

# Redes de Computadores - Laboratório 3

Thales Gonçalves Grilo  
14/0163603

Ícaro Nery Rezende  
15/0037023

Pedro Lucas Silva Haga Torres  
16/0141575

**Resumo**—Este trabalho consiste no projeto de uma rede que deverá ser simulada em um trabalho seguinte. A rede proposta possui 2 domínios LAN, que seguindo o modelo proposto, possuem serviços e as formas de conexão necessárias. A integração dos domínios LAN é feita por meio de uma WAN.

**Keywords** - Network, WAN, LAN

## I. INTRODUÇÃO

Neste trabalho, será modelada uma rede, desde o nível físico, detalhando-se equipamentos, protocolos e conexões necessários para seu funcionamento.

## II. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### A. Endereçamento IP

Um endereço IP funciona como um identificador único para cada host no mundo e permite o correto recebimento dos pacotes e mensagens trocados na internet. A versão do protocolo utilizada neste trabalho é a quarta, referenciada como IPv4 e definida pela RFC 791. Composto por 32 bits, esses endereços são denotados em um formato chamado *dotted-decimal notation* (notação decimal pontuada) composto por 4 octetos. Utilizando o endereço 193.1.2.129 como exemplo, o 193 é a representação decimal dos primeiros 8 bits, 1 é a representação dos 8 bits subsequentes e assim em diante, portanto, esse endereço é escrito em notação binária como 11000001 00000001 00000010 01000001 [1].

A proposta definida pela RFC 791, estabelecia classes de endereços rígidos, com tamanhos de rede fixos, definidos pelos três bits mais significativos do endereço. Esse sistema de classes não permitia uma flexibilização dos endereços, o que acabava gerando problemas para usuários cuja rede era grande demais para ser contemplada pela classe C, porém pequena para a classe B e causou uma má distribuição dos endereços, contribuindo para um eventual possível esgotamento.

### B. CIDR

O *Classless Inter-Domain Routing* (CIDR, do inglês, roteamento intradomínio sem classes) permite um melhor uso dos endereços IP por utilizar uma máscara de rede de comprimento variável. O CIDR amenizou o problema de esgotamento de endereços IP ao permitir uma maior flexibilização na forma de endereçamento e gerenciamento do tamanho das sub-redes [2].

### C. Sub-rede

Sub-redes permitem a criação de múltiplas redes virtuais dentro de uma única rede de qualquer classe. Hosts dentro de uma mesma sub-rede podem interagir entre si sem que seus

pacotes passem por um roteador [3].

De acordo com a proposta original, o último endereço da sub-rede não pode ser utilizado pois, em notação binária, como todos seus bits são iguais a 1 esse endereço conflita com a máscara de sub-rede. O primeiro endereço da sub-rede também não pode ser utilizado, pois é o identificador da rede - embora aplicações e roteadores mais recentes permitam a utilização do primeiro endereço, desde que devidamente configurados.

### D. Máscara de sub-rede

Uma máscara de sub-rede é um número normalmente representado em *dotted-decimal notation*, análogo ao IP, cuja função é separar de forma clara o segmento do endereço que diz respeito à sub-rede da parte que identifica os hosts nela contidos. Pode vir escrita na notação CIDR (conta quantos bits estão definidos como 1 na máscara e apresenta ao lado do endereço após uma barra). Utilizando o endereço exemplo 193.1.2.129/27 (notação CIDR) e a máscara 255.255.255.224 (*dotted-decimal notation*) deduz-se que o endereço em questão pertence ao primeiro host da quinta sub-rede.

### E. Roteador

Um roteador é um dispositivo de rede que encaminha pacotes entre redes de computadores. Suas duas funções principais são o recebimento de datagramas e seu encaminhamento para o próximo enlace, determinado pela segunda função, o roteamento por meio de um algoritmo, ou seja, a escolha de uma melhor rota para o pacote.

### F. Network Switch

Um *network switch* ("comutador", ou, simplesmente, *switch*) é um dispositivo de rede capaz de conectar outros dispositivos dentro de uma rede de computadores. Isso se faz predominantemente por meio de *packet switching* ("comutação" de pacotes). Um switch utiliza endereços físicos para processar e encaminhar os dados para um dispositivo específico dentro da rede.

### G. LAN e WAN

Uma *Local Area Network* (LAN, do inglês, rede de área local) é uma rede de computadores que interliga dispositivos dentro de uma área delimitada, como uma residência, escola, laboratório ou um prédio comercial. Por outro lado, uma *Wide Area Network* (WAN, rede de longa distância) é uma rede de telecomunicações ou de computadores que está distribuída ao longo de um amplo espaço geográfico (como um estado ou país).

1) *LAN Ethernet*: As especificações para esse tipo de rede estão definidas para taxas de transmissão de 1Mb/s a 100Gb/s e requerem o uso de um controle de acesso ao meio comum e uma *management information base* (MIB, base de informações de gerenciamento). Os meios físicos utilizados nesse tipo de rede são: cabo coaxial, de par trançado, de fibra ótica ou barramento elétrico [4].

2) *Wi-fi*: Baseado no padrão IEEE 802.11, Wi-Fi é uma tecnologia de redes locais sem fio que opera nas bandas de 2.4 GHz e 5.8 GHz e permite que vários dispositivos eletrônicos (como celulares, computadores, tablets e geladeiras, por exemplo) se conectem à internet[5].

#### H. Meios físicos de transmissão

Dispositivos dentro de uma mesma rede podem utilizar diferentes meios para se conectar a ela e transmitir seus dados. Cada tipo de enlace possui qualidades específicas do meio de transmissão utilizado para a conexão [6].

1) *Fibra ótica*: Um meio de pouca espessura e flexível, capaz de conduzir pulsos de luz, onde cada pulso representa um bit. Consegue atingir taxas de transmissão altas (na ordem de dezenas ou até centenas de gigabits por segundo) e é imune a interferências eletromagnéticas. Apesar dos cabos de fibra ótica serem baratos, os dispositivos capazes de lidar com esse meio (transmissores, receptores e switches) são caros e seu uso se dá, majoritariamente, no *backbone* da rede. Os enlaces de fibra ótica seguem o padrão *Optical Carrier* (OC).

Enlace	Taxa de transmissão
OC-12	622 Mbit/s
OC-48	2488 Mbit/s
OC-192	9953 Mbit/s

2) *Cabo de par trançado*: É o meio de transmissão mais barato e o mais utilizado em redes domésticas e empresariais. Esses cabos são compostos por um ou mais pares de fios de cobre, devidamente isolados, onde cada par segue um padrão espiral para atenuar a interferência eletromagnética. São separados em categorias, de acordo com a sua construção, e nomeados de acordo: Cat 5e (Categoria 5), Cat 6 e Cat 6A são alguns exemplos utilizados neste relatório.

Categoria	Taxa de transmissão
Cat 5e	1 Gbit/s
Cat 6	5 Gbit/s
Cat 6A	10 Gbit/s

3) *Ondas de rádio*: Utilizada pela tecnologia Wi-Fi, as ondas de rádio carregam os sinais utilizando o espectro eletromagnético. Por não necessitarem de cabos, permitem o acesso de dispositivos móveis, como celulares, e facilitam a conectividade dentro de um ambiente LAN.

#### I. Equipamentos

- Roteador - São utilizados roteadores para o encaminhamento dos pacotes dentro da rede proposta. São classificados como backbone se forem utilizados apenas nas ligações centrais da rede, ou como de borda, se fazem conexão com um roteador externo.

- Switch - Os switches são utilizados para conectar todos os hosts à rede em questão.
- Access Point - Utilizado para fazer a conexão wi-fi, substituindo o uso de cabos.
- Fibra ótica - Disponibiliza o melhor throughput, será utilizada em uma área de tráfego intenso
- Ethernet Cat 6 - Utilizada nas demais conexões.

#### J. Algoritmos de roteamento

O tráfego de dados na internet pode ser visto como uma série de mensagens, ou pacotes, sendo enviados de um remetente para um destinatário. Para o pacote chegar ao seu destinatário, ele passa por diversos enlaces e roteadores, governados por um algoritmo cuja função é descobrir o melhor caminho entre dois pontos, o algoritmo de roteamento. Esses algoritmos interpretam a rede como um grafo, onde os roteadores são os nós e os enlaces, vértices. Analisando o custo dos vértices, os algoritmos tentam encontrar o caminho de menor custo entre os nós do remetente e do destinatário.

O algoritmo de roteamento *Link-State* utiliza o algoritmo de Dijkstra para calcular o menor custo entre um nó e todos os demais nós de um grafo. Analogamente, o *Link-State* calcula o menor custo entre um roteador e todos os demais roteadores dentro de uma mesma rede [7]

### III. AMBIENTE EXPERIMENTAL

Foram exigidas, para ambas as redes, ao menos 5 sub redes LAN Ethernet, cada uma capaz de suportar 25 hosts, e uma rede sem fio (wi-fi) também capaz de suportar 25 hosts. Cada um dos domínios deve conter 3 serviços (no padrão cliente-servidor) acessíveis a qualquer usuário da internet. Exige-se, também, que as duas redes devem ser interligadas por uma terceira rede WAN, em qualquer padrão, possuindo um número mínimo de roteadores igual a 10 e rotas redundantes.

#### A. Domínio WAN

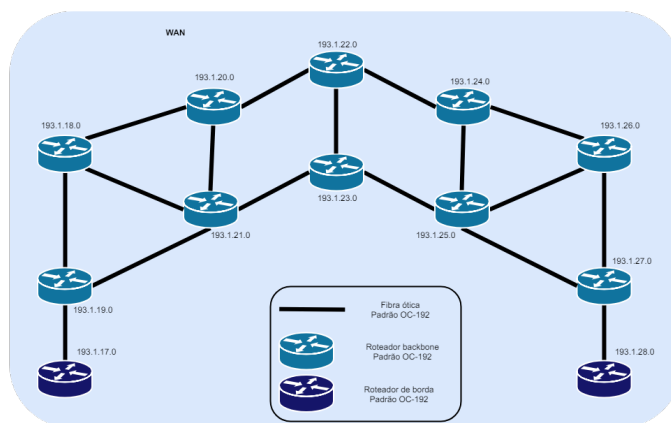


Figura 1. Topologia do domínio WAN.

Partindo do endereço de rede 193.1.16.0/20, particionamos em 16 endereços /24, pois assim conseguimos atender ao requisito de ter ao menos 10 roteadores no domínio WAN. Dos 16 endereços disponíveis, utilizamos 12, sendo 10 de backbone

e 2 de borda, que fazem conexão com os domínios LAN. Os 10 roteadores que compõem o backbone serão conectados de forma que as rotas sejam redundantes. A redundância é essencial para garantir a continuidade do serviço em caso de falha em algum dos roteadores presentes no backbone. A conexão entre os roteadores é feita por meio de cabos de fibra ótica no padrão OC-192.

## B. Topologia

No modelo proposto, existe uma WAN capaz de interconectar dois domínios LAN. Cada domínio LAN contém 5 sub-redes, sendo uma delas provedora de serviços - contendo servidores HTTP, DNS e SMTP.

## C. Endereçamento

Utilizando um domínio de classe C, podem ser endereçados até 30 hosts por sub-rede - sendo cinco delas, necessitamos de uma máscara de 3 bits para seu endereçamento. Nossa máscara de rede, portanto, torna-se /21, e cada sub rede, /24.

Roteador	Endereço	Tipo	Alvo
1	193.1.17.0	Borda	LAN A
2	193.1.18.0	Backbone	
3	193.1.19.0	Backbone	
4	193.1.20.0	Backbone	
5	193.1.21.0	Backbone	
6	193.1.22.0	Backbone	
7	193.1.23.0	Backbone	
8	193.1.24.0	Backbone	
9	193.1.25.0	Backbone	
10	193.1.26.0	Backbone	
11	193.1.27.0	Backbone	
12	193.1.28.0	Borda	LAN B
13	193.1.29.0	—	
14	193.1.30.0	—	
15	193.1.31.0	—	

## D. Domínio LAN A: 193.1.17.0/27

A sub-rede 1 é alocada para os serviços que a rede oferece, de 2 a 6 foram dedicadas para acesso via LAN Ethernet. A sub-rede 7 não é utilizada, visando um futuro crescimento da rede - tanto para mais dispositivos se conectarem via wi-fi quanto para um aumento de redes LAN Ethernet. Finalmente, a sub-rede 8 fica designada para providenciar acesso wi-fi para hosts móveis.

A conexão do domínio WAN ao domínio LAN é feita por um cabo de fibra ótica no padrão OC-192, a conexão do roteador aos switches é feita por cabos Ethernet Cat 6, a conexão dos switches as demais conexões cabeadas são feitas por cabos Ethernet Cat 6, as conexões sem fio são feitas por ondas de rádio

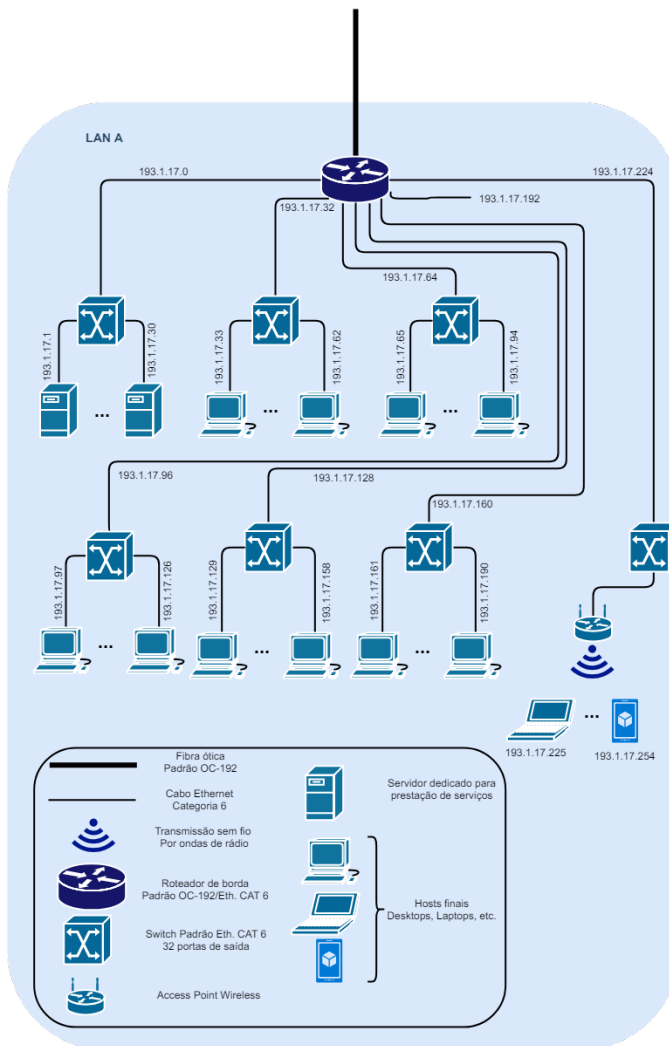


Figura 2. Topologia do domínio LAN A.

ID	Endereço IP	Hosts	Utilização
1	193.1.17.0	1 a 30	Serviços
2	193.1.17.32	33 a 62	LAN Ethernet
3	193.1.17.64	65 a 94	LAN Ethernet
4	193.1.17.96	97 a 126	LAN Ethernet
5	193.1.17.128	129 a 158	LAN Ethernet
6	193.1.17.160	161 a 190	LAN Ethernet
7	193.1.17.192	193 a 222	-
8	193.1.17.224	225 a 254	Wi-fi

1) *Sub-rede 1:* A sub-rede 1 é alocada para os serviços fornecidos, que devem ser acessados por todos os usuários da rede. A divisão dos endereços IP é feita da seguinte forma:

- Primeiro endereço: endereço da sub-rede;
- Segundo endereço: serviço 1;
- Terceiro endereço: serviço 2;
- Quarto endereço: serviço 3;
- Quinto ao penúltimo endereço: Serviços restantes/ocioso;
- Último endereço: endereço de broadcast da sub-rede.

Como temos apenas 3 serviços implementados, temos vários

endereços ociosos, mas no caso de uma implementação futura de novos serviços, esses endereços ociosos podem ser utilizados.

Tipo	Endereço IP
Endereço da sub-rede	193.1.17.0
Serviço 1	193.1.17.1
Serviço 2	193.1.17.2
Serviço 3	193.1.17.3
Ocioso	193.1.17.(4..30)
Broadcast	193.1.17.31

2) *Sub-redes 2 a 6*: Essas sub-redes são alocadas para a conexão LAN, cabeada dos hosts. Será exemplificada apenas a sub-rede 2, pois o modelo é o mesmo para todas as sub-redes: o 1º endereço é o endereço da sub-rede, do 2º ao penúltimo são hosts, o último é o endereço de broadcast da sub-rede.

- Primeiro endereço: endereço da sub-rede;
- Segundo ao penúltimo endereço: hosts;
- Último endereço: endereço de broadcast da sub-rede.

Tipo	Endereço IP
Endereço da sub-rede	193.1.17.32
Hosts	193.1.17.(33..62)
Broadcast	193.1.17.63

3) *Sub-rede 8*: Essa sub-rede, segue a mesma organização das sub-redes 2 a 6, mas a conexão é feita por wi-fi, ao contrário das outras, cabeadas.

- Primeiro endereço: endereço da sub-rede;
- Segundo ao penúltimo endereço: hosts;
- Último endereço: endereço de broadcast da sub-rede.

Tipo	Endereço IP
Endereço da sub-rede	193.1.17.224
Hosts	193.1.17.(225..254)
Broadcast	193.1.17.255

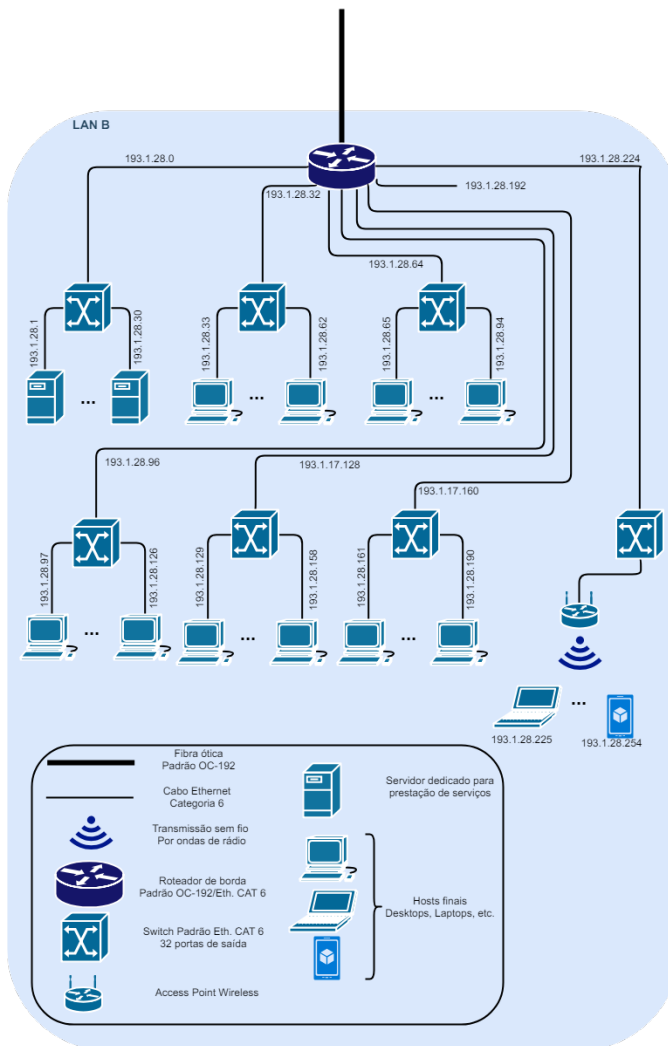


Figura 3. Topologia do domínio LAN B.

#### E. Domínio LAN B: 193.1.28.0/27

As mesmas especificações da Rede A são utilizadas na Rede B, com a alteração do terceiro octeto de 17 para 28 (193.1.17.0 -> 193.1.28.0).

ID	Endereço IP	Hosts	Utilização
1	193.1.28.0	1 a 30	Serviços
2	193.1.28.32	33 a 62	LAN Ethernet
3	193.1.28.64	65 a 94	LAN Ethernet
4	193.1.28.96	97 a 126	LAN Ethernet
5	193.1.28.128	129 a 158	LAN Ethernet
6	193.1.28.160	161 a 190	LAN Ethernet
7	193.1.28.192	193 a 222	-
8	193.1.28.224	225 a 254	Wi-fi

#### IV. DETALHAMENTO FÍSICO DE EQUIPAMENTOS

##### A. Cabeamento

###### • Domínio WAN:

- **Roteador Backbone ↔ Roteador Backbone:** Fibra Ótica, padrão OC-192, já que necessitam suportar um grande tráfego de dados.

###### - **Roteador de Borda ↔ Roteador Backbone:**

Fibra Ótica, padrão OC-192, também necessita suportar um grande tráfego de dados.

###### • Domínio LAN:

- **Roteador de Borda ↔ Switches:** Ethernet Cat 6 - Considera que os switches agregam o tráfego de cada um dos hosts e, no caso da sub rede 1, dos serviços. O uso de cabos com blindagem eletromagnética pode ser interessante nesse caso, dada a distância do roteador e o local por onde os cabos passarão.
- **Switch 1 ↔ Serviços:** Ethernet Cat 6 - Garante uma comunicação satisfatória dos serviços com a internet.
- **Switches ↔ Computadores:** Ethernet Cat 6 - Poderia utilizar cabos Cat 5, porém, pensando em uma perspectiva de negócios, a compra massiva de cabos Cat 6 permitem a negociação de um menor preço e garantem um melhor future-proofing no médio prazo.
- **Switch ↔ Wireless router:** Ethernet Cat 6 - Mesma justificativa dos switches.

- **LAN ↔ WAN:**

- **Roteador de Borda ↔ Roteador de Borda:** Fibra Ótica - Leva em consideração o número de usuários (aprox. 150, no total) mais os três serviços fornecidos, portanto necessita de um throughput > 100MBps.

## V. ANÁLISE DE RESULTADOS

Com todos seus elementos propriamente descritos e especificados, a rede modelo pode então ser montada:

- Uma WAN, concebida por switches interligados por cabos Cat 6, comunicando-se por packet switching, tem IP 193.1.16.0/20.
- Seus dois switches de borda (193.1.17.0 e 193.1.28.0), roteados via OSPF, são interfaces para Rede A (LAN 193.1.17.0/27) e Rede B (LAN 193.1.28.0/27), respectivamente.
- Internamente, as LANs são cabeadas utilizando cabos Cat 6, e seus switches utilizam OSPF para endereçar a AS construída.

Dessa forma, temos que cada subrede de serviços fica acessível, não só para a rede interna, como também para a rede alheia, via WAN.

## VI. CONCLUSÃO

A etapa final para confirmar a funcionalidade rede proposta consiste em implementá-la em um simulador - todo o estudo feito até então indica uma estrutura robusta, e funcional. Para a segunda etapa do processo, este modelo será implementado utilizando o *network simulator 3* (ns3), e será feita uma análise de seu comportamento.

## REFERÊNCIAS

- [1] J. Postel, "Internet Protocol," Internet Engineering Task Force, RFC 0791, Sep. 1981. [Online]. Available: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc791.txt>
- [2] G. Meyer, "Protocol analysis for extensions to rip to support demand circuits," Internet Requests for Comments, RFC Editor, RFC 1581, February 1994. [Online]. Available: <https://www.rfc-editor.org/rfc/rfc1581.txt>
- [3] J. Mogul and J. Postel, "Internet standard subnetting procedure," Internet Requests for Comments, RFC Editor, RFC 0950, aug 1985. [Online]. Available: <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc950.txt>
- [4] "Ieee standard for ethernet," *IEEE Std 802.3-2015 (Revision of IEEE Std 802.3-2012)*, pp. 1–4017, March 2016.
- [5] "Ieee standard for information technology–telecommunications and information exchange between systems local and metropolitan area networks–specific requirements - part 11: Wireless lan medium access control (mac) and physical layer (phy) specifications," *IEEE Std 802.11-2016 (Revision of IEEE Std 802.11-2012)*, pp. 1–3534, Dec 2016.
- [6] J. F. Kurose and K. W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach*, 6th ed. Pearson, 2012.
- [7] J. McQuillan, I. Richer, and E. Rosen, "The new routing algorithm for the arpanet," *IEEE transactions on communications*, vol. 28, no. 5, pp. 711–719, 1980.

## APÊNDICE

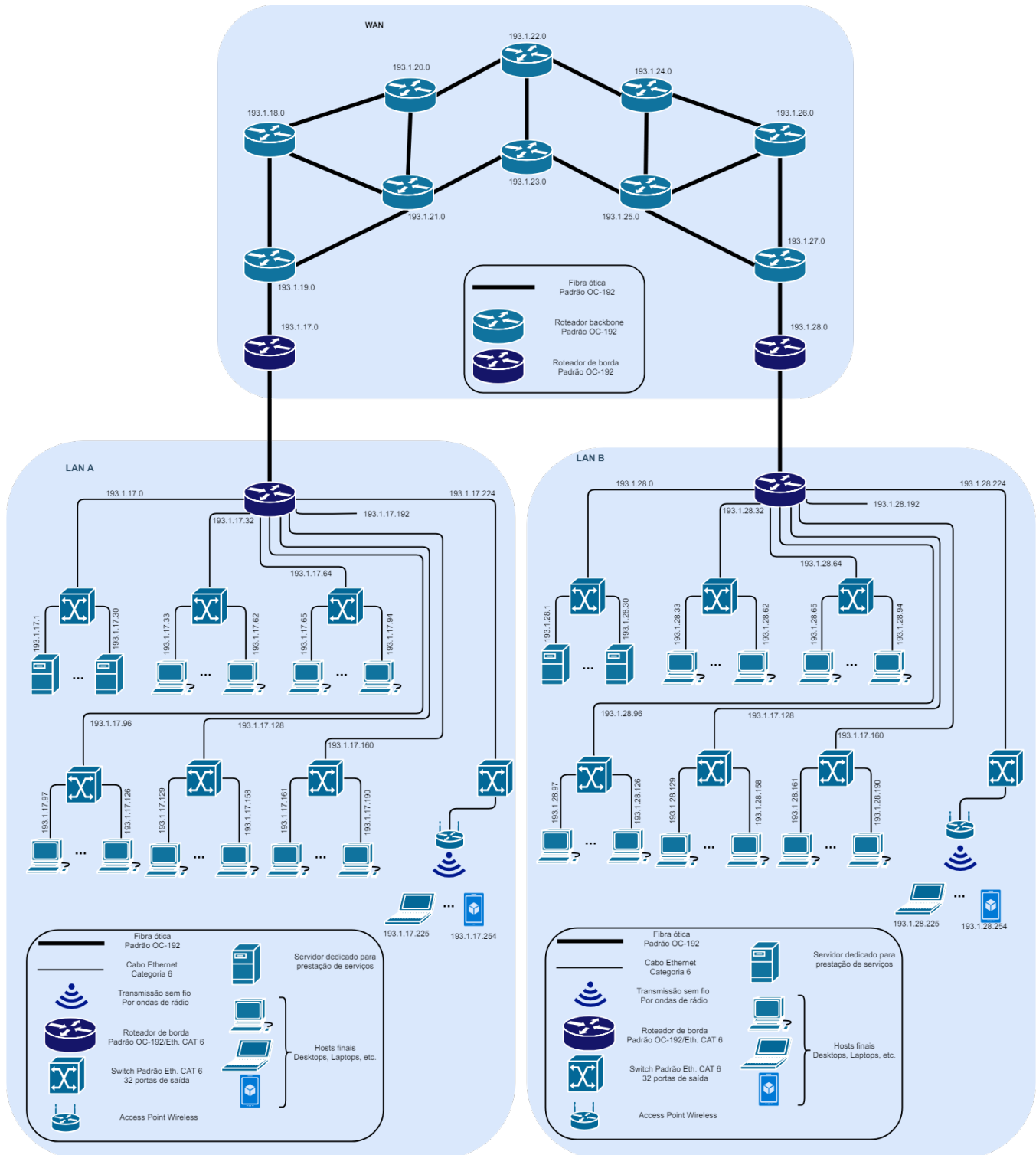


Figura 4. Topologia da rede.



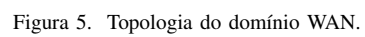


Figura 5. Topologia do domínio WAN.

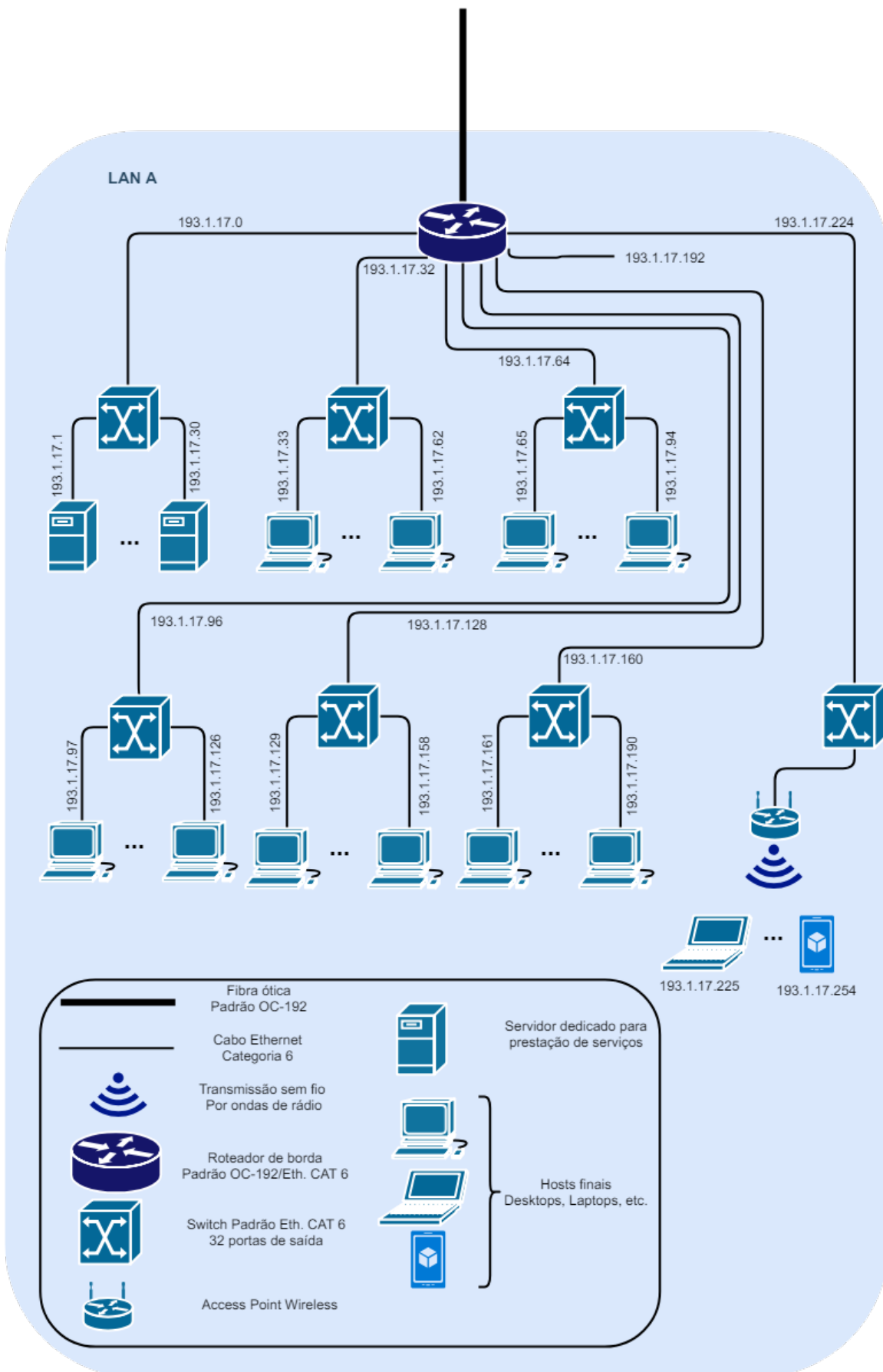


Figura 6. Topologia do domínio LAN A.



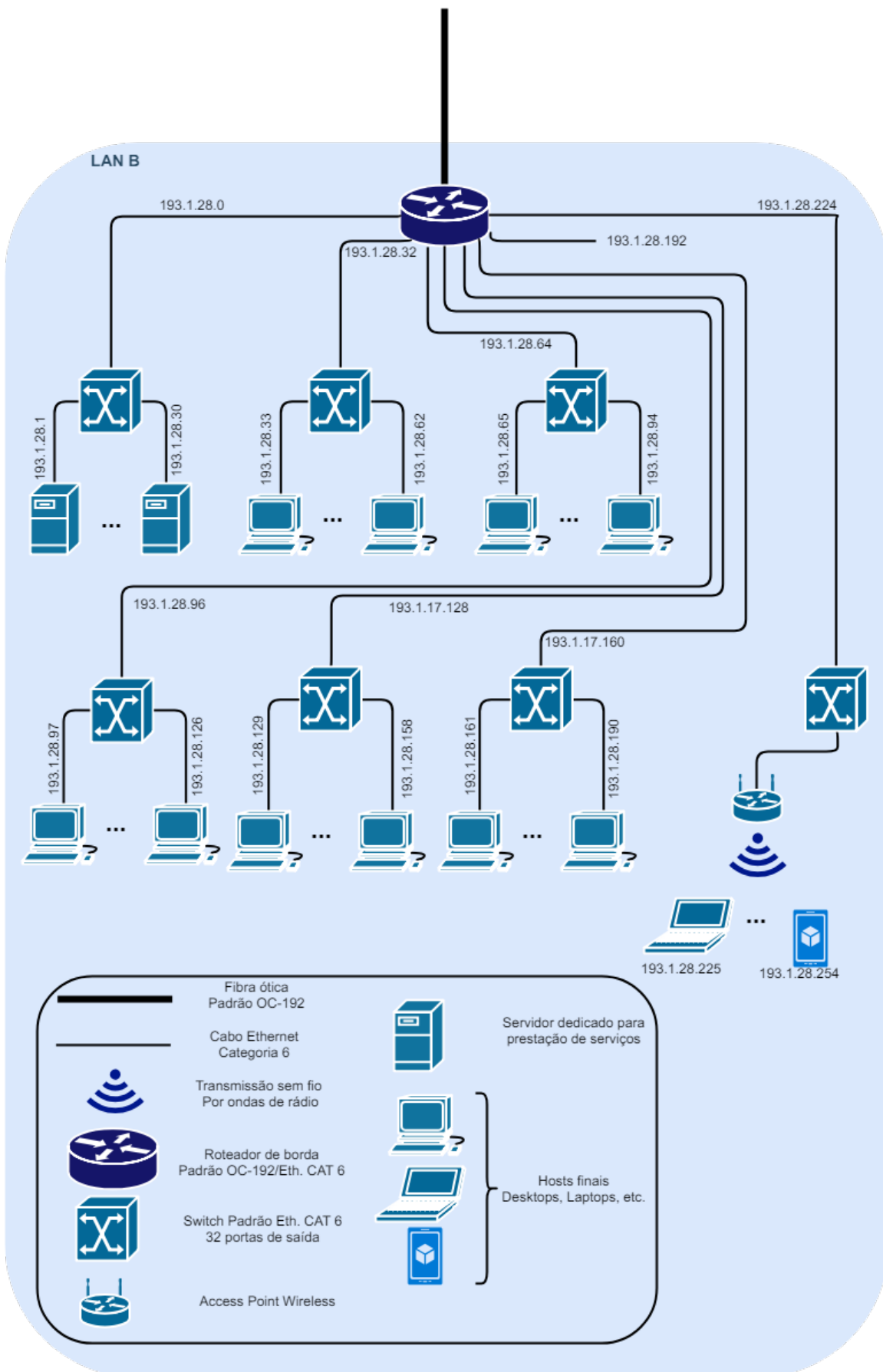


Figura 7. Topologia do domínio LAN B.