

Redes de Computadores I

Aula 08 - Roteamento – Parte II

Apresentação

Na aula passada, você aprendeu que a ligação entre duas redes é feita utilizando equipamentos chamados de roteadores, e viu que eles utilizam tabelas de roteamento para decidirem para onde devem reencaminhar os pacotes. Nesta aula, concluiremos nosso estudo sobre roteamento analisando três outras questões importantes sobre roteamento. A primeira é analisar o roteamento dentro de uma empresa quando se utiliza VLANs. A segunda é como agrupar rotas para reduzir o tamanho das tabelas de roteamento.



Vídeo 01 - Apresentação

Objetivos

Após esta aula, você será capaz de:

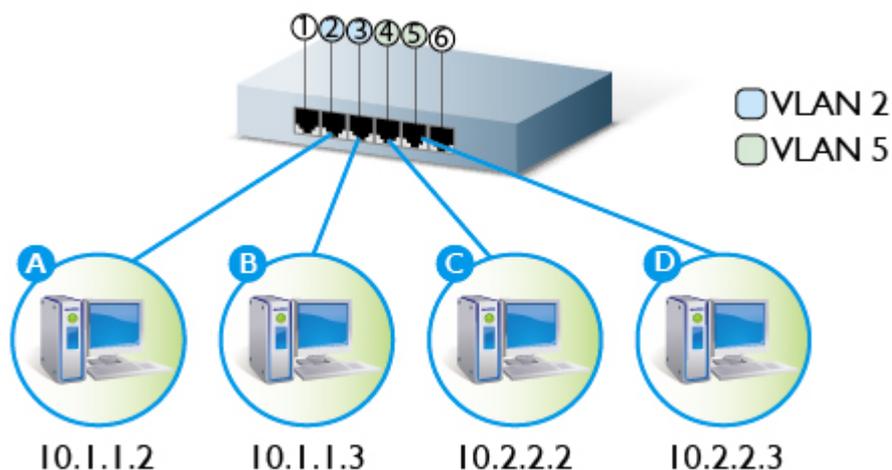
- Entender o que é um switch nível 3 e como ele realiza o roteamento entre VLANs.
- Utilizar o conceito de supernets para reduzir o tamanho das tabelas de roteamento.
- Ativar roteamento em uma máquina Linux com várias interfaces de rede.

Roteamento entre VLANs

Na disciplina de Sistemas de Conectividade, você aprendeu que a maioria dos switches utilizados atualmente suporta uma característica chamada de VLANs, através das quais é possível separar as portas de um switch em grupos, como se fossem switches isolados, de modo que as máquinas de um grupo não conseguem se comunicar com as de outro grupo.

A Figura 1 mostra esse cenário, no qual um switch foi dividido em duas VLANs (VLAN 2 e VLAN 5). Assumindo que todas as máquinas utilizam máscara de classe C, ou seja, 255.255.255.0, vemos que as máquinas A e B, que pertencem a VLAN 2, são da rede 10.1.1.0/24, e as máquinas C e D, que pertencem a a VLAN 5, são da rede 10.2.2.0/24.

Figura 01 - Utilização de VLANs para criar duas redes



Normalmente, embora se separem as máquinas em mais de uma rede, se deseja que essas redes consigam se comunicar. No nosso exemplo, queremos que as máquinas da VLAN 2 consigam se comunicar com as máquinas da VLAN 5.

A seguir, iremos estudar três formas de resolver esse problema.

Atividade 01

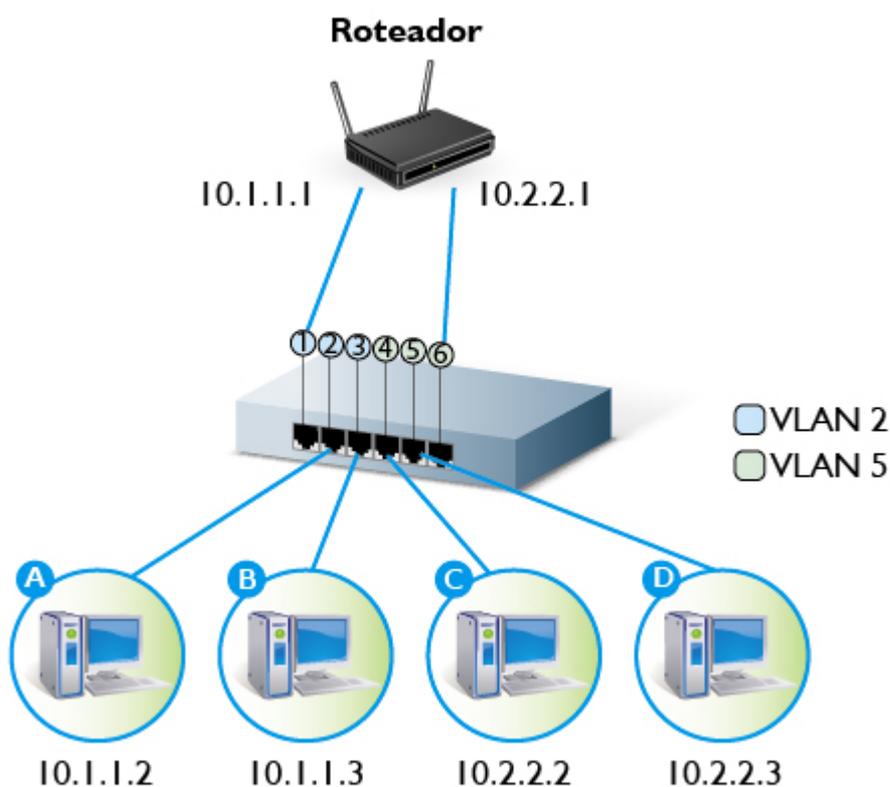
1. Se o endereço IP da máquina C da Figura 1 fosse alterado para 10.1.1.4/24, ela conseguiria se comunicar com a máquina A?

Roteador com Várias Placas de Rede [1.1]

A primeira solução para nosso problema consiste simplesmente em utilizar um roteador com duas placas de rede para interligar as redes. Não importa que as duas redes estejam no mesmo switch. Deve-se apenas ligar uma placa do roteador em cada rede.

No nosso caso, devemos então ligar uma placa do roteador em uma porta do switch que pertença à VLAN 2, e a outra placa de rede do roteador em uma porta do switch que pertença à VLAN 5, conforme mostrado na Figura 2.

Figura 02 - Roteamento entre VLANs utilizando um roteador

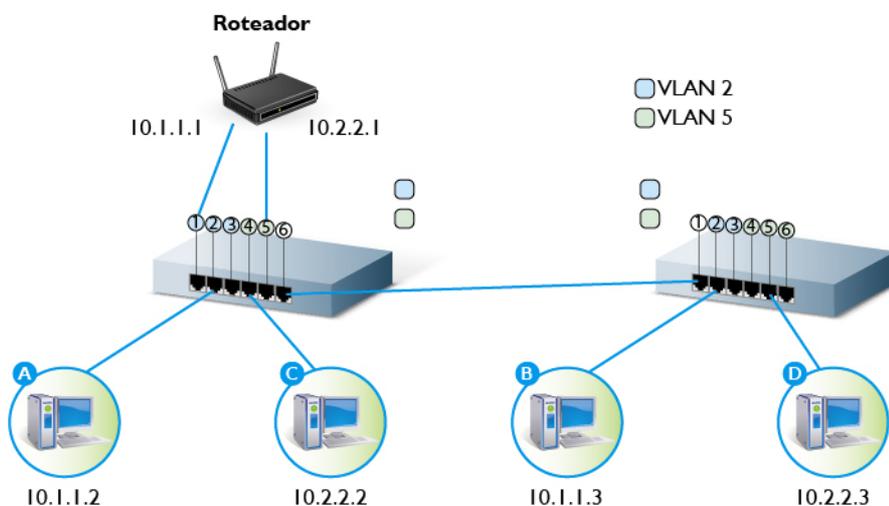


A rota padrão das máquinas de cada rede aponta para o endereço IP do roteador naquela rede. Ou seja, para as máquinas A e B, a rota padrão é 10.1.1.1 e, para as máquinas C e D, é 10.2.2.1.

A divisão de VLANs em uma rede corporativa segue basicamente a estrutura organizacional da empresa. Isto é, são criadas VLANs para cada departamento da organização de forma a facilitar a aplicação de políticas de uso dos computadores de acordo com a necessidade de cada departamento. Além disso, em uma empresa não vai existir apenas um switch, mas sim diversos switches interligados e espalhados pelos departamentos. Portanto, teremos máquinas de uma mesma VLAN espalhadas por diversos switches.

Observe que isso não muda em nada a questão do roteamento. Continua existindo apenas um roteador conectado em um único switch, com cada uma de suas interfaces de rede conectada em uma porta de uma VLAN diferente, conforme mostrado na Figura 3.

Figura 03 - Roteamento entre VLANs em vários switches utilizando um roteador



A técnica chamada de VLAN Tagging é usado quando um enlace do switch precisa passar tráfego de mais de uma VLAN. Esta técnica cria então duas categorias de porta do switch, as chamadas portas tagged usadas em trunk links (ou cascadeamento de switches), e as portas untagged usadas em dispositivos de usuários, onde os quadros não devem ser rotulados com o número da VLAN da máquina que gerou o quadro.

Atividade 02

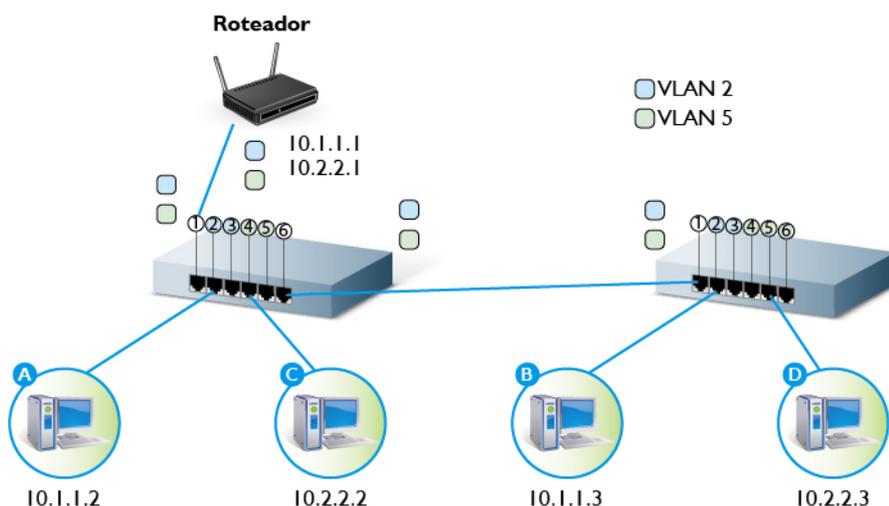
1. Os quadros Ethernet transmitidos e recebidos pelas máquinas A, B, C e D da Figura 3 são quadros normais ou contêm alguma informação a respeito de VLAN?
2. Os quadros Ethernet transmitidos e recebidos pelo roteador da Figura 3 são quadros normais ou contêm alguma informação a respeito de VLAN?

Roteador com uma Placa de Rede que Suporta VLANS

Ter uma placa de rede (interface de rede) do roteador para cada VLAN é viável quando se tem poucas VLANs (tipicamente duas ou três). Mas imagine uma rede na qual exista um número bem maior de VLANs (por exemplo, umas 10)!

Uma possível solução para essas situações seria também criar as VLANs no próprio roteador. Desse modo, teríamos apenas uma placa de rede (e um cabo ligando o roteador no switch), com diversas interfaces virtuais que representariam as VLANs. A Figura 4 mostra esse cenário.

Figura 04 - Roteador com VLANs



Nesse caso, a porta 1 do switch na qual o roteador está conectado pertenceria às duas VLANs e seria do tipo *tagged*.

Atividade 03

1. Os quadros Ethernet transmitidos e recebidos entre os dois switches da Figura 4 são quadros normais ou contêm alguma informação a respeito de VLAN?
2. Os quadros Ethernet transmitidos e recebidos pelo roteador da Figura 4 são quadros normais ou contêm alguma informação a respeito de VLAN?

Ativação do Roteamento no Linux

É importante observar que o encaminhamento de quadros por um roteador pode ser ativado e desativado. Dizendo de outro modo, não é porque um equipamento possui duas (ou mais) placas de rede que ele tem obrigatoriamente que atuar como um roteador, encaminhando os pacotes entre as redes.

No Linux, para que o roteamento esteja ativo, é necessário que a linha `"#net.ipv4.ip_forward=1"` esteja descomentada no arquivo `/etc/sysctl.conf`. Ou seja, deve-se retirar o `"#"` do início da linha, pois esse caractere faz com que a linha seja ignorada! Depois disso, é necessário reinicializar a máquina.

Você pode ativar (ou desativar) o roteamento temporariamente, sem reinicializar a máquina, utilizando o comando `sysctl`. Por "temporariamente" queremos dizer que essa alteração será desconsiderada após a máquina ser desligada e ligada novamente.

Desse modo, para ativar o roteamento digite:

```
1 # sysctl net.ipv4.ip_forward=1
```

Para desativar o roteamento digite:

```
1 # sysctl net.ipv4.ip_forward=0
```

Para verificar se o roteamento está ativo, basta digitar:

```
1 # sysctl net.ipv4.ip_forward
```

Se o resultado desse comando for “net.ipv4.ip_forward=1” o roteamento está ativado, e se for “net.ipv4.ip_forward=0” o roteamento está desativado.

Adicionando VLANs no Linux

É muito comum se utilizar um computador (PC) com Linux como o roteador. Nesse caso, a criação das VLANs pode ser feita facilmente com o comando *vconfig* que é instalado com o pacote *vlan*.

Primeiro, deve-se instalar o pacote *vlan* com o comando a seguir.

```
1 sudo apt-get install vlan
```

Depois, deve-se criar as VLANs. Cada VLAN é representada por uma interface virtual, que nada mais é do que uma placa de rede que aparece para o sistema operacional, mas não corresponde a uma placa física instalada no seu equipamento.

Supondo que você tem uma placa de rede real chamada *eth0* e deseja criar a VLAN 2 e a VLAN 5, de acordo com nosso exemplo, bastaria digitar os comandos a seguir (como usuário *root*).

```
1 Vconfig add eth0 2  
2 Vconfig add eth0 5
```

Isso faria com que fossem criadas duas interfaces de rede, chamadas de *eth0.2* e *eth0.5*.

Os nomes com os quais as interfaces são criadas podem ser controlados com o próprio *vconfig*. Ele suporta quatro formatos de nomes. Basta que antes de digitar os comandos descritos anteriormente para criar as VLANs, você informe a ele qual o esquema de nome você deseja.

Isso pode ser feito digitando o comando “vconfigset_name_type XXX”, no qual XXX pode ser um dos seguintes valores: VLAN_PLUS_VID, VLAN_PLUS_VID_NO_PAD, DEV_PLUS_VID, DEV_PLUS_VID_NO_PAD.

O Quadro 1 a seguir mostra como ficaria o nome da interface criada para a VLAN 2 na interface eth0 para cada um dos possíveis valores de vconfigset_name_type.

Valor do vconfigset_name_type	Exemplo da representação da VLAN
VLAN_PLUS_VID	Vlan0002
VLAN_PLUS_VID_NO_PAD	Vlan2
DEV_PLUS_VID	Eth0.0002
DEV_PLUS_VID_NO_PAD	Eth0.2

Quadro 1 - Modelos de nomes das interfaces criadas para VLANs

Independente do formato do nome utilizado e do fato de ser uma interface virtual, a interface criada é um dispositivo de rede como outra qualquer, de modo que deve ter seu endereço IP configurado.

A listagem a seguir mostra todos os comandos necessários para configurar o roteador da Figura 4 para realizar o roteamento entre as duas VLANs, conforme explicado anteriormente.

```
1 apt-get install vlan
2 Vconfigset_name_type DEV_PLUS_VID_NO_PAD
3 Vconfig add eth0 2
4 Vconfig add eth0 5
5 Ifconfig eth0.2 10.1.1.1 netmask 255.255.255.0
6 Ifconfig eth0.5 10.2.2.1 netmask 255.255.255.0
7 sysctl -w net.ipv4.ip_forward=1
```

Figura 5 - Configurando um roteador para as VLANs

A última linha da listagem ativa o roteamento. Como você já viu, a melhor forma de fazer isso é editando o arquivo /etc/sysctl.conf e retirando o caractere “#” do início da linha “#net.ipv4.ip_forward=1”.

Para o esquema de VLANs funcionar no Linux, é necessário que o kernel utilizado tenha suporte a VLANs (padrão 802.3Q). Mas não se preocupe, pois normalmente o kernel que vem com a maioria das distribuições Linux já vem com o suporte a VLANs ativado.

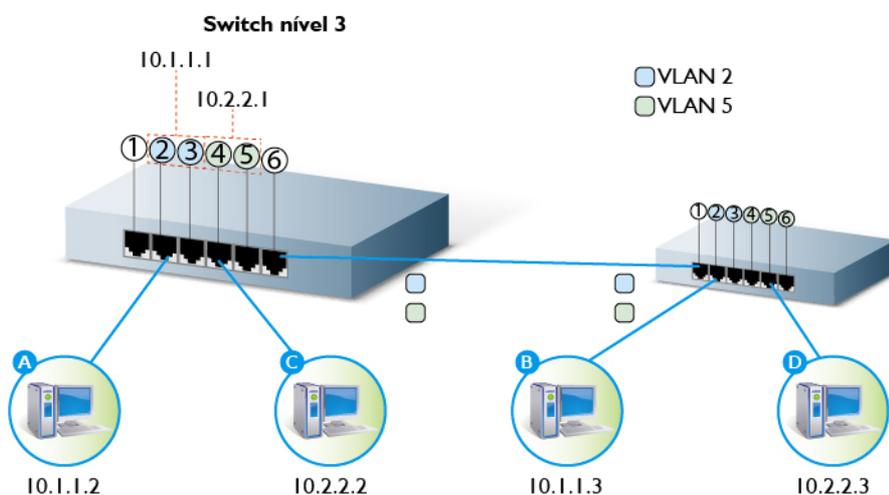
Switch Nível 3

Embora a solução de ter o roteador suportando VLANs seja bastante interessante, ela apresenta duas limitações importantes, que são:

- Naquele cenário, normalmente se utiliza um computador como roteador. Embora isso reduza os custos, pode aumentar a frequência dos problemas, pois computadores (por terem peças mecânicas, como o disco) tendem a falhar mais que switches e roteadores.
- Como a princípio é utilizado apenas um cabo para interligar o roteador no switch, o tráfego de todas as VLANs passará por ele, podendo gerar um gargalo na comunicação.

A melhor solução para fazer o roteamento entre VLANs é utilizar um tipo de switch que suporta roteamento. Esse tipo de equipamento é chamado de switch router, ou mais comumente de switch nível 3, fazendo referência à camada do modelo OSI (camada 3) responsável pela tarefa do roteamento.

Figura 06 - Switch Nível 3



Na Figura 6, temos a solução para nossa rede exemplo utilizando um switch nível 3. Observe que para cada VLAN existe dentro do switch uma interface de rede com o IP que será o roteador padrão das máquinas da VLAN.

Apesar de serem mais caros que os switches convencionais (nível 2), é altamente recomendado que sejam utilizado um switch de nível 3 para realizar o roteamento entre as VLANs de uma empresa.

Lembre-se de que é necessário apenas um switch nível 3 na rede. Veja aqui a explicação em vídeo sobre todas essas formas de realizar o roteamento entre VLANs.



Vídeo 02 - Roteamento VLANs



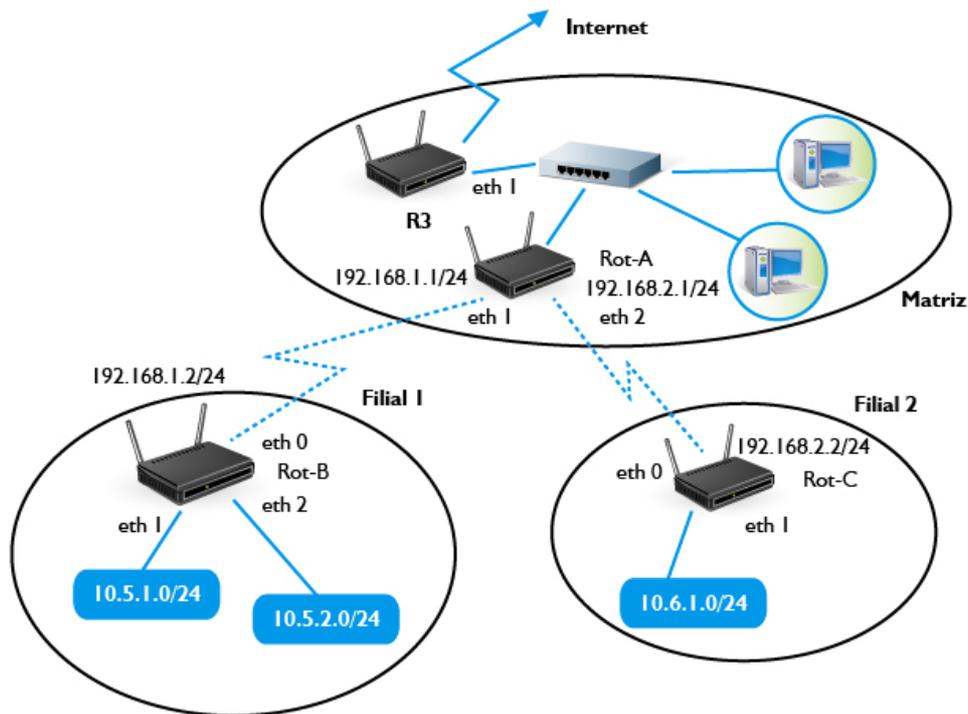
Vídeo 03 - Roteamento entre VLANs

Supernets – Agrupamento de Rotas

Imagine uma empresa que possui uma matriz e várias filiais. A Figura 7 mostra uma situação como essa, na qual existem duas filiais ligadas à rede da matriz.

Nesses casos, o roteador da matriz que interliga as filiais (Rot-A no nosso) deve ter uma rota para cada uma das redes existentes nas filiais.

Figura 07 - Utilização de supernet



Assim sendo, a tabela de Rot-A deveria conter as rotas mostradas na Tabela 1 para que as redes das filiais pudessem acessar a matriz e a internet.

Endereço IP	Máscara	Gateway	Interface
10.5.1.0	255.255.255.0	192.168.1.2	Eth1
10.5.2.0	255.255.255.0	192.168.1.2	Eth1
10.6.1.0	255.255.255.0	192.168.2.2	Eth2

Tabela 1 - Rotas em Rot-A referentes às redes das filiais

Apesar de a tabela de rotas de Rot-A estar correta, com essa abordagem cada vez que uma nova rede é criada em uma filial, uma nova rota precisa ser cadastrada em Rot-A. Tal fato, além de aumentar o tamanho da tabela de rotas em Rot-A, requer que o administrador da rede acesse o roteador Rot-A e digite os comandos para cadastrar a nova rota.

Existe uma forma mais simples de configurar Rot-A de modo que novas redes possam ser criadas nas filias sem requerer nenhuma alteração em Rot-A.

Se você observar bem, verá que as duas redes da Filial 1 começam com 10.5 e a da Filial 2 começa com 10.6. Isso não foi por acaso! A ideia é atribuir a rede classe B 10.5.0.0/16 para a Filial 1 e a rede Classe B 10.6.0.0/16 para a Filial 2. Desse modo, a tabela de rotas de Rot-A poderia conter apenas uma rota referente a cada filial, de modo que essa rota “englobasse” todas as redes da filial.

Essa técnica de utilizar uma rota com uma máscara de rede que engloba diversas redes é chamada de supernet e dizemos que foi feita uma *Sumarização de Rotas*. Naturalmente, os endereços IPs têm que ter sido distribuídos de modo a possibilitar isso.

A Tabela 2 mostra a nova tabela de rotas de Rot-A. Veja que não existe de fato uma rede 10.5.0.0 com máscara 255.255.0.0 (nem uma rede 10.6.0.0 com máscara 255.255.0.0). Mas não tem problema! O que importa é que pacotes destinados a cada uma das redes das filiais são encaminhados para os roteadores corretos.

Endereço IP	Máscara	Gateway	Interface
10.5.0.0	255.255.0.0	192.168.1.2	Eth1
10.6.0.0	255.255.0.0	192.168.2.2	Eth2

Tabela 2 - Rotas de Rot-A usando o conceito de supernet

Com essa nova abordagem, veja que novas redes podem ser criadas em cada filial sem que nenhuma nova rota precise ser adicionada em Rot-A.

Esse conceito de Supernet é largamente utilizado para distribuição de endereços IP na internet. Os endereços são distribuídos de modo que possam ser sumarizados, ou seja, “englobados” com uma única rota. De modo bem simplificado, pense que

todos os endereços de um país podem ser sumarizados como uma única rota. Isso reduz bastante as tabelas de rotas e oferece autonomia para a criação de novas redes.

Veja aqui a explicação em vídeo sobre supernets.



Vídeo 04 - Roteamento Supernets

Atividade 04

1. Só é possível aplicar a sumarização de rotas com máscaras de classe B, ou também é possível com máscaras de qualquer tamanho de bits?
2. Qual a condição, em termos de distribuição dos endereços, que deve existir para que se possa aplicar o conceito de supernets?

Resumo

Nesta aula, você aprendeu algumas formas de rotear o tráfego entre diferentes VLANs e viu que a forma mais indicada para fazer isso é usando um tipo especial de switch que também suporta roteamento, chamado de switch nível 3. Aprendeu também a sumarizar rotas para reduzir o tamanho das tabelas de roteamento usando o conceito de supernets.

Autoavaliação

1. Suponha que a filial de uma empresa possui as redes 10.1.1.0/24, 10.1.1.1/24, 10.1.1.2/24,..., até 10.1.1.127/24. Qual o endereço de rede e a máscara que deveriam ser utilizados na tabela de rotas para sumarizar as rotas para todas essas redes como uma única rota?

Referências

FOROUZAN, B. **Comunicação de Dados e Redes de Computadores**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

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.