.2  2.2.2.2      591         0x80000001  0x00F6C5
```

Fig. 4. *Network LSA*. Trecho da saída do comando “show ip ospf database” no roteador 1 e 2 da topologia apresentada anteriormente [7].

- **Tipo 3 (Summary LSA)** – É o LSA trocado entre a *Backbone Area* e as *Standard Areas*, este LSA contém as rotas internas à rede OSPFv2 [6]. Ex.: O roteador 1, presente na área 1, recebe do roteador 2, presente nas áreas 0 e 1, as rotas que pertencem à toda rede interna do OSPFv2 (192.168.0.0, 192.168.0.4, 192.168.2.0 e 192.168.2.4), segue a Figura 5, que exemplifica o citado acima:

```
R1#show ip ospf data

<----->

Summary Net Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
192.168.0.0  2.2.2.2      622         0x80000001  0x00933A
192.168.0.4  2.2.2.2      555         0x80000001  0x007553
192.168.2.0  2.2.2.2      545         0x80000001  0x009138
192.168.2.4  2.2.2.2      481         0x80000001  0x007351
```

Fig. 5. *Summary LSA*. Trecho da saída do comando “show ip ospf database” no roteador 1 da topologia apresentada anteriormente [7].

- **Tipo 4 (Summary ASBR LSA)** – É o LSA enviado pelo ABR que está na mesma área de um ASBR para a *Backbone Area* [6]. Ex.: O roteador 3, presente na área onde existe o ASBR (roteador 6) envia aos roteadores vizinhos este LSA, e os mesmos encaminham aos outros roteadores para que suas LSDBs fiquem completas, conforme Figura 6 abaixo:

```
R1#show ip ospf data

<----->

Summary ASB Link States (Area 1)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
6.6.6.6      2.2.2.2      433         0x80000001  0x0052C5

R3#show ip ospf data

<----->

Summary ASB Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
6.6.6.6      3.3.3.3      287         0x80000001  0x0020F5

R4#show ip ospf data

<----->

Summary ASB Link States (Area 0)

Link ID      ADV Router   Age         Seq#         Checksum
6.6.6.6      3.3.3.3      338         0x80000001  0x0020F5
```

Fig. 6. *Summary ASBR LSA*. Trecho da saída do comando “show ip ospf database” nos roteadores 1, 3 e 4 da topologia apresentada anteriormente [7].

- **Tipo 5 (Autonomous System External LSA)** – Também é trocado entre a *Backbone Area* e as *Standard Areas*, porém este LSA contém as rotas externas à rede OSPFv2 [6]. Ex.: Todos os roteadores da rede do *AS Main Provider*, recebem do Roteador 6 este LSA contendo as rotas do *AS Secondary Provider*, pois tal roteador é o único ASBR presente neste Sistema Autônomo, conforme mostrado na Figura 7 abaixo:

Assim como no OSPFv2, o OSPFv3 possui mais 4 tipos de pacotes para formação do LSDB, além do *Hello*. Estes pacotes são os mesmos citados para primeira versão do protocolo (DBD – *Database Descriptor*, LSR – *Link State Request*, LSU – *Link State Update* e LSAck – *Link State Acknowledgment*).

Uma das principais melhorias no OSPFv3, do ponto de vista de vizinhança, com relação ao seu anterior é a possibilidade de configuração de múltiplas instâncias OSPF em um *link*. Ex.: Dois LSDBs separados em cada roteador para um mesmo *link* entre dois vizinhos [9].

D. LSAs (Link State Advertisements) e Tipos de Áreas

Os tipos de áreas do OSPFv3 são os mesmos definidos na versão anterior do protocolo: *Backbone Area*, *Standard Area*, *Stub Area*, *Totally Stub Area* e *Not-So-Stubby Area*.

Com relação aos LSAs, têm-se algumas diferenças:

- São classificados em 9 *LS Type Codes*, com 4 bits hexadecimais (16 bits) e no protocolo antigo a classificação era decimal de 1 à 7 [10]. Na Figura 10 é mostrada a imagem de como é formado o campo *LS Type Code*:

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	1	2	3	4	5	
U S2 S1			LSA Function Code													

Fig.10. *LS Type Code*. Como os LSAs são classificados no OSPFv3 [10].

O Campo U indica se o pacote chegou através de um endereço *Link-Local* (preenchido com 0) ou se deve apenas receber e encaminhar o pacote (preenchido com 1).

Os campos S2 e S1 indicam qual a área que o LSA irá afetar, conforme tabela II abaixo:

TABELA II
LSA OSPFv3 – CAMPOS S2 E S1 DO CAMPO LSA TYPE CODE [10].

S2	S1	Descrição
0	0	<i>Link-Local</i>
0	1	<i>Local Area</i>
1	0	<i>Autonomous System Area</i>
1	1	Reservado

O campo *LSA Function Code* define o tipo do LSA.

- Alguns LSAs foram renomeados;
 - Foram criados mais dois tipos de LSAs;
- Abaixo segue as classificações dos LSAs para o OSPFv3:
- *LS Type Code 0x2001 (Router LSA)* – Tem a mesma função e nome do protocolo anterior, ou seja, é o LSA trocado entre os roteadores pertencentes a uma mesma área [10]. Ex.: Roteador 2 da Figura 8 (apresentada anteriormente) troca LSAs com código 0x2001 com os roteadores 3 e 4 (área 0) e roteador 1 (área 1). A Figura 11 mostra a tela de comandos que ilustra esta operação:

```
R2#show ipv6 ospf database
OSPFv3 Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

Router Link States (Area 0)

ADV Router  Age      Seq#      Fragment ID  Link count  Bits
2.2.2.2      260      0x80000002  0            1            B
3.3.3.3      257      0x80000002  0            1            B
4.4.4.4      256      0x80000003  0            2            None

Router Link States (Area 1)

ADV Router  Age      Seq#      Fragment ID  Link count  Bits
1.1.1.1      268      0x80000002  0            1            None
2.2.2.2      267      0x80000002  0            1            B
```

Fig. 11. *Router LSA*. Trecho da saída do comando “*show ipv6 ospf database*” no roteador 2 da topologia apresentada anteriormente [11].

- *LS Type Code 0x2002 (Network LSA)* – Também possui a mesma função e nome do OSPFv2, ou seja, é trocado entre roteadores pertencentes à uma mesma área, representando o DR (*Designated Router*) [10]. Ex.: Os roteadores 1 e 2 trocam LSAs do Tipo 2 e informam que o DR deste *link* é o roteador 2 que possui o *Router ID* 2.2.2.2. Na Figura 12 é informado o IP 2.2.2.2, a diferença com relação ao OSPFv2 é que no protocolo antigo é informado o IP da interface do DR ao invés de seu *Router ID*..

```
R1#show ipv6 ospf database
OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Net Link States (Area 1)

ADV Router  Age      Seq#      Link ID      Rtr count
2.2.2.2      296      0x80000001  2            2

R2#show ipv6 ospf database
OSPFv3 Router with ID (2.2.2.2) (Process ID 1)

Net Link States (Area 1)

ADV Router  Age      Seq#      Link ID      Rtr count
2.2.2.2      267      0x80000001  2            2
```

Fig. 12. *Network LSA*. Trecho da saída do comando “*show ipv6 ospf database*” no roteador 1 e 2 da topologia apresentada anteriormente [11].

- *LS Type Code 0x2003 (Inter-Area Prefix LSA)* – Possui a mesma função do *Summary LSA*, ou seja, é o LSA trocado entre a *Backbone Area* e as *Standard Areas*. Este LSA contém as rotas internas à rede OSPFv3 [10]. Ex.: O roteador 1, presente na área 1, recebe do roteador 2, presente nas áreas 0 e 1, as rotas que pertencem à toda rede interna do OSPFv3 (3471:6200::, 3471:6200::4, ABCD:EF01:: e ABCD:EF01::4). A Figura 13 exemplifica o descrito acima:

```
R1#show ipv6 ospf database
OSPFv3 Router with ID (1.1.1.1) (Process ID 1)

Inter Area Prefix Link States (Area 1)

ADV Router  Age      Seq#      Prefix
2.2.2.2      325      0x80000001  3471:6200::/126
2.2.2.2      281      0x80000001  3471:6200::4/126
2.2.2.2      271      0x80000001  ABCD:EF01::4/126
2.2.2.2      271      0x80000001  ABCD:EF01::/126
```

Fig. 13. *Inter-Area Prefix LSA*. Trecho da saída do comando “*show ipv6 ospf database*” no roteador 1 da topologia apresentada anteriormente [11].

- *LS Type Code 0x2004 (Inter-Area Router LSA)* – Possui a mesma função do *Summary ASBR LSA*, ou seja, é o LSA enviado pelo ABR que contém o ASBR para a *Backbone Area* [10]. Ex.: O roteador 3, presente na área onde existe o ASBR (roteador 6) envia aos roteadores vizinhos este LSA, e os mesmos encaminham aos outros roteadores para que suas LSDBs fiquem completas, como pode ser visto na Figura 14:

Fig. 17. *Intra-area Prefix LSA*. Trecho da saída do comando “*show ipv6 ospf database*” nos roteadores 1 e 4 da topologia apresentada anteriormente [11].

V. CONCLUSÕES

Percebe-se que com a nova versão do protocolo OSPF, melhorias foram realizadas a fim de aperfeiçoar e minimizar o *flooding* de pacotes na rede. O OSPFv3 tem dois novos tipos de LSAs a fim de melhor dividir a função da principal característica para troca de informações no protocolo.

A nova versão permaneceu com o LSA *Type Code* 0x2006, que é similar ao LSA Tipo 6 do OSPFv2. LSA que não é utilizado para as redes atuais, acreditando-se que no futuro esta pode ser utilizada ou dar lugar a um novo tipo de LSA, já que a Internet das Coisas (IoT – *Internet of Things*) é uma forte tendência para o mundo da tecnologia.

Sem os protocolos de roteamento dinâmicos, é impossível o funcionamento da internet. O OSPF é um dos protocolos mais utilizados para tais comunicações e o entendimento do mesmo faz-se necessário para qualquer profissional da área de redes de computadores.

REFERÊNCIAS

- [1] HINDEN, R, DERRING, Steve. **IP Version 6 Addressing Architecture** (on-line). Disponível na internet. <http://tools.ietf.org/html/rfc4291>, 2016.
- [2] **The OSPF Specification** (on-line). Disponível na internet. <https://tools.ietf.org/html/rfc1131>, 2016
- [3] MOY, J. **OSPF Version 2** (on-line). Disponível na internet. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2328.txt>, 2016.
- [4] **OSPF Areas and Router Functionality Overview** (on-line). Disponível na internet. http://www.juniper.net/documentation/en_US/junos13.3/topics/concept/ospf-routing-understanding-ospf-areas-overview.html, 2016.
- [5] **What is OSPF Metric value Cost and OSPF default Cost Reference Bandwidth** (on-line). Disponível na Internet. <http://www.omniseu.com/cisco-certified-network-associate-ccna/what-is-ospf-metric-value-cost-and-ospf-default-cost-reference-bandwidth.php>, 2016.
- [6] MOLENAAR, Rene. **OSPF LSA Types Explained** (on-line). Disponível na internet. <https://networklessons.com/ospf/ospf-lsa-types-explained/>, 2016.
- [7] **IP Routing: OSPF Configuration Guide** (on-line). Disponível na internet. http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/ios-xml/ios/iproute_ospf/configuration/12-4t/iro-12-4t-book/iro-cfg.html, 2016
- [8] COLTUN, R, FERGUSON, D, MOY, J. **OSPF for IPv6** (on-line). Disponível na internet. <https://www.ietf.org/rfc/rfc2740.txt>, 2016.
- [9] COLTUN, R, FERGUSON, D, MOY, J. **OSPF for IPv6** (on-line). Disponível na internet. <https://www.ietf.org/rfc/rfc5340.txt>, 2016.
- [10] **OSPFv3 LSA Types** (on-line). Disponível na internet. <https://sites.google.com/site/amitsciscozone/home/important-tips/ipv6/ospf>, 2016.
- [11] **Sample Configuration for OSPFv3** (on-line). Disponível na internet. <http://www.cisco.com/c/en/us/support/docs/ip/ip-version-6-ipv6/112100-ospfv3-config-guide.html>, 2016.

Paulo Afonso de Souza Júnior nasceu em Pouso Alegre - MG, em 11 de maio de 1991. Graduado em Engenharia da Computação no Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel, 2013) e pós graduando em Engenharia de Redes e Sistemas de Telecomunicações (Inatel). Seu primeiro estágio foi no Inatel Competence Center (ICC), em Junho de 2011, atuando no suporte e manutenção da Ericsson no Laboratório Software I, onde ficou durante um ano e meio. Após este estágio iniciou um novo na PromonLogicalis, empresa Integradora de Serviços de Tecnologia da Informação e Comunicação, atuando nas áreas de Projetos (*Wireless*) e Suporte (*Wireless* e Redes). Foi efetivado, e hoje continua na PromonLogicalis atuando como Analista de Suporte com foco em *Wireless* e *Routing&Switching*. Possui as certificações CCNA (*Cisco Certified Network Associate*) *Routing&Switching*, CCNA *Wireless* (*Cisco Certified Network Associate – Wireless*) e CCNP (*Cisco Certified Network Professional*) *Routing&Switching*.

Evandro Luís Brandão Gomes é Pós-graduado em Informática Gerencial e graduado em Tecnologia em Processamento de Dados pela FAI - Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação (1985). Possui curso de nível médio em eletrônica pela Escola Técnica de Eletrônica "FMC". Atualmente é professor assistente da Fundação Instituto Nacional de Telecomunicações (Inatel) e professor assistente da FAI - Centro de Ensino Superior em Gestão, Tecnologia e Educação. Tem experiência nas áreas de: Linguagens de Programação, Arquitetura de Computadores, Sistemas Operacionais, Redes de Computadores, Protocolos de Comunicação, Eletrônica Digital, Microprocessadores / Microcontroladores, Segurança de TI e Auditoria de TI. Possui certificação de instrutor de treinamentos em redes e equipamentos de comunicação de dados pela Huawei Technologies.