

# Redes de Computadores I

## Aula 07 - Roteamento – Parte I

# Apresentação

---

Na disciplina de Sistemas de Conectividade você aprendeu como duas máquinas que utilizam o protocolo IP, e estão em uma mesma rede, se comunicam. Você estudou também que o protocolo IP utiliza comutação de pacotes e viu, rapidamente, que a comunicação entre máquinas que estão em redes diferentes requer o reencaminhamento dos pacotes através dos roteadores, em um processo que se chama roteamento. Nesta aula, você estudará o processo de roteamento em detalhes e aprenderá o que são tabelas de roteamento e como elas são criadas e utilizadas.



## **Vídeo 01** - Apresentação

Após essa aula você será capaz de:

- Identificar os parâmetros necessários para configuração de uma máquina em uma rede TCP/IP.
- Identificar as etapas que ocorrem durante a comunicação entre duas máquinas que estão em redes diferentes.
- Identificar a estrutura de uma tabela de rotas.
- Identificar o procedimento realizado pelos roteadores para encaminhar os pacotes.

# Roteamento

---

Para compreendermos o funcionamento da internet, uma questão fundamental é entender a forma como os pacotes são encaminhados da origem até o destino, pois as máquinas se comunicando podem estar em redes distintas que são interligadas por outras redes. Esse processo, que é chamado roteamento de pacotes, é baseado em tabelas que são configuradas dentro dos roteadores. Estas tabelas podem ser configuradas de forma estática pelo administrador de redes, quando elas raramente se modificam, ou criadas dinamicamente através de programas que são executados em todos os roteadores da rede. A tabela é utilizada para cada pacote que chega ao roteador.

Veja aqui uma analogia ao problema do roteamento



**Vídeo 02** - Roteamento

Quando falamos de roteamento, naturalmente pensamos logo em roteadores, mas lembre-se que também precisamos entender como a camada de rede trabalha nas máquinas, ou seja, o que ela faz quando recebe um quadro da camada de transporte (máquina de origem) para ser enviado, e quando recebe um quadro da camada de enlace (máquina de destino).

## Tabela de Roteamento

---

A tabela de roteamento funciona como um mapa que guia os roteadores para acharem a rede de destino. Na verdade, cada roteador isoladamente não precisa conhecer o caminho completo até cada rede de destino, basta que ele conheça o próximo roteador nesse caminho. Desse modo, os principais campos de uma tabela de roteamento são: endereço IP e uma máscara de rede (que juntos identificam a

rede de destino), o endereço IP do próximo roteador no caminho para essa rede (chamado de gateway) e a interface por onde enviar os pacotes para atingir o gateway. Cada linha na tabela é chamada de uma rota.

Além das rotas para outras redes, a tabela de roteamento contém informações a respeito das redes as quais o roteador está diretamente ligado. A diferença é que essas rotas não possuem gateway, pois os pacotes podem ser enviados diretamente para o destino. A forma de dizer que não existe um gateway é preencher o valor dessa coluna com a identificação da interface que está ligada à rede ou com o endereço IP 0.0.0.0.

Embora estejamos falando de tabela de roteamento para roteadores, na verdade, qualquer equipamento IP tem uma tabela de roteamento, o que inclui as máquinas dos usuários. A diferença é que os roteadores encaminham pacotes que eles recebem, mas não foram gerados por eles, enquanto as máquinas usam a tabela apenas para enviar pacotes gerados por elas mesmas.

Para redes pequenas e médias as tabelas de roteamento podem ser criadas manualmente pelo administrador da rede, pois ele conhece a topologia da rede e sabe como todas elas estão interligadas. Para redes grandes, normalmente é mais interessante utilizar um *software* que constrói a tabela automaticamente. Esse *software* é executado em cada roteador e faz com que eles troquem informações a respeito das redes as quais estão conectados. Com essas informações o próprio roteador é capaz de criar sua tabela sozinho.

## Rota Padrão

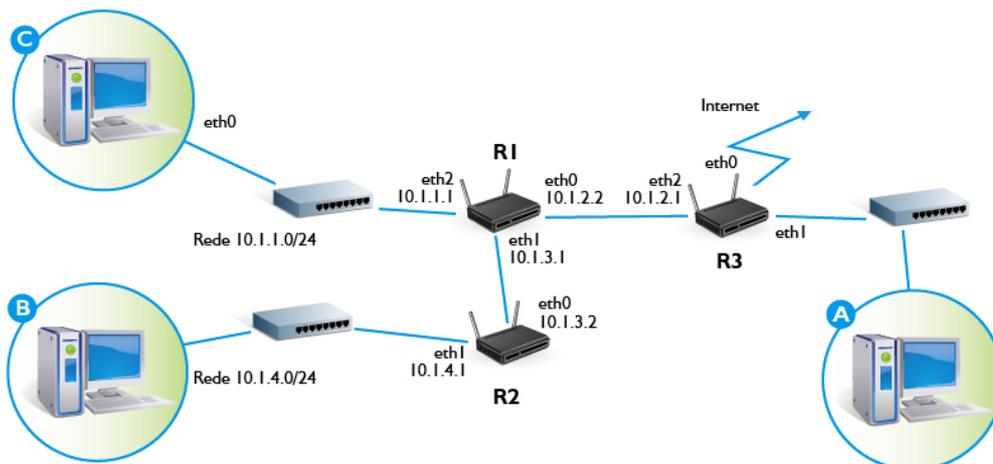
---

Lembre-se que um roteador precisa ser capaz de encaminhar pacotes para qualquer rede na internet. Desse modo, precisaria existir uma linha (entrada) na tabela de roteamento de cada roteador para cada rede existente na internet. Isso evidentemente é impossível! Para evitar essa situação criou-se o conceito de rota padrão, que é uma rota que será utilizada quando não existir nenhuma rota na tabela de roteamento específica para a rede de destino do pacote. Essa rota

especifica o IP do gateway que deve ser utilizado para esses casos e a interface por onde o gateway é alcançado. Os campos *endereço de destino* e *máscara* são preenchidos com 0.0.0.0.

Dada a rede da **Figura 1**, a tabela de roteamento da máquina C e a do roteador R1 são mostradas a seguir. As outras tabelas de roteamento serão mostradas mais adiante, nesta aula.

**Figura 01** - Rede exemplo para tabelas de roteamento



IP	Máscara	Gateway	Interface
10.1.1.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.1.1	Eth0

Tabela de roteamento da máquina C

IP	Máscara	Gateway	Interface
10.1.2.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth0
10.1.3.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth1
10.1.1.0	255.255.255.0	0.0.0.0	Eth2

IP	Máscara	Gateway	Interface
10.1.4.0	255.255.255.0	10.1.3.2	Eth1
0.0.0.0	0.0.0.0	10.1.2.1	Eth0

Tabela de roteamento do roteador R1

Observe na tabela de roteamento de R1 que mesmo usando a rota padrão deve ser cadastrada uma rota para a rede 10.1.4.0 / 24, pois o caminho para esta rede é através de R2, e não de R3 que é a rota padrão de R1.

Quando você for configurar a tabela de roteamento de cada roteador de uma dada empresa, quais rotas você deve colocar? Uma boa forma é seguir esses dois passos:

- Identificar qual é o próximo roteador no caminho até o roteador que conecta a rede da empresa à internet, e então cadastrar esse roteador na rota padrão (Linha 5 da tabela do roteador R1 da **Figura 1**).
- Depois coloque uma entrada na tabela para cada uma das outras redes da empresa cujo próximo roteador no caminho para ela é diferente do roteador padrão. Esse "próximo roteador" é o que deve ser usado na coluna Gateway para essa rota (Linha 4 da tabela do roteador R1 da **Figura 1**).

Evidentemente, além das rotas citadas acima, a tabela conterà rotas para as redes em que o roteador está diretamente conectado, e lembre-se que essas rotas não possuem gateway. Além disso, saiba que você não precisa cadastrar essas rotas, pois isso é feito automaticamente quando você define os endereços IPs das placas de rede (Rotas das linhas 1,2 e 3 da tabela do roteador R1 da **Figura 1**).

# Atividade 01

---

1. Através de qual coluna da tabela de roteamento é possível saber se uma rota de uma rede está diretamente conectada ao roteador? Qual será o valor dessa coluna?

## Consultando a Tabela de Roteamento

---

Dissemos que a tabela de roteamento é utilizada para determinar como encaminhar cada pacote. Mas como ela é realmente utilizada? A ideia é simples, para cada pacote o roteador percorre a tabela, da primeira até a última linha, e verifica se o endereço de destino pertence à rede indicada naquela rota. Essa verificação é feita aplicando-se a máscara de rede daquela linha da tabela ao endereço IP de destino do pacote (fazendo um AND binário entre os dois valores) e comparando se o resultado é igual ao valor da coluna IP. Caso esse teste seja verdadeiro, o pacote é enviado para o roteador indicado na coluna gateway. Quando a coluna gateway possui 0.0.0.0 é porque o destino faz parte de uma rede ligada ao roteador e o pacote deve ser entregue diretamente. Você verá como isso acontece em detalhes ainda nesta aula. Observe que o teste sempre será verdadeiro para a linha da rota padrão, pois a aplicação da máscara 0.0.0.0 em qualquer endereço IP terá como resultado 0.0.0.0 (pois se trata de um AND binário). Desse modo, se não houver nenhuma rota para a rede de destino do pacote ele será encaminhado pela rota padrão.

Como exemplo, imagine que o roteador R1 da **Figura 1** recebe um pacote IP com endereço de destino 10.1.4.2, que pertence à rede 10.1.4.0/24. Ele aplica a máscara da primeira linha da tabela (255.255.255.0) ao endereço de destino (10.1.4.2) e obtém como resultado 10.1.4.0. Ao comparar esse valor com a coluna IP dessa linha (10.1.2.0) o teste é falso, pois são diferentes. Repete o processo para os valores da segunda linha. Ao aplicar a máscara daquela linha (255.255.255.0) obtém 10.1.4.0 que é diferente de 10.1.3.0. O processo se repete até que na linha 4, ao aplicar a máscara (255.255.255.0) e obter 10.1.4.0, ele verifique que esse valor é o

mesmo da coluna IP daquela linha. O pacote é então encaminhado através da interface eth1 do roteador R1 para o roteador com IP 10.1.3.2 (roteador R2). Evidentemente, o processo se encerra e as demais linhas não são mais analisadas.

Veja aqui a explicação, em vídeo, sobre a rota padrão e sobre esse exemplo de como a tabela de rotas é utilizada



**Vídeo 03** - Tabela de Rotas

## Atividade 02

---

1. Se na tabela de roteamento não existir uma rota padrão, a máquina conseguirá se comunicar com outras máquinas de sua mesma rede?

## Configuração IP de uma Máquina

---

Na disciplina de Sistemas de Conectividade você aprendeu que para uma máquina conseguir utilizar a rede ela precisa ter as seguintes informações:

- O endereço IP da máquina.
- A máscara de rede.
- A rota padrão.
- O endereço IP do servidor de DNS (responsável por traduzir os nomes das máquinas, como `www.ufrn.br`, para seu endereço IP).

Também na disciplina de Sistemas de Conectividade você estudou para que servem o endereço IP e a máscara de rede. Agora você também já sabe para que serve a rota padrão (ou rota default). Em outro momento, você estudará o DNS.

Como você já aprendeu a configurar o endereço IP e a máscara de rede, iremos agora aprender como configurar as rotas de uma tabela de roteamento.

Lembre-se que em uma máquina a tabela de roteamento normalmente inclui apenas a rota padrão. Além disso, do mesmo modo que as rotas para as redes diretamente conectadas são adicionadas automaticamente quando você configura o endereço IP da máquina, a rota padrão também é configurada quando você informa quem é o gateway da sua máquina. Portanto, os comandos para manipulação da tabela de roteamento são utilizados principalmente nos roteadores.

## Configuração das Rotas

---

Para inserir uma rota na tabela de roteamento de uma máquina (ou roteador) Linux, utiliza-se o comando a seguir:

```
1 # routeadd -net X.X.X.X netmask Y.Y.Y.Y gw Z.Z.Z.Z
```

Onde, X.X.X.X e Y.Y.Y.Y são, respectivamente, o endereço de rede e a máscara da rede de destino para a qual se deseja criar a rota, e Z.Z.Z.Z é o endereço IP do próximo roteador no caminho para essa rede. Para excluir a rota utiliza-se o mesmo comando, apenas trocando a palavra *add* por *del*.

A rota padrão pode ser configurada com o comando acima, colocando-se 0.0.0.0 em X.X.X.X e em Y.Y.Y.Y, ou de uma forma mais resumida, através do comando a seguir, onde Z.Z.Z.Z tem o mesmo significado que tinha no comando anterior.

```
1 # route add default gw Z.Z.Z.Z
```

Para excluir a rota default utiliza-se o mesmo comando, apenas trocando a palavra *add* por *del*.

Observe (pelo #) que os comandos devem ser executados pelo usuário *root*.



## Vídeo 04 - Roteamento IP

### Atividade 03

---

1. Qual o comando no Linux para configurar uma rota para a rede 200.1.4.0, que possui máscara 255.255.255.0, se o próximo roteador no caminho para essa rede for o roteador com IP 50.5.5.5?

### Analizando o Roteamento em Detalhes

---

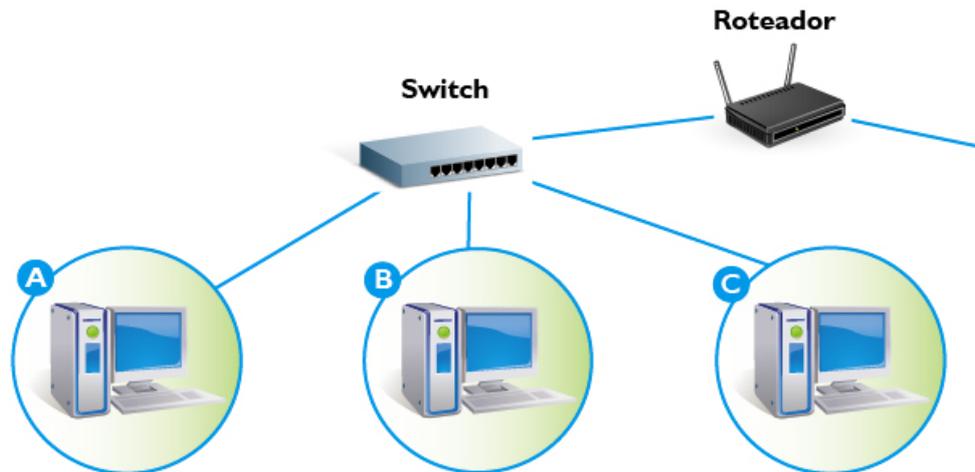
Nosso objetivo é entender como os pacotes são encaminhados entre duas máquinas. Existem, portanto, três cenários possíveis dependendo da localização de cada uma das máquinas, que são: i) Máquinas na mesma rede. ii) Máquinas em redes diferentes, mas ligadas ao mesmo roteador. iii) Máquinas em redes diferentes, ligadas através de outras redes.

Para nossos exemplos vamos sempre assumir que as redes são todas Ethernet, para simplificar o texto. Caso a rede fosse de outra tecnologia, como 802.11, por exemplo, os quadros criados na camada de enlace seriam, evidentemente, dessa outra tecnologia.

#### **Cenário 1:** Máquinas na mesma rede

Quando as máquinas de origem e destino estão na mesma rede, conforme mostrado na **Figura 2**, onde as máquinas estão interligadas através de um switch, a comunicação se dá de forma direta, ou seja, o roteador não é utilizado.

**Figura 02** - Comunicação entre máquinas de uma mesma rede



Os seguintes passos são realizados para duas máquinas desta rede se comunicarem:

- Na máquina de origem, quando o pacote é passado da camada de transporte para a camada de rede, ela acrescenta o cabeçalho IP e consulta sua tabela de roteamento, verificando, então, que o endereço IP de destino do pacote está localizado na sua mesma rede (como possui uma interface nesta rede, a rota na tabela de roteamento é uma rota direta – não possui gateway).
- A máquina origem traduz o endereço IP de destino para o MAC equivalente. Isso é feito através do ARP, como você já estudou. Portanto, caso o endereço IP não esteja na tabela ARP uma nova mensagem ARP é enviada.
- A máquina origem cria um quadro Ethernet, colocando como endereço MAC de destino o endereço obtido no passo anterior, e na parte de dados do quadro o pacote IP. O campo de tipo deste quadro Ethernet é preenchido com o código do *Protocolo* IP. Após isso, envia o quadro (utilizando o *Protocolo* de acesso ao meio do Ethernet – CSMA/CD).
- Quando a placa de rede da máquina destino recebe o quadro, ela verifica se o endereço MAC de destino é o seu. Como é o caso, ela recebe o quadro, retira o conteúdo da parte de dados (que é o pacote IP) e o passa para a camada de rede. Lembre-se que ela sabe que o conteúdo é um pacote IP por causa do campo de tipo do quadro Ethernet, que contém o código do *Protocolo* IP.

- A camada de rede da máquina destino analisa o pacote IP e verifica se o endereço IP de destino é igual ao seu endereço. Se for, ela repassa o conteúdo da parte de dados do pacote IP (*payload*) para o responsável pelo *Protocolo* indicado no campo *Protocolo* do pacote IP. Tipicamente será a camada de transporte (TCP ou a UDP) ou o ICMP. Se o endereço de destino não for o da própria máquina (normalmente isso não vai acontecer), ela descarta o pacote – pois essa máquina não está atuando como um roteador.

Normalmente, a máquina de destino vai enviar alguma informação de volta à máquina de origem (pense que a origem é você e o destino é um servidor web a quem você pediu uma página). Desse modo, todo o processo se repete, apenas invertendo as funções de quem é a origem e quem é o destino.

Veja aqui essa explicação em vídeo.

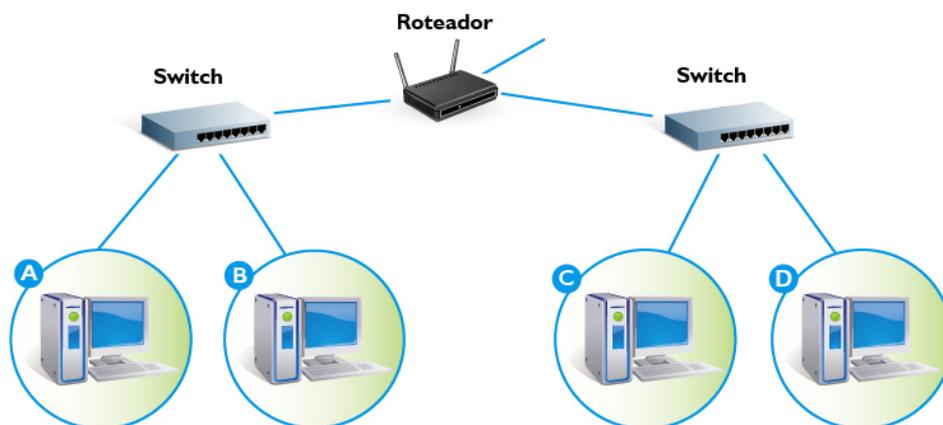


**Vídeo 05** - Explicação do Cenário 1

### **Cenário 2:** Máquinas em redes diferentes, mas ligadas ao mesmo roteador

Vamos agora discutir como ocorre a transmissão de pacotes quando existem duas redes interligadas por um mesmo roteador, conforme mostrado na **Figura 3**.

**Figura 03** - Roteamento entre duas redes vizinhas



Suponha que a máquina A está se comunicando com a máquina C. Como a tabela de roteamento de cada máquina possui apenas uma entrada para a rede a qual está ligada e a rota default (que aponta para o roteador), os seguintes passos são realizados:

- Na máquina de origem, quando o pacote é passado da camada de transporte para a camada de rede, ela acrescenta o cabeçalho IP e consulta sua tabela de roteamento. Ao fazer isso, verificará que o endereço IP de destino do pacote NÃO está localizado na sua mesma rede (pois NÃO possui uma interface nesta rede), de modo que deve utilizar a rota default para encaminhar o pacote. Para isso, lê-se o endereço IP indicado como gateway na rota default (vamos chamá-lo de IPgateway).
- Traduz o endereço IP IPgateway para o MAC equivalente. Isso é feito através do ARP, como você já estudou. Portanto, caso esse endereço IP não esteja na tabela ARP uma nova mensagem ARP é enviada.
- Cria um quadro Ethernet, colocando como endereço MAC de destino o endereço obtido no passo anterior, e na parte de dados do quadro o pacote IP. Após isso envia o quadro (utilizando o protocolo de acesso ao meio do Ethernet – CSMA/CD).
- Quando a placa de rede do roteador recebe o quadro, ela verifica se o endereço MAC de destino é o seu. Como é o caso, ela recebe o quadro, retira o conteúdo da parte de dados (que é o pacote IP) e o passa para a camada de rede.
- O roteador verifica se o pacote é para ele, ou seja, se o endereço de destino contido no pacote é um de seus endereços. Se for ele, repassa o conteúdo da parte de dados do pacote IP para a camada de transporte indicada no campo de protocolo do pacote IP, e o processo se encerra aqui. Isso acontece, por exemplo, quando você executa um ping para um roteador. Se o pacote não for para ele o processo continua no passo seguinte (passo 6).
- O roteador, então, reinicia o processo, como se ele mesmo tivesse gerado o pacote. Desse modo, consulta sua tabela de roteamento e verifica que o endereço IP de destino do pacote está localizado em uma das redes a qual está conectado (como o roteador possui uma interface nesta rede a rota na tabela de roteamento é uma rota direta – não possui gateway).

- Como o destino está na mesma rede do roteador ele pode enviar o quadro diretamente. Desse modo, traduz o endereço IP de destino do pacote para o MAC equivalente. Isso é feito por meio do ARP, como você já estudou. Portanto, caso o endereço IP não esteja na tabela ARP uma nova mensagem ARP é enviada.
- O roteador cria um quadro Ethernet, colocando como endereço MAC de destino o endereço obtido no passo anterior, e na parte de dados do quadro o pacote IP. Após isso envia o quadro (utilizando o protocolo de acesso ao meio do Ethernet – CSMA/CD) pela interface indicada na rota da tabela de roteamento. Veja que essa interface por onde o quadro é enviado será uma interface diferente da que ele foi recebido.
- Quando a placa de rede da máquina destino recebe o quadro, ela verifica se o endereço MAC de destino é o seu. Como é o caso, ela recebe o quadro, retira o conteúdo da parte de dados (que é o pacote IP) e o passa para a camada de rede
- A camada de rede da máquina destino analisa o pacote IP e verifica se o endereço IP de destino é igual ao seu endereço. Se for, ela repassa o conteúdo da parte de dados do pacote IP para a camada de indicada no campo de protocolo do pacote IP. Tipicamente será a camada de transporte TCP ou a UDP. Do mesmo modo que no cenário 1, quando o endereço de destino não for o da própria máquina (normalmente isso não vai acontecer) ela descarta o pacote – pois essa máquina não está atuando como um roteador.

Uma coisa importante que você deve observar é que o endereço de destino do pacote IP nunca é alterado. Os quadros são enviados para o roteador apenas colocando o endereço MAC do roteador no campo Ethernet de destino.

Embora os roteadores decrementem o valor do campo TTL (e descartem o pacote se o valor atingir zero), e recalculam o checksum, não vamos comentar essas questões aqui.

Veja aqui essa explicação em vídeo.



## Vídeo 06 - Explicação do Cenário 2

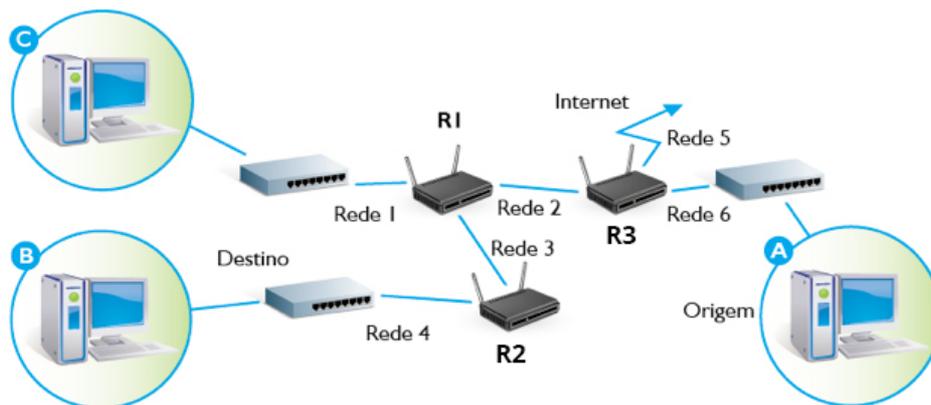
### Atividade 04

1. Quando uma máquina envia um pacote IP para outra que está em uma rede diferente, qual entrada é adicionada na sua tabela ARP?

#### Cenário 3: Máquinas em redes diferentes, ligadas através de outras redes

A situação mais complexa é quando as máquinas se comunicando estão em redes distantes umas das outras, ou que exista pela menos uma rede entre a rede de origem e a rede de destino. Nesse caso, os pacotes são encaminhados de roteador em roteador, até atingir a rede de destino. A **Figura 4** mostra redes interligadas de acordo com esse cenário.

**Figura 04** - Comunicação entre máquinas de redes diferentes que não são conectadas através de um mesmo roteador



Observe que R1 está conectado na internet. Isso significa que uma de suas placas de rede está ligada a um link que leva ao provedor de internet dessa empresa. Para filiais que estão ligadas à matriz de uma empresa e não possuem um

link direto com a internet, você deve considerar que o link para a matriz seria o equivalente a esse link de internet.

Diferentemente dos cenários 1 e 2 estudados anteriormente, onde os roteadores não precisavam ter a rota default, neste cenário todos os roteadores precisam ter esta rota configurada, pois a rede possui uma saída para a internet. Ou seja, se não tivermos a rota default, precisaríamos configurar rotas para todas as redes na internet!

---

Você deve ter observado que este é o mesmo cenário mostrado na **Figura 1**. Naquela parte da aula já explicamos sobre a questão das rotas nos roteadores dessa figura. Apenas lembrando rapidamente, veja que pelo fato da saída de internet estar no roteador R3, a rota default de todos os outros roteadores da rede, no caso R1 e R2, serão configuradas no sentido de apontar no caminho de R3. Como R1 está ligado diretamente a R3, sua rota default será R3 (o IP de R3 na rede 2). Para R2, devemos olhar quem é o próximo roteador no caminho até R3. Como esse roteador é R1, a rota default de R2 será R1 (o IP de R1 na rede3).

Os passos a serem seguidos nesse cenário são praticamente os mesmos do cenário anterior. Cada roteador executa os passos de 4 a 8, com apenas duas diferenças:

- Os passos 4, 5, 6, 7 e 8 são executados em cada roteador, mas enquanto os passos 4, 5 e 8 são executados exatamente como mostrado no exemplo anterior, os passos 6 e 7 só é executado daquele modo no roteador da rede de destino. Nos demais roteadores esses dois passos ainda seriam realizados, mas a rota obtida ao se consultar a tabela de roteamento seria diferente, conforme descrito no próximo item.
- Em todos os outros roteadores do caminho (com exceção do roteador da rede de destino), no passo 6 seria utilizada a rota default (ou uma rota específica para a rede de destino), pois o roteador não estaria ligado diretamente à rede onde a máquina de destino de encontra. Desse modo, o quadro é enviado para o endereço MAC equivalente ao IP que consta como gateway na rota utilizada, que é o IP do próximo roteador no caminho até a rede destino. No exemplo da **Figura 4**, quando a máquina A envia um pacote para B, a rota utilizada no passo 6 no Roteador R3 teria como

gateway Roteador R1, e a rota utilizada no passo 6 no Roteador R1 teria como gateway Roteador R2.

Observe que o endereço de um roteador que é colocado na coluna Gateway de um roteador vizinho é sempre o endereço IP da interface que interliga os dois roteadores.

Veja aqui essa explicação em vídeo.



**Vídeo 07** - Explicação do Cenário 3

## Algumas Questões sobre Roteamento

---

Se você observar, na explicação do funcionamento dos roteadores, dadas na seção anterior, só foram citadas funções das camadas 1 a 3, comprovando que, de fato, os roteadores só precisam dessas camadas para desempenhar sua tarefa. Embora não tenhamos falado explicitamente nada sobre a camada física nas explicações, você sabe que ela é a responsável por enviar os quadros da camada de enlace, como é o caso dos quadros Ethernet citados.

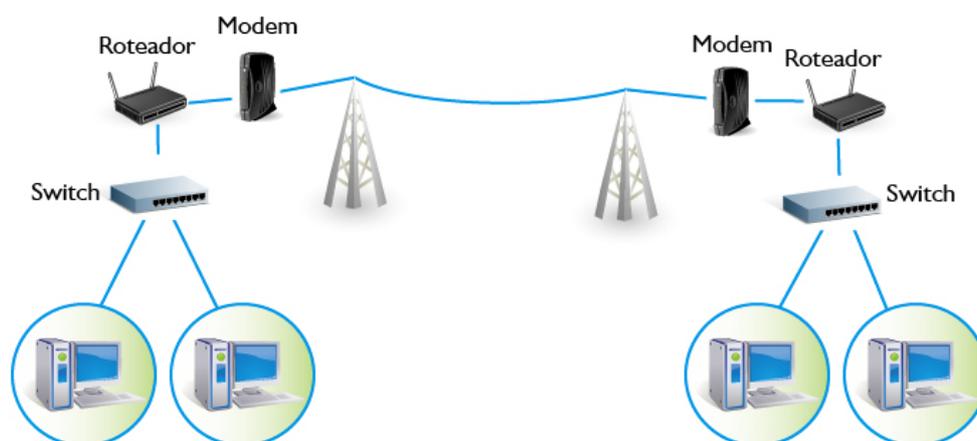
### Uma nota sobre roteadores

Saiba que um roteador pode ser qualquer equipamento que tenha duas (ou mais) interfaces de rede e implemente as funções de roteamento da camada de rede. Portanto, é muito comum a utilização de computadores atuando como roteadores para separar redes dentro das empresas. Existem também switches que implementam a função de roteamento e são conhecidos como switches de nível 3. Na verdade, esses switches são a forma mais indicada para separar as

redes internas das empresas, mas os computadores têm a vantagem principal de serem mais baratos. Os roteadores (*hardware* específico para essa finalidade) são mais utilizados para interligar redes entre empresas (ou matriz e filiais).

Embora dentro de uma empresa a ligação entre roteadores normalmente seja feita através de enlaces Ethernet, como foi o caso do exemplo que mostramos, quando os roteadores ligam prédios diferentes (como, por exemplo: matriz e filial, ou duas empresas diferentes), normalmente será utilizado outro tipo de ligação. Em muitos desses casos o link (meio físico) será contratado de uma operadora, podendo ser necessária a utilização de modems para fazer a interligação. Teríamos um cenário como o mostrado na **Figura 5**.

**Figura 05** - Interligação de roteadores com modems



Lembre-se, contudo, que o modem é um equipamento que trabalha no nível físico, portanto, ele não altera o processo como o roteamento ocorre. No link entre os roteadores seria utilizado um protocolo de enlace como o PPP, ou o HDLC, por exemplo, mas toda a lógica de utilização das tabelas de roteamento seria a mesma.



**Vídeo 08** - Prática

# Resumo

---

Nesta aula, você aprendeu como os roteadores conseguem encaminhar os pacotes entre redes diferentes. Você viu que para realizar essa tarefa cada roteador possui uma tabela de roteamento, que serve para indicar qual é o próximo roteador no caminho até o destino. Você viu, também, que cada linha da tabela de roteamento é uma rota, e aprendeu o procedimento para determinar qual rota deve ser utilizada no encaminhamento de um pacote. Aprendeu comandos para manipular uma tabela de rotas e analisou detalhadamente todos os passos envolvidos durante a transmissão de um pacote de uma máquina para outra que se encontra em uma rede diferente.

## Autoavaliação

---

1. Qual o campo do pacote IP é utilizado pelos roteadores para decidir para onde enviar o pacote?
2. Máquinas de usuários também têm uma tabela de rotas?
3. Explique para que serve a rota padrão.
4. A coluna interface de uma tabela de rotas se refere a uma interface do próprio roteador ou a uma interface do roteador vizinho?

## Referências

---

FOROUZAN, B. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 4. New York: McGraw-Hill Interamericana, 2008.

KUROSE, J.; ROSS, K. **Redes de computadores e a internet**. 5. ed. São Paulo: Addison Wesley, 2010.

WETHERALL, D; TANENBAUM, A, S. **Redes de computadores**. 5. ed. Rio de Janeiro: Editora Pearson Education, 2011.

