

**SR. EDUARDO BARASAL MORALES:** Bom dia, pessoal. Sejam todos bem-vindos aí ao nosso terceiro dia da Semana de Capacitação. O tutorial de hoje vai ser sobre o MPLS, perceba que a gente está falando sobre roteamento e encaminhamento de pacotes a semana inteira. Essa é a ideia. Um tutorial acaba complementando o outro. A gente viu ontem o OSPF e o IS-IS e hoje a gente vai ver MPLS. Mas antes de eu chamar o vídeo, eu gostaria de agradecer aos nossos patrocinadores: Dattas Links IP, Servidores e Data Center; FiberX; Globo; Iann; Netflix; 4Linux; Solintel VLSM; Cisco; e o apoio de mídia da Revista RTI, Infra News Telecom e Novatec Editora.

Gostaria de dar o aviso também sobre o certificado dessa live. Quem quiser o certificado, precisa se inscrever no link que está sendo colocado no chat agora e, depois, aguardar o e-mail que vai vir de confirmação. Precisa clicar no e-mail de confirmação. E esse processo a gente vai até às 2h da tarde, tá? Então fiquem atentos. Precisa se inscrever no link do chat, e depois olhar o e-mail, e clicar no link que vai ser enviado. E você vai ganhar certificado de participação da nossa live aqui de MPLS.

Eu gostaria também de avisar que a gente vai ter sorteio nesta live. Então todo dia a gente está fazendo sorteio de um kit NIC. E o kit NIC é composto por uma camisa polo da Semana de Capacitação, uma lapiseira, um kit de adesivos de IPv6 e RPKI aqui do NIC.br, uma caneca da Iann e dois livros da Novatec, que são Vida de Programador volume zero e volume 1. Então esse é o kit NIC que a gente vai sortear. O link para inscrição está no chat. É o mesmo link que você ganha o certificado. Você pode se inscrever para ganhar o sorteio, tá? No caso aí a gente também tem o sorteio do patrocinador, que é d da 4Linux, que é um curso a escolha do ganhador. Esse a gente vai sortear na sexta-feira mas também está sendo colocado no chat o link. Então, quem quiser, pode se inscrever e pode ganhar um curso da 4Linux, tá?

Bom, não quero atrasar muito a live. Então já vou chamar nosso videozinho do Cidadão na Rede, que explica um pouquinho de cidadania digital. Então pode tocar o vídeo.

[exibição de vídeo]

**SR. ANTONIO MARCOS MOREIRAS:** Pessoal, muito bom dia para todos e todas que vieram hoje acompanhar a Semana de Capacitação, mais um dia da Semana de Capacitação, né? Sejam muito bem-vindos. E essa é a hora que eu dou aquela enroladinha, hoje vai ser curtinha, porque o assunto é bastante extenso. A aula da Tatiane vai ser bastante extensa. Então não dá para esperar muito. Mas a gente sempre espera um pouquinho para o pessoal se conectar no YouTube e começar assistir o chat. É aquele tempo para você mandar

aquela mensagem no grupo de WhatsApp, no grupo de Telegram, naquele grupo do Facebook, que tem os colegas do trabalho, que tem os colegas lá da faculdade e falar que está começando a aula de MPLS aqui, para o pessoal não perder. E é sempre muito bom a gente assistir ao vivo, né? Que pode ir interagindo. Vai ser como nos outros dias, ou seja, tem um vídeo gravado. A Tatiane pré-gravou a aula para evitar que tenha qualquer problema de transmissão e outras coisas do gênero. E isso vai dar liberdade para ela interagir no chat do YouTube ao longo da aula. Então vocês podem já ir fazendo as perguntas, conforme vocês forem vendo o assunto, tendo as dúvidas, e a Tatiane, na medida do possível, ela já vai responder algumas coisas no chat. Outras ela vai aguardar lá para comentar no final ao vivo. Ela está aqui assistindo a gente, assistindo com a gente aqui ao vivo, acompanhando com a gente aqui. E ela vai aparecer aí no chat como Tatiane Figueiredo mesmo. Vocês vão reconhecer aí até pela foto e tudo mais. Bom, é bem simples.

Bom, como que está a transmissão hoje para vocês? Está funcionando direitinho? O áudio está ok? O vídeo está ok? Está tudo certo? Digam aí no chat para mim, por favor, se está tudo bem, antes da gente... "Áudio e imagem ok". "Tudo ok". Legal. Quem que está aqui, quem que não veio na segunda e na terça, quem que está aqui pela primeira vez hoje assistindo a aula da Tatiane nessa semana? Dá um... fala aí "estou pela primeira vez aqui no chat" para a gente saber. O Benilton está pela primeira vez, Felipe está pela primeira vez, Alessandra. Nossa, tem bastante gente aqui na primeira vez. O Magno, Robson, Kim Vilar, Juliana Andreoli, [ininteligível]. Nossa. Bom, então, gente, vocês que estão aqui pela primeira vez, sejam muito bem-vindos, muito bem-vindas e saibam que os minicursos de segunda e de terça-feira estão disponíveis no YouTube, estão disponíveis aqui no nosso canal, no NICbrVideos. Então na segunda-feira, por exemplo, a gente teve uma introdução sobre roteamento. Desde funcionamento dos roteadores até diferença entre roteamento interno, roteamento externo, se falou de alguns algoritmos. E ontem foi uma aula sobre o OSPF e IS-IS. Então, quem quiser e quem achar que precisa dessa introdução, ou que "quero conhecer mais OSPF e IS-IS" também, vai lá e assiste o vídeo. E tem também os materiais disponíveis no site, os slides disponíveis no site. Inclusive os slides de hoje, os slides da Tatiane já estão disponíveis no site. Se alguém acessar lá e não ver, é porque precisa dar um Shift reload aí, dar um F5, alguma coisa assim. Os slides já estão lá. Vocês podem baixar, até para facilitar o acompanhamento, né? Às vezes, as imagens de hoje vão ficar bem melhores aí do que... Ontem o pessoal teve um pouquinho de dificuldade para enxergar, mas ainda assim, é baixar os slides para acompanhar junto às vezes ajuda bastante. Hoje não tem VM. Não tem exercícios para vocês fazerem práticos juntos com a aula. Hoje a

Tatiane fez, sim, alguns laboratórios lá durante a aula, mas não tem os laboratórios para vocês fazerem em casa. Mas tem os slides lá que vão permitir vocês acompanharem a aula bastante bem.

E, bom, então só antes de eu chamar o vídeo, eu só quero lembrar vocês de deixar o like aí. Sempre peço isso, né? Então hoje não podia ser diferente. É importante para a gente que vocês deixem o like para ajudar na divulgação. A gente prepara esse conteúdo, assim, com muito carinho, nossos convidados, como a Tatiane e como o pessoal que esteve nos outros dias também. São conteúdos de alta qualidade. Então deixem seu like. Deem um voto de confiança para a gente agora já deixando o like no começo da live, porque isso ajuda o YouTube a divulgar que o vídeo está acontecendo para mais gente. Se vocês não gostarem da aula, no final da live, vocês vão lá e tiram o like, né? Nada mais justo. Mas deem o voto de confiança, deixem o like lá para a gente para ajudar na divulgação. E quem não estiver ainda inscrito no canal do NIC.br, eu convido a se inscrever. O canal do NIC.br tem muito conteúdo técnico, muito conteúdo para o pessoal que trabalha com redes, para o pessoal que trabalha com Internet, né? Para os técnicos, analistas, engenheiros, para estudantes de redes, estudantes de computação, professores de computação e de redes. Tem muito conteúdo útil. E tem conteúdo também útil para... sempre relacionado à Internet, mas útil para outros níveis, vamos dizer assim, para gestão do provedor e outras pessoas interessadas. Por exemplo, tem os conteúdos do Cetic, que são as pesquisas sobre como a Internet é usada, como a Internet funciona no Brasil. Tem conteúdos às vezes relacionados à governança da Internet, a como a Internet é gerida, como os recursos da Internet são geridos no mundo, sobre direitos, deveres, leis e tudo que é relacionado à Internet, né? Então tem muito conteúdo importante, interessante, útil para vocês que são da área no canal NICbrVideos do YouTube. Então convido todo mundo a se inscrever lá para não perder, para ficar sabendo desses conteúdos, ter um acesso mais fácil.

E é isso daí, gente. Então eu vou chamar o vídeo agora da Tatiane. Pessoal, podem colocar aí. Bom curso para todo mundo. E vão interagindo no chat aí com a gente, com a Tatiane, no final, a gente volta para dar alguns avisos e para... E a Tatiane volta ao vivo. Tá bom? Podem colocar o vídeo, gente.

[exibição de vídeo]

**SRA. TATIANE FIGUEIREDO:** Olá, pessoal. Tudo bem? Meu muito bom dia a todos. Sou Tatiane de Figueiredo e gostaria de agradecer a oportunidade de estar aqui na Semana de Capacitação do NIC.br. Sejam bem-vindos ao tutorial MPLS, Teoria e Implementação

Utilizando o L2VPNs. A nossa agenda, ela é composta pelos conceitos, elementos da rede MPLS, infraestrutura baseada no protocolo [ininteligível], depois partindo para engenharia de tráfego e, por fim, realizando a demonstração de tudo isso com VPNs de camada 2. O laboratório que estou propondo, ele é composto por cinco equipamentos, quatro já configurados, e o quinto faremos aqui para que depois vocês possam consultar e implementar na sua estrutura e no seu provedor. Então, vamos lá?

MPLS: Multiprotocol Label Switching. É uma tecnologia baseada em comutação. Então, tanto em comutação como em switch, nós temos referência à camada número 2 ou layer 2 no nosso modelo de referência [ininteligível] TCP/IP. E ela visa o quê? Realizar o transporte de múltiplos serviços ou múltiplos protocolos, eu podendo encapsular, tanto o IPv4 como o IPv6 ou até o mundo TDM. E o principal serviço, a principal entrega disso é uma VPN, que pode ser de camada 2 ou camada 3. Ela vai... o MPLS se utiliza de marcações específicas chamadas labels, então, etiquetas, rótulos. E todo segredo de sucesso dessa tecnologia é baseado em cima disso, que vão determinar como os pacotes vão ser transmitidos dentro da rede. Dentro da nuvem MPLS nós não temos consulta aos endereços IPs. Realmente tudo é baseado nas labels. São elas que vão direcionar. O roteamento, ele vai estar ali para dizer para onde eu vou encaminhar, qual é a minha interface ativa, é como eu vou chamar do ponto A ao ponto B. Então, trazendo o modelo de referência QoS(F). Vou utilizar a parte debaixo do slide, trazer aquelas três primeiras camadas: camada 1, que é a camada física, onde é o meio por onde nós vamos transmitir o que nós queremos, que pode ser o ar, quando a gente tem uma transmissão, por exemplo, via wireless, Wi-Fi; ou usar bits, quando a gente utiliza a parte de cobre, o nosso cabeamento elétrico, vamos falar assim, ou quando vou transmitir por luz, quando estou utilizando a fibra. Aqui é só o meu meio de transporte. Na camada 2, nós temos a de enlace, onde todo encaminhamento, ele acontece pelo endereço físico do equipamento, ou seja, do endereço MAC, que é por onde eu preciso aprender endereço MAC de origem e destino para fazer os encaminhamentos. E na camada número 3 nós temos a de rede, onde ela é baseada no endereço lógico, ou seja, o endereço IP ou até uma rede de destino ao qual eu quero alcançar. E quando o MPLS surgiu o modelo QoS já existia bem como o TCP/IP. Então onde vão posicionar o MPLS? Então muitas literaturas trazem, que é como camada [ininteligível], vou colocar em rosa aqui, e vou colocar MPLS. Então, como a gente viu ali, o S, ele vem de "switching" ou camada 2, tecnologia de comutação. Então ele está sendo referenciado aqui ao layer 2, mas ele precisa, ele necessita da parte L3. O teu IGP para chegar do ponto A ao ponto B. O IGP é que vai deixar o quê? Os melhores caminhos ativos para que o MPLS siga nessa direção.

Dentro da estrutura do MPLS, na sua configuração, nós temos o LDP, que é Label Distribution Protocol, um protocolo para distribuição de labels. Ele foi feito exclusivamente para o MPLS e ele visa o quê? A simplicidade de configuração. Em três, quatro comandos você está com toda a infra do MPLS pronta. Conseqüentemente, ele vai seguir o teu IGP, ou, vamos colocar aqui, ou teu OSPF. Ou seja, as melhores rotas é por onde vão... ou por onde vai passar o MPLS, porque vão ser as rotas que vão estar ativas. Como conseqüência, o tempo de convergência do LDP pode ser até 40 segundos, que é o tempo de death, o tempo de morte de uma rota dentro da tabela do SPF. Já o RSVP, ele vem dar suporte e fazer toda a extensão para que o MPLS funcione utilizando o quê? Engenharia de tráfego. Engenharia de tráfego. Aqui não necessariamente vamos seguir o IGP, eu posso determinar "eu gostaria que passasse por esse caminho explícito" ou colocar características e critérios nos meus links para que o MPLS, a engenharia de tráfego, meu túnel pegue a seqüência de endereços conforme os critérios que eu estabeleci por um determinado caminho. Aqui ele pode, tanto seguir o teu IGP como não seguir, colocar assim, o IGP. Você, como administrador, vai realizar a configuração e fazer as escolhas. Mas para isso você precisa conhecer muito bem a sua rede, todos os seus links e fazer toda a análise da rede. Podemos ter tempo de convergência de 40 segundos a quando se tem implementado a Fast Reroute, em torno de 50 milissegundos. Então são as duas infras, uma o LDP, que foi exclusivo para MPLS, e a outra visando integrar características que possam dar maior flexibilidade à utilização da performance da sua rede por esse encaminhamento de tráfego.

Então, quando a gente pensa em serviços de camada 2, as VPNs, nós temos os VPWS, que é uma VPN ponto a ponto, como se fosse uma matriz e uma filial; o VPLS, onde podemos ter um ponto multiponto ou um multiponto. Uma rede full mesh, todo mundo conversando entre si; e o H-VPLS, onde todo tráfego entre filiais precisa passar pela matriz, como se fosse a figura de um concentrador. Quando a gente pensa em VPNs de camada 3, nós também temos elas ponto a ponto, multiponto e hub spoke, que é bem similar ao funcionamento do H-VPLS.

Quais são os benefícios do MPLS traz para a nossa rede? É um método simples de transporte de múltiplos protocolos, como a gente conversou, eu posso aqui transportar IPv6, IPv4, TDM, entre outros protocolos dentro de uma rede. Eu, com o segundo ponto, o provedor de serviço, ele vai utilizar apenas uma única infraestrutura. Eu já tenho a minha rede roteável? Eu já tenho o meu SPF ali rodando? Então eu vou utilizar essa mesma infraestrutura e habilitar o MPLS ali naqueles equipamentos. Então não preciso ter duas topologias ou duas estruturas diferentes. Três, o provisionamento dos serviços é feito

apenas no PE. Opa, chegamos a primeira sigla, Provider Edge. O PE é o equipamento que está na borda da sua nuvem MPLS. Então vamos colocar ele aqui, vamos fazer o desenho, PEs aqui, e vamos fazer a nossa nuvem MPLS. Então o PE é o equipamento que introduz, que insere o cliente, que é o Customer Edge, à rede MPLS. Porque o cliente não vai mandar informação, esse fluxo dele com label, mas o PE vai fazer o quê? Recebi informação sem label e vou colocar label para inserir ali dentro da estrutura do MPLS e depois vou fazer a retirada.

Depois que essa nuvem, ela está configurada, não preciso mais voltar para dentro dela e fazer configuração. Não, eu só vou vir no PE e adicionar o cliente informando onde começa meu túnel, minha VPN, e onde termina. Isso vai dar o quê? Uma maior flexibilidade e maior ganho de configurações dentro da sua rede, que eu não preciso ficar lá a cada novo cliente reconfigurando. Vou ter um maior desempenho e maior disponibilidade da minha rede. Aqui a gente tem atuação forte do protocolo de roteamento. Na falha de uma rota, ele já vai ativar a próxima melhor rota, e assim por diante, bem como a reconvergência. E eu vou ganhar uma facilidade de crescimento da minha rede. Eu tenho escalabilidade, que é a questão de eu poder crescer a minha rede sem grandes mudanças, sem grandes investimentos ali. Seu eu já tenho equipamento, muitas vezes, é só ativar a licença e sair configurando. E me ajusto, me adequo às novas tecnologias. Vou ter uma rede livre de loops, eu não estou mais falando de L2, que tenho que ter um protocolo de proteção para evitar loop lógico de rede, como spanning tree e ATS(F), entre outros, e sim o meu roteamento sempre vai deixar ativo a minha melhor rota.

Quando temos a engenharia de tráfego, eu posso escolher caminhos diferentes dos eleitos pelo roteamento. E aqui é a chave do sucesso, a grande sacada da engenharia de tráfego. E quando o fabricante implementa o Fast Reroute, eu posso ter tempos de convergência na casa de 50 milissegundos. Mais rápido do que você piscar os olhos. Caso eu não tenha a questão do Fast Reroute, ele não vai impedir a engenharia de tráfego, só que tem os tempos de convergência, vamos depender do SPF mas eu também posso colocar outros mecanismos, o BFD, EFM(F), para que façam o quê? Analisem meu link e facilitem ou agilizem a convergência do meu circuito das minhas redes.

O Shim Header, né? Segredo de sucesso aqui do MPLS, que é onde nós temos o quê? As labels. São: 1.048.576 labels. E elas estão presentes, essas labels, dentro de um enlace: "Tati, o que é um enlace?". Aquela conexão entre dois equipamentos, depois de habilitado o MPLS, esse 1.048.000, ele se encontra aqui nesse trecho. Se eu tiver um outro equipamento? Não tem problema, eu tenho mais 1.048.576 labels, elas têm valores locais para aquele enlace. Dentre

elas, temos da 0 a 15, que é para o uso do protocolo. Então vamos ver em especial a label de número 3, que é a implicit null. Depois nós vamos ter a 16 a 239, que é, vamos colocar aqui, de uso normal ou recorrente, as mais presentes ali, as mais vistas, empregadas ali no enlace. Mas isso depende muito de fabricante para fabricante, como ele fez a implementação. Alguns vendors permitem que você escolha quais são as labels que determinado equipamento vai operar. Da 240 a 255 geralmente é para pesquisa e desenvolvimento. E acima de 256, vamos colocar assim, uso em implementações futuras. Não temos, assim, um alvo específico. Mas, assim, pensando de uma forma geral a gente tem... Vou colocar de outra cor, rosinha, de zero a 15 de uso reservado para o protocolo para operações dele. Essas labels, 1.048.576 estão presentes aqui nesse campo que eu estou riscando, campo label, de rosinha. Ele é um campo com 20 bits. Na sequência, seguindo os campos aqui do cabeçalho, a gente tem o TC ou EXP, que é quando a gente aborda questão de qualidade e serviço. Então, se eu tenho uma marcação lá em uma L2 de uma prioridade de uma VLAN de voz(F), isso vai ser o quê? Transportado, levado também pelo MPLS. Porque nós precisamos garantir a qualidade de serviço, QoS, em todo o trajeto, lá desde o início, todo o meio do transporte até entrega ao cliente final, a outra ponta da VPN. Próximo campo, que é de 1 bit, é o bit de stack, onde vamos ter empilhamento de labels, labels do meu caminho, labels da minha infraestrutura, e a label do meu serviço, da minha VPN. Então elas estão empilhadas. E o TTL para que o pacote do MPLS não fique perdido aí dentro da rede.

Falando em pacote, dando uma [ininteligível] capturando essa informação, nós temos ele aqui. Então o primeiro bloco aqui de labels é a respeito da infraestrutura ou do meu caminho LSP, mais uma letrinha, o meu Label-Switched Path, que é o caminho da minha label, que é o que eu chamo da label de infraestrutura. Então a gente consegue olhar aqui para a label da minha infra, por exemplo, do LDP é de 25, de identificação 25, mas não temos nenhuma marcação de qualidade de serviço, ou seja, esse tráfego é best-effort. E aqui na pilha de stacks nós temos a informação de zero. Aqui, ó, tem uma colinha para todo mundo aqui que informa que a label da infraestrutura, por exemplo, do protocolo é IDP, e o TTL aqui de 255, nessa captura. No segundo bloco, segundo cabeçalho que a gente olha aqui do MPLS, ele está falando o quê? Da VPN, do meu serviço. Então essa minha VPN tem uma label 27, também não tem nenhuma marcação de qualidade de serviço, é best-effort, e na pilha ela é a de número 1. Seguindo aqui, observando a captura, a gente tem o tráfego em si, o que está transportado. Se eu olhar aqui: L2VPN, eu tenho uma VLAN, que é a VLAN de número 1000, essa VLAN não possui prioridade, ela é best-effort. Então esse fluxo da VLAN 1000 está sendo encapsulado dentro

da VPN que leva a label 27, que está sendo transportada dentro da minha infraestrutura com a label de número 25.

PE, falamos um pouquinho dele dois ou três slides atrás, o Provider Edge. Esse equipamento que está ligado ao cliente. Então, ele ganha nomenclatura de Provider Edge. E o cliente aqui é o meu CE. Então o cliente, ele vai mandar essa informação com VLAN ou sem VLAN, ele vai mandar o fluxo dele, e o PE vai fazer o quê? Ele vai fazer a entrada desse cliente na rede MPLS bem como ele também vai fazer a saída do cliente. Ele é ou pode ser dois pontos, depende da posição onde está o cliente, de inserção e retirada dele da rede MPLS. Então ele vai, tanto adicionar a label quanto retirar a label para entrega do serviço. E também pode ser conhecido como Label Edge Router ou Edge LSR. Ele vai adicionar o cabeçalho MPLS quando ele ingressa no domínio fazendo o pushing, o pushing, eu estou colocando a label e remover quando fizer entrega para cliente com a operação ou com uma ação de popping.

Continuando, temos o LSR, que é o Label Switch Router, e a função é fazer a inspeção das labels conforme o quê? [ininteligível] de label de entrada qual vai ser o meu mapeamento de saída. E ele sempre vai ser baseado em quê? Em labels, recebi a label verde, vamos brincar de cores, troque para label azul, e assim por diante. Ele sempre vai olhar o campo da label. Então aqui a gente um exemplo: label 25 de entrada no nosso cabeçalho, e ele vai fazer o quê? O Swap; uma troca, ação de trocar para a label de saída número 28 e dar prosseguimento para o próximo equipamento. Então toda decisão, ela é baseada única e exclusivamente nas labels, também pode ser conhecida como provider ou intermediate LSR. E ele sempre que passar pelo LSR, ele vai sofrer uma ação. Pode ser uma troca, pode ser uma outra inserção de labels, e assim por diante. E a label só tem valor ou significado local.

LSP, o nosso caminho por onde as labels vão circular, vamos falar assim. E o meu caminho, ele é unidirecional, ou seja, eu tenho labels no sentido downstream e labels no sentido upstream. Então eu posso ter, por exemplo, não tenho label quando o cliente é inserido, ele vem sem label, chega sem label, posso colocar label 25, depois eu troco para label 30 e encaminho para 1 destino final retirando a label. Isso em um sentido, e, no outro, vai entrar sem label, recebe a label 18, troca para 27 e faz a entrega final ao cliente usando ação que a gente vai ver na sequência de PHP, que é o penúltimo. Então esse é meu caminho. Nós vamos ter labels em um sentido e labels em outro sentido.

A tabela, gosto de chamar de tabela de ILM, tabela onde vai conter todas as ações que o equipamento, ele vai executar. Então ele pode o quê? Como uma primeira ação: fazer a inserção de uma label,

ele pode fazer uma troca de label ou ele pode o quê? Retirar uma label. Ou pode fazer o quê? Um push, um swap e um pop. Ao configurar a infra com LDP, o mesmo equipamento, ele pode se posicionar, tanto como PE, como um Provider Edge, como um LSR, como um PHP. Então ele vai prover para você, onde a mágica acontece, quando a gente habilita o protocolo LDP, que esse mesmo equipamento, ele pode ser versátil e estar posicionado em fazer várias ações conforme o fluxo. Se eu estou recebendo um cliente, eu sou PE, se eu sou um equipamento de passagem, um LSR, eu vou receber uma label e trocar para outro. E elas são mapeadas de um para um. Determinada label de entrada, vamos ter a label de saída, como na nossa tabelinha aqui de exemplo, né? PE2 e PE3. Então vamos lá: o LSR, por exemplo, foco está nele aqui, ele recebeu label 25, eu tenho essa label de entrada. Como a entrega é para o próximo, olha aqui, PE2, eu estou usando ação de PHP, colocando a label especial número 3 que ele destinou. Quando eu recebo a label 30, que é para o PE3, por exemplo, eu faço um swap para 17.

O FEC, que é uma classe de equivalência para encaminhamento. Ele vai fazer o quê? Consiste no agrupamento dos pacotes que tenha alguma equivalência algo em comum, por exemplo, o mesmo destino. Estou indo, este fluxo vai em direção do mesmo PE, porque lá eu tenho dois clientes, como eu tenho aqui neste exemplo. Temos o site número 1, o 3 e o 4 desse cliente. Então, tanto o site 3 quanto o site 4, eles estão ligados no mesmo PE. Então a minha origem é do PE1 com destino ao meu PE2. Não tem porquê e não faz sentido eu pegar labels diferentes. É tudo o mesmo destino. Então vamos usar a questão da FEC para utilizar as mesmas labels, ter o mesmo tratamento para esse tráfego, para esse fluxo.

O PHP, que é o penúltimo equipamento. Ele vai executar a função especial do implicit null colocando a label de número 3. Ao invés dele fazer um swap, trocar a label para o equipamento final olhar: "Essa label é para mim". Então, abre a estrutura e pega a VPN. Não. Ele já vai informar: "Olha, o tráfego é para você. Já estou te mandando aqui com a label de número 3". Então ele não precisa mais olhar a label do caminho porque ele já sabe: "Amigo, é para ti". Então ele vai olhar o quê? A label da VPN para ele poder fazer a entrega ali na interface VLAN correspondente ou na interface Ethernet associada. Antigamente utilizava-se muito, tinha um impacto bastante importante a questão do implicit null para questão de processamento dos equipamentos. Só que a gente teve uma evolução muito grande nos hardwares e nos softwares. Então, utilizar a função do PHP para melhoria de desempenho, muitas vezes, ela não é percebida. Mas faz parte da normatização e ela continua presente mesmo com evolução, tanto dos softwares quanto dos hardwares. Então o PHP é o penúltimo

equipamento. Aquele um antes de eu fazer a entrega do circuito final da minha VPN.

LDP, Label Distribution Protocol, ou protocolo de distribuição de labels. Ele é um protocolo específico para o MPLS e é responsável por toda a distribuição de labels. Ele é definido pelo IETF nas RFCs 3036 e 3037. A questão da FEC, aqui ela está presente, né? Rotas direcionadas para o mesmo destino têm os mesmos rótulos. A sua configuração, ela é executada nos dispositivos diretamente conectados, para que a gente possa fazer o quê? Formar a adjacência. Esse pacote, ele é enviado em multicast no endereço 224.0.0.2, com o TTL igual a 1. Então aqui no exemplo temos dois equipamentos. Um equipamento sinalizado, vamos colocar assim, com a loopback com 1, e aqui o outro com a loopback... opa, aqui a loopback referenciada como 1.1.1, e a outra loopback 2.2.2. Sigam sempre a RFC, colocar aqui em cima, 1918, que faz menção ali à questão dos endereços privados, os que devem ser utilizados. Aqui, só para facilitar o entendimento, eu coloquei 1 e 2. Por que isso? Porque o equipamento que tiver maior IP de loopback, ele vai ser o ativo. O que é essa questão do ativo? Ele vai iniciar, ele vai tomar a iniciativa de enviar as informações de LDP para estabelecimento e manter a adjacência. E também toda a parte de anúncio de labels. Então ele vai tomar a iniciativa, quem for o ativo, e o passivo vai aguardar receber essa informação para responder. Então tudo começa com hello, "olá", via UDP. Então o ativo vai enviar para o passivo, vai anunciar e vai manter o LSR. Depois, nós vamos estabelecer uma conexão TCP pela porta 646, ela também mantém e termina as sessões do MPLS, ali via LDP. A gente tem toda a questão de keep alive, o anúncio dos endereços das interfaces. Vamos ter solicitações das labels e as suas distribuições, e depois toda a parte de controle e mapeamento das FECs. Não se assustem. Isso é feito tudo muito rápido. E, como eu comentei, três, quatro comandos, toda essa mágica, ela está realizada.

Então pegando... vou pegar um exemplo aqui, temos uma animação. Switch 24 e ele vai o quê? Ele vai ensinar para o 21 como chegar até ele. Isso mesmo. No MPLS, eu sempre ensino, o equipamento ensina como chegar até ele. É a mesma coisa quando a gente vai em uma determinada empresa. Não sei chegar na empresa A. Então você liga, conversa com a pessoa, manda um WhatsApp e pergunta: Qual é o seu endereço? Então vai fazer o papel do quê? Ensinar o endereço da empresa para você, informando, por exemplo, Rua América número 1.000, área industrial de Eldorado do Sul. Você vai dizer: "Beleza. Já anotei". Então ele ensinou como você chegar e deu o endereço. Aqui no MPLS ele vai ensinar qual é a label: ó, para você chegar até aqui a label é a 25. Vai fazer... ele vai aprender isso, Switch 21, e o Switch 21 vai ensinar o 22 como chegar no 24. Então:

“Switch 22, para chegar no Switch 24, através do meu enlace, utilize a label de número 26”. O 22, por sua vez, vai ensinar o 23: “Olha só, 23, para você chegar ao 24 utilizando o meu enlace utilize a label de número 27”. E nós vamos ter o caminho ali estabelecido, por exemplo, Switch 23 para chegar ao 24, nós vamos ter a label 27 na cor lilás, depois a label 26 na cor verde, e a label de número 25 no vermelho. Ali na label 25 a gente tem um asterisco aqui em cima. Porque se esse equipamento, ele é o PHP, ele é o penúltimo, a label vai ser a label de número 3, que é a label especial do implicit null informando: “Opa, 24, é para você”. Então ele não precisa olhar essa label 25 e sabe através da 23... Da 3, perdão. O LSP, o meu caminho é unidirecional, então tenho esse sentido: do 23 para o 24, 27, 26, botar aqui a label 3, que do PHP do implicit null, mas eu também tenho no sentido contrário. Também vou ter as labels do 24 ao 23, e não necessariamente elas são as mesmas.

Como aqui é uma visão da distribuição das labels no olhar do PE de número 1, nesse equipamento aqui, então ele vai montar a sua tabela, aqui a [ininteligível] table com as ações para cada um dos destinos que eu tiver. Olhando o PE1, com direção ao destino número 2, onde está o 2? Está aqui, na setinha. Eu tenho duas entradas na minha tabela. Vamos olhar aqui debaixo. Uma ação de push, ou seja, de inserção de label. Por que isso, Tati? Olha só, eu não tenho label de entrada. Então o meu cliente, ele está chegando, ele está ligado aqui no meu PE de número 1. Vai entrar esse fluxo e ele vai colocar label de número 28. Não tinha label, inseri, fiz o push, aprendi isso via LDP e eu vou sair na direção da interface VLAN número 15, essa minha rota está ativa. Eu tenho uma segunda ação, uma segunda entrada na tabela com a informação de swap. Ou seja, se o meu equipamento não tiver um cliente conectado e sim ele for um LSR, um equipamento intermediário, eu vou receber a label de número 44 e trocar para a 28. Aprendi isso via LDP e estou na saída da interface VLAN aqui 15 que está ativa. Então observem que tanto sem a introdução de um cliente atuando como um PE, aqui o meu PE1 com [ininteligível] LSR, a label de saída é 28. Porque o outro carinha ali, o outro equipamento ensinou: “Olha, para chegar naquele dispositivo 2 você vai usar a 28”. Ele me ensinou que você usa a 28 para chegar até ele, é assim que ele faz. Se eu pegar aqui, vamos pegar um outro olhar aqui, um 3, onde está o 3? Aqui, vou fazer ele de rosinha. PHP, como ele está operando como se fosse um PE mesmo, label de saída 36 na direção da VLAN 15, se ele for ou se ele tiver um comportamento de LSR, de intermediário, ele recebe a label de número 61 e vai ter a label de saída 36. Igual ao que a gente viu aqui, mesma label que ele ensinou: para chegar no 3, utilize a label 36. E a interface de saída. Perfeito, pessoal? Meu caminho sempre vai ser unidirecional, tem o label de ida e o label de volta, vamos falar assim, up e downstream, o meu LDP, ele vai trabalhar em

conjunto com protocolo de roteamento, por exemplo, OSPF, conseqüentemente, seguindo o tempo de convergência dele. Não quer dizer, gente, que seja sempre 40 segundos para convergir. Depois a gente vai olhar. Labels no sentido de up e sentido de downstream.

O que temos para a prática? Lembra, lá na agenda, eu comentei com vocês que nós temos cinco equipamentos e destes nós vamos configurar um. Qual é o equipamento que vamos configurar? Esse sinalizado aqui com uma seta vermelha, o DmOS de número 1. Falando um pouquinho na nossa estrutura. Esse anel externo, ele todo está interligado com o link [ininteligível], são 2 portas de 10 gigas, então aqui também 2 portas de 10 gigas, e aqui também. Esse link [ininteligível] pode ser tanto estático quanto dinâmico, utilizando o protocolo LSP(F). Esse link aqui na diagonal é um link de 40 gigas. O DmOS número 2, 3, 4, 5 já estão configurados para facilitar aqui, agilizar aqui toda a configuração e não fazer vocês olharem, [ininteligível]. O SPF já está configurado, já está funcional. Ele foi associado aqui, por exemplo, a VLAN 2122, que o propósito dessa VLAN é só para eu colocar um IP, ter um ponto a ponto, ter dois endereços IPs para subir o OSPF. E vamos associar o MPLS a essas VLANs também. Então, só para contextualizar, a VLAN 2122, entre o Switch 1, DmOS 1 e DmOS 2, se o endereço IP é 2122, ele é um /31, porque eu só preciso de 2 IPs. E redes mistas geralmente nós fazemos um /30, mas esses equipamentos permitem, sim, você utilizar um /31, que propósito são só 2 endereços IPs. Entre o DmOS 2 e o DmOS 3 e a VLAN 2223, com IP 2223, entre o 3 e o 4, VLAN 2324, entre o 5 e 4, e VLAN 3524, entre o 3 e o 5, VLAN 2335, e aqui embaixo a VLAN 2135. Então sempre que a gente olhar em uma saída depois de um comando, VLAN 2135? Entre 1 e 5, VLAN 2223, entre 2 e 3. Só para facilitar aqui a gestão do laboratório. Então quais são as configurações envolvidas? Eu vou passar, vou comentar um pouquinho delas e vou trazer a linha de comando. Então, a primeira coisa é associar o LDP a loopback, depois informar quais são as minhas VLANs, quais são as minhas interfaces que eu vou gerar as labels e quem vai ser o meu vizinho, ou quem eu vou ter a minha VPN estabelecida. Se eu quiser colocar uma senha, vamos colocar quarto passo para sessão LDP eu também posso adicionar. E na sequência temos aqui os shows que vamos verificar. Deixa eu pegar uma linha de comando aqui. Estamos com os cinco equipamentos, vou só minimizar para que a gente possa acompanhar, tanto o slide quanto a linha de comando. Então eu vou mostrar o que nós temos configurado aqui, ó: `show MPLS LDP neighbor brief`. Não tem nenhum vizinho de MPLS aqui. Vamos olhar a configuração, se eu tenho algo. Não tenho nenhuma entrada nesse equipamento com MPLS, diferente das outras abas ali. Vamos espiar o roteamento, o que nós temos? Então tem um processo chamado de número 21 rodando nesse equipamento. O ID, ele é um processo local, só é válido para

esse equipamento. Vejo muito o pessoal usando processo 1 para tudo. Poderia ser, ou eu posso identificar o processo. Eu gosto muito de utilizar ali a questão [ininteligível] do switch final 21, endereço IP, então eu tento sempre fazer uma associação a esse endereço final. Então por isso processo 21. O Router-ID, o endereço da loopback desse equipamento, que é 21212121. De novo, cuidem com a RFC 1918, aqui é só laboratório para facilitar entendimento. Estou com esse MP habilitado, ele é só válido para o roteamento no caso desses equipamentos. Tem uma área zero configurada com algumas interfaces associadas. Inclusive, aqui, olha, entre o switch 21 e o 35, DmOS 1 e DmOS 5, o tipo, como point to point, porque eu tenho um enlace ponta a ponta. Eu não tenho uma rede multiaccess. Posso ter BFD também habilitado se eu quiser, para ajudar nos tempos de convergência, e a interface loopback aqui associada, entre outras configurações que esse equipamento também tem. Então vamos partir para configuração: config MPLS LDP LSR ID e a loopback, que eu tenho habilitada, no caso aqui é a loopback de número zero. Opa, qual é o próximo passo? Informar qual é a interface de camada 3 que eu estou utilizando. Vou usar o TAB aqui para colocar o nome das minhas interfaces. Aqui, a infra, OSPF, MPLS, Switch 1, Switch 22, que naquele sentido assim, e a interface L3 que é da parte de baixo ali, a infra entre o Switch 21 e o Switch 35. São os endereços finais ali do meu equipamento. E já vou aplicar config. O que a interface L3 vai fazer? Ela vai gerar minhas labels. É aqui que o protocolo LDP está atuando. E, digamos assim, se esse equipamento vai ser só um LSR, está pronta a minha estrutura. Estou na mágica do MPLS, está feito.

Não, Tati, além dele ser um intermediário, ele também vai ter a entrega de uma VPN, vou iniciar uma VPN nele e vou terminar a VPN nele. Então nós vamos adicionar o vizinho, fazer um exit aqui, que é um neighbor target. Quem vai ser o vizinho dele? Então o 21, ele está fechando um circuito lá com o 23, então vou botar loopback daquele equipamento. A hora que eu subir, configurar uma VPN, por exemplo, de camada 2, eu vou ter ela estabelecida e vou aplicar a configuração. Vou aumentar aqui um pouquinho [ininteligível] para a gente explorar ali, tanto a configuração quanto a questão dos shows. Então vamos lá. Dentro desse sistema operacional eu posso usar o duo para ver toda a parte de status, ou poderia digitar um end e sair lá direto para fora do modo de configuração.

Vamos lá. Show running config MPLS. Vamos ver o que tem de config de MPLS. Então ele aqui associado a loopback de número zero. As duas interfaces de infraestrutura que eu tenho ali, já vou voltar no cenário, e o endereço IP da loopback do meu vizinho. [ininteligível] aqui, vamos voltar no nosso cenário e vamos trazer o show aqui para frente. Então estamos olhando o DmOS número 1, associado a

loopback dele. A interface, aqui ó, switch 2122 é a minha VLAN 2122, eu já pedi a geração de labels nesse enlace, e a 2135, que é a parte aqui debaixo da topologia. E o meu vizinho de VPN vai ser o switch número... de loopback número 23, que é o DmOS 3. Opa, assim acho que fica legal. Então visualizamos as configurações. Vamos olhar MPLS, então: show MPLS LDP neighbor. Vamos ver se a gente tem vizinhança. Brief. Então switch identificado com loopback número 22, que é o DmOS aqui 2, o 35, que é o DmOS 5, e o meu vizinho, que eu quero fechar a VPN, que é o 23, que é o DmOS de número 3. Todos os 3 vizinhos estão operacionais, os 2 diretamente conectados, DmOS 2 e DmOS 5 estão com membro linked, ou seja, estão diretamente conectados. Eu já tenho a geração das labels. E o 23, ele é um vizinho indireto. Eu tenho alguns equipamentos no meio para chegar até ele. E com ele também que eu quero fechar o meu túnel depois de camada 2.

Vamos ver as labels, Tati? Vamos: Show MPLS forwarding(F) label. Isso aqui é no olhar do switch DmOS número 1. Ele tem aqui: vizinho. Destino: switch DmOS 2; destino: DmOS 3; destino DmOS 4; e destino DmOS número 5. E aqui é aquela mágica que eu falei para vocês que tudo vai ser configurado, juntamente com as suas ações. Se é uma ação de PHP, então sou o penúltimo. Se eu vou inserir uma label, se eu vou fazer um swap, e assim por diante. Então vamos fazer o seguinte: DmOS 1 chegar até o 23, pode ser até o 23. Vamos brincar aqui de para lá e para cá no slide. Vamos pegar a caneta, vamos pegar uma cor rosa, vamos imaginar que a gente tem um cliente aqui e um cliente aqui. Colocar cor preta. Esse cliente não manda label, está mandando o fluxo dele. Esse equipamento está se comportando como um Provider Edge. O meu destino é a loopback de número 23. Eu vou receber esse tráfego sem label, então switch 21, destino 23, vou pegar a primeira linha, olha só, porque vou fazer uma ação de push, de inserir uma label, porque não está vindo label de entrada. Mas eu vou colocar label de saída número 23. Em qual direção? Entre o switch 21 e o 25, ele está indo ali por baixo. Então label número 23. Essa label 23 está sem DmOS 1, ela vai chegar aqui no DmOS 5, label 23. Vamos acessar o switch número 5: show MPLS [ininteligível]. O destino é o 23. É a primeira linha? Não, porque o switch DmOS 5 está se comportando como um LSR? Então eu vou pegar segunda linha, vou receber, vou ter na entrada a label de número 23, realmente aquilo ali que a gente está olhando, aprendi ela via LDP, só que a minha label de saída é implicit null, por quê? Porque eu sou um PHP, eu sou o penúltimo. Então vamos lá. Ele está com uma função, ele é um LSRiin fazendo PHP. Está recebendo a label 23 e está trocando para implicit null na direção 2335. Vai chegar aqui a 3, ele: "Opa, é para mim isso. A entrega é aqui no meu equipamento". Então ele reconhece essa label do LSP de número 3, que faz a entrega do circuito. Vamos fazer o sentido contrário.

Começar com azul. O cliente vai mandar o fluxo, né? Dar upstream no sentido do LSP. Vai mandar sem label. Vamos no switch 23, que ele é a origem: show MPLS LDP [ininteligível]. Opa. Forwarding table(F). O destino é o 21, porque eu estou no 23 e quero fazer entrega para o 21. A primeira linha eu vou fazer o quê? A inserção do meu cliente, eu estou com a figura de PE. Não tenho label de entrada, e nós vamos ter a label de saída 359 na direção 2223. Olha só o nosso tráfego assimétrico. Qual é a VLAN? Qual é a label? É 359. Tá? Então ele vai sair, vamos pegar canetinha e colocar 359 na direção 2223. Então vai receber a 359. Esse equipamento, nessa topologia, ele está, né? Ele é um LSR mas ele também está fazendo a função de PHP. Então, ao receber a 359, ele vai o quê? Trocar, fazer ação do PHP para 3 e conseqüentemente essa 3 vai receber aqui. Vamos conferir. Vamos lá no switch 22. [ininteligível] em cima da tela, mas não tem problema. Vou abaixar um pouquinho, fica mais fácil, direção ao 21, vou receber a label 359 e vou fazer a função de PHP, porque eu sou o penúltimo, e vou mandar a label de número 3 na direção 2122, entre o switch final 21 e final 22. Conseqüentemente fazendo, descapsulando o tráfego e entregando para o cliente. Como que a gente conseguiu ver o quê? Todas as tabelas de ações e as labels no sentido de up e downstream dos dois equipamentos se comportando como um PE: "Tati, podemos fazer mais alguns testes?". Podemos.

Vamos fazer o seguinte. Vamos limpar a tela, eu vou bloquear, deixa eu ver aqui, deixa eu derrubar um link, [ininteligível] está assim e outro está assim, vamos derrubar, vamos fazer o maior caminho. Eu vou derrubar esse link aqui e derrubar esse link aqui também. Para que a gente tenha o quê? Fluxo nesse sentido aqui ó. Na verdade, não é nesse sentido, né? Desse daqui, né? Está começando aqui e vai fazer todo esse trajeto em azul até chegar ao DmOS número 1 e vice-versa. Vamos derrubar o link entre 21 e 22, então é o link aggregation(F) 1. Vou até aproveitar e mostrar para vocês aqui o show dele. Link aggregation(F) número 1 entre os 2 switches, 21 e 22, e ele tem 2 interfaces de 10 gigas associados. Vamos lá, interface lag número 1 admin status down, e vamos aplicar. Então matamos esse enlace. Agora lá no switch... pode ser no 35, vai derrubar aquela interface: configure interface [ininteligível] número 1, colocar shutdown e aplicar a configuração. Vamos lá para o switch número 21. Vamos dar o enter aqui e vou atualizar aqui minha tabela. Então o meu destino é o 23. Eu vou fazer... não tem label de entrada e vou colocar label de número 18 no sentido 2135. Então vamos lá. Então não tem label de entrada e vou trocar para label 18, que vai chegar label 18 aqui nesse enlace que a gente viu entre o 21 e o 35. Vamos lá no switch de final 5, DmOS 5. Deixa eu escolher [ininteligível] aqui [ininteligível] MPLS forwarding table(F). O destino é o 23, temos duas linhas. Como ela é uma LSR, está com esse papel, eu vou olhar a segunda linha, que é onde ele está

fazendo swap. Ou seja, ele vai receber a label 18 e vai trocar para 116 no sentido 2435. Label 116. Que esse equipamento vai receber a label 116 e vai trocar para outro. Vamos ver. Quatro... opa, forwarding table. Vamos ver? Com destino ao 23. Deixa esconder aqui para não atrapalhar. Duas linhas, eu vou olhar a segunda. Vou receber a 116 e vou trocar ou fazer a função do PHP que é o implicit null, porque eu sou o penúltimo. Então recebo, a 116 e coloco implicit null que é a 3 especial, vai chegar aqui e vai entregar o tráfego.

Vamos fazer o sentido, agora, contrário. Vamos pegar agora olhar do 23, DmOS 3 para DmOS 1. Então, aí também está sem label. Vamos lá no 23. Vou repetir o comando. Destino é o 21. Então, vem sendo inserido a função de [ininteligível], vou olhar a primeira linha. Não tem label de entrar, eu vou a label de saída 257, entre o DmOS 3 e o DmOS 4. Então 257. Esse equipamento aqui, o DmOS 4, ele vai receber 257 e ele vai fazer uma ação de trocar esta label para... vamos lá, vou esconder aqui novamente, 24. Vai receber em direção ao 21, a label 257 vai trocar para a 16. Vai trocar para 16. Ou então o DmOS 5 vai receber essa 16 e vai trocar para 3, porque ele está aqui com a função de PHP. E vai chegar aqui e vai [ininteligível]. Então, vamos ver se é isso mesmo, se a Tati não está mentindo. Vamos lá no DmOS 5... show MPLS forwarding table. O destino é o 21. Vamos olhar a segunda linha. Então, ele vai ter uma label de entrada 16 e a label de saída implicit null que é de número 3, fazendo a entrega. E, com isso, a gente olhou todas as labels. Então vamos escrever elas aqui, ó: DmOS 1 para o DmOS 3. Então, ficou rosa. Não tenho label, estou inserindo o cliente, pegou a label 18, depois trocou para a 116, fez uma ação de swap, fez o implicit null, pegou no cliente. DmOS 3 para o DmOS 1. Então cor ouro ali, laranja. Sem label, recebeu a 257, trocou para 16, e depois para o especial 3 e fez a entrega. Então aqui a gente conseguiu conferir, fazendo convergência dos circuitos todas as trocas de labels e as ações de inserção do pushing, a função do PHP, swap e assim por diante.

Então vamos fazer o seguinte, vamos apagar aqui, porque agora a gente já aprendeu. Não, antes disso, antes disso. Deixa eu pegar a linha de comando de novo. Tem um outro comando para vocês, aproveitando aqui esse cenário, que é o Database. Então pegar lá no 21, pode ser. Então. MPLS, LDP, Database. Forwarding table, que nós acabamos de ver e conferir. E aqui nós temos a Database. Na Database, nós temos todas labels para todos os possíveis caminhos. Claro que aqui eu baixei dos links. Tem um link aggregation em down e uma interface de 40 giga ali, a hundred, operando a 40 em down. Mas aqui a gente tem o quê? Os nossos destinos, vamos pegar aqui o destino 23, pode ser. E a mesma lógica, 23, e eu vou olhar ele, 23, aqui, ó. Tem o label de entrada? Não, não tem label de entrada, ó. Tem

o label de saída? Sim, eu tenho 18. Eu tenho aqui, ó, a label de saída número 18. E esse meu caminho, ele está ativo. "Claro, Tati, a tabela está pequeninha, então, assim, está fácil entender. Dá para recuperar os links?". Dá para recuperar os links. "Podemos ver de novo?". Sim. Deixa eu apagar aqui. Vamos subir o link, que é a hundred, que a gente tinha colocado ela aqui em shutdown. Então vamos tirar do shut. Perfeito. E a outra foi o link aggregation aqui do Switch 22, eu vou subir, tirar ele administrative down e botar ele em... vamos lá, pronto. MPLS 1, vamos olhar a forwarding table. Vamos esperar ela aqui subir. E já foi, acredito que sim. E vou puxar a Database. Show MPLS, LDP, Database. Pode ver que a Database cresceu um pouquinho. Vamos pegar um aqui que fique fácil da gente olhar. Pode ser o 35. Pegar aqui o nosso marcador de texto, a cor rosa é a canetinha. Então aqui, em cima, o endereço 35 com duas entradas, ó. Onde ele está aqui? Está aqui, ó, as duas entradas. Vamos fazer colorido para vocês acompanharem. Eu tenho uma opção de não ter label de entrada. É o 35 aqui, ó. Não tenho label de entrada. Esse aqui a gente tem mais um 35 aqui em cima, ó. Tinha passado despercebido esse 35 aqui em cima. Deixa eu marcar ele. Opa, está amarelo. Então, não tem protocolo aprendido, porque não tem label de entrada. E nessa ação eu tenho um...? Implicit null. Eu aprendi via LDP. Onde eu tenho o implicit null? Olha só aqui, ó, está ativa, o implicit null é a label 3. E eu estou indo no sentido do Switch 35. Até porque ele está diretamente conectado ali nesse 21. Aqui, as evidências. Que é a primeira linha. Pegar um laranja aqui. Mas na segunda linha tu tem essa label 19 aqui, ó. Essa label 19 vai encontrar ela aqui. Caso esse equipamento seja um LSR, ou seja, ele vai receber uma label, e isso vai estar vindo de quem? Do 22. "Como assim, Tati?". Se a gente olhar a topologia, não tem aqui, ó, DmOS 2, que tem o IP 22; DmOS 1, que tem o IP 21; e eu tenho o 35 aqui? Então eu estou no olhar do 21. Então, se eu receber uma label 19, ela é originada aqui, ela vindo pelo 22, a label 19, eu vou sair com implicit null, que é no sentido aqui de Downstream. E eu estou olhando a label aqui, também, ó, fazer aqui do ladinho, o número 3 aqui, saída.

Então como Upstream, vamos pegar outra cor aqui, pode ser a rosa. Rosa não, azul. No meu sentido Upstream eu tenho duas entradas na minha tabela, a 19, quando eu sou um... ou eu tenho uma porção de LSR ou de PHP. E aqui, ó, sem a label, que é a outra linha. Como o label de saída, aqui, ó, o implicit null, eu tenho ela no sentido Downstream. E a gente enxerga ela aqui, ó, marcada. Está bem colorido esse quadro, né? Marcado aqui em azul. E assim a gente fez a correspondência entre a forwarding table e a Database do equipamento. Vou apagar. E deixa eu dar uma olhadinha no que mais de comando a gente tem. Show running, nós verificamos. Show MPLS, LDP, vou interrogar aqui. Database, verificamos. Neighbors, a gente

fez o comando do brief. Mas se eu não colocar o brief, eu vou ter aqui o detalhadamente para cada uma das minhas adjacências, cada um dos meus Peers. Então, aqui, ó, DmOS 2, com IP de loopback 22.22.22. Qual foi a última alteração, o estado, se ele está operacional ou não, as temporizações, os endereços remotos e eu tenho uma adjacência do tipo basic que é a linked. E assim para o 35 e para todos os meus vizinhos aqui, ó, 23. Que mais nós temos aqui? Deixa eu interrogar. E os parâmetros? Deve ter parado... toda a parte... qual é a versão do protocolo, qual é o tipo de alocação, encapsulamento, modo de distribuição, modo de retenção e os endereços IPs desse equipamento, o 21. Então ele a interface do loopback, que é a 21. A interface VLAN ali só para dar o IP entre o 21 e o 22, e o outro endereço IP entre o DmOS 1 e o DmOS 5, que é a parte de baixo. E aqui a gente finaliza toda a configuração para infraestrutura. Então vimos a questão dos conceitos, configuramos o equipamento, verificamos os shows correspondentes e ainda provocamos uma falha para ver ali as labels funcionando.

A engenharia de tráfego aplicada a redes MPLS tem um propósito de otimizar os recursos atuais da sua rede, tentando resolver as limitações presentes no protocolo de roteamento tradicional e também nas infraestruturas MPLS, onde utiliza o protocolo LDP. Essas limitações, na verdade, são as características de construção dos próprios protocolos. Como a gente pensa a respeito do protocolo de roteamento, ele sempre vai buscar a melhor ou rota de menor custo de uma origem até um determinado destino, deixando alguns links ociosos, justamente pela sua própria característica. Já a infraestrutura utilizada no MPLS, com protocolo LNP, ele vai seguir o roteamento, também, conseqüentemente, não explorando todo o potencial que é possível entregar aos seus clientes. Então, analisando um pouquinho essa topologia que nós temos no slide, vamos pensar que todos os links, eles são de mesmas velocidades, então o caminho escolhido, ele será aquele sinalizado por 1, o verde. Ele tem o menor custo do R1 até o R5. Aí, você pode falar para mim: "Tati, tudo bem. Eu vou ali e manipulo o custo do OSPF". Beleza, legal, o que vai acontecer? Tu vai tirar esse primeiro, esse caminho sinalizado como 1, como o principal, e vai migrar para o 2. Você só está alterando a situação de limitação de um lado para o outro, de cima para baixo. Você ainda vai continuar tendo aquele link sinalizado com o 1, se você manipular a custo, ocioso. Então essa é a ideia que a engenharia de tráfego vem para trazer, dar essa flexibilidade para que você possa melhorar o desempenho da entrega dos serviços, conseqüentemente da qualidade do serviço ofertado ao seu cliente.

Então, a principal ideia da engenharia de tráfego é o quê? É buscar um uso mais eficiente dos seus recursos. Sejam eles já de

equipamentos instalados, a redução da ociosidade dos seus links, sejam eles próprios ou contratados, alugados, e realizar melhor balanceamento da carga dos links, usando todo esse potencial que você tem, independente se é uma porta giga de 10, 40 ou 100 giga. E o RSVP, ele vem para dar suporte, para dar esse apoio à engenharia de tráfego. Porque é ele que vai fazer o estabelecimento dos túneis entre os dispositivos, entre os equipamentos. E, diferente do LDP, ele vai permitir que você, como administrador da rede, manipule isso, informando, por exemplo: Ah, não quero seguir o IGP, quero seguir o caminho, aquele lá de baixo, passando lá pelo caminho sinalizado em vermelho, que a gente viu dois slides atrás. Ou não: Quero passar por determinado equipamento... não me importa como você vai chegar até lá. Ou até mesmo atribuindo características para o seu link para que a engenharia de tráfego faça algo mais automatizado, faça algo mais automático. O RSVP, com extensão de engenharia de tráfego, ele foi definido na RFC 3209, onde ela incorpora ao protocolo a permissão do estabelecimento dos caminhos para uma rede MPLS.

Dentro da nomenclatura do RSVP, lembrando que o túnel, ele é unidirecional, similar ao que nós vimos na infra do LDP com o LSP. Aqui, o equipamento que inicia o túnel vai ser chamado de head end. E o equipamento que termina o túnel, que a gente só configura túneis nas bordas, que é uma das vantagens do MPLS, ele é chamado de tail end. Em um sentido, então, vamos pensar, esse aqui é o equipamento A, e esse é o equipamento B. Então o A, nesse sentido de A para B, ele é o head end e, quando for de B para A, o B vai virar o head end; e o A, o tail end. Então, a nomenclatura, vocês vão ver também, além de literatura, no show dos equipamentos.

A engenharia de tráfego, para o MPLS-TE funcione corretamente é importante que seu IGP, por exemplo, o seu OSPF, ele seja capaz de enviar todos os estados de links para os dispositivos presentes, ali, onde o MPLS, com engenharia de tráfego, ele foi habilitado. Então, para isso, foi criada, foi escrita, foi desenvolvida a RFC 3630, que adiciona extensões ao protocolo OSPF de engenharia de tráfego, e a 2370, que define as melhorias para suportar esse novo estado, essa nova classe de estado de link, a SLA (sic) do tipo opaque. Em específico, o OSPF, ele vai usar a SLA (sic) do tipo 10, que é essa aqui que a gente está olhando aqui, o corpo dela. O corpo da mensagem aqui ao lado. Ela é do tipo 10 opaque e ela tem a abrangência a uma área OSPF, ou seja, ela funciona dentro da área 0 ou dentro de uma única área, ela não é interárea.

Para o estabelecimento dos túneis, vamos começar ali afinando, chegando mais perto ali das configurações e de algumas características e conceitos, nós podemos estabelecer os túneis de duas formas. Utilizando o critério do Explicit Path ou utilizando o affinity bits. São as

duas opções mais utilizando. Então, quando a pensa no Explicit Path, como o próprio nome diz, é um caminho explícito. Eu vou ali, vou informar para o equipamento, para a engenharia de tráfego como ela vai se comportar. Então nós temos duas opções, e isso sempre vai no sentido do head end até o tail end. É ele que... é a partir dele. Então uma strict route, ela é o quê? Ela consiste em uma declaração ordenada de todo o caminho. Ela tem que ser fiel ao que eu estou configurando. Então eu tenho um salto A, depois o salto B, o C, o D, o E, e assim por diante. Esses equipamentos, eles necessitam estar conectados entre si. Sempre o próximo salto tem que ser realmente o próximo. Eu não posso falhar um, porque o caminho vai seguir, aqui, ó, está até em vermelho: "Fiel e rigorosamente o caminho configurado". Então, olhando aqui do lado os equipamentos sinalizados aqui amarelinho, laranjinha, então se eu vou sair do DmOS A ir para o DmOS E utilizando o strict routes, eu vou ter que informar aqui, ó, qual é o primeiro salto, qual é o endereço da interface que está aqui nesse próximo e depois a interface que está nele. E isso se tiver dez equipamentos, os dez endereços. Sempre o endereço IP de próximo destino.

Ou eu posso utilizar o loose routes. Aqui não eu preciso explicitar salto a salto. Eu posso dizer para o equipamento: eu gostaria que você passasse aqui no equipamento sinalizado em verde, que é o DmOS B. Se ele vai usar o caminho via C, ou via D ou direto via E, tanto faz. Quem vai fazer esse trabalho sujo, vamos falar assim, é o teu roteamento. Você só está determinando ponto intermediário, ou um endereço intermediário, que pode ser obrigatório ou estratégico conforme a sua topologia. Então para chegar até lá você usa o recurso do IGP. "Se tiver uma falha do link, Tati? Ele está, por coincidência, pegando direto? Teve uma falha." Não tem problema, o teu IGP vai atuar e ele vai, por exemplo, ir via C. Falhou ali via C? Ele vai pegar via D. Porque você informou... claro, desde que você tenha caminho, rotas, alternativas para aquele destino, ele vai dentro dos tempos de convergência ali do roteamento, por exemplo, o OSPF, alcançar equipamento que você escolheu como estratégico. Então ali vai ser uma combinação, a escolha do caminho é a combinação do que você informou, que ele tem que passar junto com a sua tabela de roteamento. "E Tati, o que eu preciso fazer para configurar essa tal de engenharia de tráfego?". Então nós vamos, né? Vamos passo a passo, devagarinho, vamos pensar primeiro na questão do Explicit Path. Então vamos... O que nós temos aqui? Roteamento configurado. Ok, está pronto. A infra do LDP para a geração das labels. Sim, fizemos no exercício anterior, ali no laboratório anterior. Habilitar o MPLS-TE no roteamento. Não, isso a gente ainda não fez. Então vai ser aqui, temos um... colocar a cor aqui, o primeiro passo de configuração novo, finalizando na corzinha rosa. Depois, associar as interfaces ao RSVP, definir o caminho de engenharia de tráfego. Nós vamos fazer dois labs,

um com Explicit Path, strict route, e outro com loose. Depois, definir a interface túnel, criar interface túnel, falar para ela por onde você vai, quais são os caminhos que você vai percorrer e associar a um túnel de L2VPNm que vai ser um pouquinho mais para o final, para fazer as entregas dos serviços e mais alguns testes.

Então vamos lá. Este é o nosso cenário. Deixa apagar aqui que temos riscado. A ideia de um túnel principal, ela está sinalizada ali, com o número 1 em verde. Então vai seguir, aqui, ó, entre o DmOS 3 e o DmOS 1. Os quatro equipamentos aqui estão configurados, com exceção do DmOS 1 que eu marquei aqui com uma setinha azul. É ele que nós vamos aplicar as configs, os demais estão configurados. Só aqui no DmOS 3 aqui, eu botei os túneis em administrativo down para que a gente possa acompanhar a subida direitinho, sem impactos na visualização. Daí a gente vai lá e só tira ele do shutdown, vamos falar assim. Então, para entrega de um serviço A, vamos falar assim, nós vamos utilizar como caminho principal DmOS 1 para DmOS 2 e DmOS 1. Depois, DmOS 1, DmOS 2 e DmOS 3. Caso eu tenha uma falha nesse caminho principal, seja aqui entre o 2 e o 3 ou entre o 1 e o 2, ele vai pegar o caminho alternativo aqui, ou de backup, secundário, como queiram, sinalizado na cor vermelha pelo 2. Recuperou o link, ele retorna aqui ao principal. Então, apagar aqui, e vamos, antes de puxara linha de comando, dar uma olhadinha quais são as configurações. Então entrar dentro do roteamento e habilitar o MPLS-TE. Alterei de lá para loopback para que ele possa gerar as SLAs (sic) do tipo 10 opaque. Vamos associar o RSVP, para que tenha toda sinalização do protocolo, as interfaces. E vamos explicitar o caminho, utilizar o Explicit Path, fazendo os saltos que nós precisamos e depois as verificações.

No próximo slide, para interface túnel, a gente vai voltar e vamos, primeiro, para o lado de cá. Diminuir um pouquinho a tela para que todo mundo possa acompanhar. Vamos entrar lá no modo de configuração, router, OSPF, meu processo é o 21 dentro desse equipamento. Na dúvida eu posso digitar um show aqui e conferir que eu tenho as minhas configurações. E vamos lá: MPLS, router-ID e a loopback é a de número 0. E vou aplicar o commit. Poderia deixar para aplicar depois. O que ele vai perguntar: Olha, para habilitar MPLS preciso 'reinstalar' o processo do OSPF, sim? Sim. Perfeito, é isso o que eu quero, quero aplicar a engenharia de tráfego. Então beleza. Vamos abaixar um pouquinho para poder encaixar os dois aqui. Isso. Vou lá para o modo de configuração e vou, dentro do MPLS, RSVP e vou associar as interfaces que vão participar. Então, interface L3, e vou dar um tab. Então é a que faz conexão com o Switch 22, e a interface que faz conexão lá com o Switch 35, que é o DmOS 5, são os IPs finais. E vou aplicar a configuração. Ok. Pensando em subir infra com

engenharia de tráfego, está pronto. Nós entramos dentro do roteamento, habilitamos o MPLS-TE para geração das SLAs (sic) e aqui para que o protocolo RSVP possa solicitar as labels, possa fazer trocas todas, solicitação do seu caminho, com mensagem de path e recebeu o RVSP lá com as informações solicitadas e fazer esse estabelecimento dessa sessão.

Próximo passo, vou até aumentar um pouquinho aqui, começar a definir o caminho explícito. Então vamos lá, top, vamos entrar dentro da MPLS traffic engineer. Se eu tenho dúvidas, eu posso até digitar um show, ó, não tenho nada aqui configurado, ele está limpo, e vamos usar o Explicit Path e o nome que eu vou dar. Quanto mais fácil o nome, quanto mais intuitivo, mais fácil depois vocês vão ver que vai ficar nos shows. E além de vocês também seguirem a documentação de vocês. Tenham o hábito da documentação, de colocar nomes, description, porque isso é vida, isso ajuda no dia a dia. Então como eu vou fazer um caminho principal, eu vou chamar ele aqui de principal. Perfeito. Mas eu tenho de opção aqui, ó, determinar meu próximo salto. Então como eu vou explicitar quem eu quero salto a salto, eu vou escolher, por exemplo, hop, eu tenho um ID, posso fazer em sequência, primeiro salto, segundo, terceiro, quarto ou quinto ou botar ele assim: 10, 20, 30, 40... que se um dia aparecer um novo equipamento ou um novo salto antes, eu consigo encaixar ele ali sem fazer grandes mudança nas configurações. Mas eu vou utilizar como 1 para facilitar o entendimento. IPv4, *next address* e o endereço IP de próximo salto. Então, vou fazer o seguinte, vamos voltar aqui ao desenho da nossa topologia, que aqui a gente tem os IPs, puxar o CLI de novo. Então a gente está na direção do 21 para o 23. Meu caminho principal vai ser em cima. Então o endereço IP ali é: 10.21.22... deixei uma colinha ali em cima, .1, e ela vai ser do tipo strict. Qual é o meu segundo salto? Hop 2, IPv4, *next address*, 10... meu segundo salto está ali, ó, opa... 10.22.23.1, strict. Então esse é o estabelecimento do meu caminho principal, seus dois saltos.

Vamos aproveitar e já vamos fazer o caminho secundário. Vamos lá. Explicit Path, vou chamar aqui de caminho secundário. Então vamos fazer assim, ó. Isso, perfeito. Hop 1, primeiro salto, IPv4, *next address*, 10.21.35.1. Esse carinha aqui de baixo, ó. Entrada aqui no DmOS 5, strict. Hop 2, IPv4, *next address*, o próximo salto é o 10.35.24.0, strict. E o próximo, hop 3, IPv4, *next address*, 10.23.24.0. É chegada lá no 23, ou DmOS 3. Feito, commit, configuração aplicada com sucesso. Então, meu caminho principal... vamos fazer um *exit* aqui e vamos digitar um show. Meu caminho principal tem dois saltos. A chegada no DmOS 2 e chegada no DmOS 3. Meu caminho secundário, chegada no DmOS 5, chegada no DmOS 4, e chegar no DmOS 3.

Configuração dos meus caminhos estabelecidos, agora, nós vamos para onde? Para aquele segundo slide aqui que é a criação do meu túnel. Aqui um pouquinho... Isso, perfeito. Vou fazer os dois. Top, interface túnel... vou chamar interface túnel 1, começar do primeiro. São 65 mil possibilidades de [ininteligível] túnel. Vou colocar um nome, então vou chamar aqui de túnel 1, explicit, strict, DmOS 1, DmOS 3. Então qual é a minha origem? Então, está falando ali o nome do meu túnel, estou chamando de T1, para referenciar túnel 1, ele é explicit, no tipo strict, e está saindo do DmOS 1 em direção ao DmOS 3. Posso colocar uma description. Quando mais documentação, melhor. Interface túnel... posso botar assim, em seguida, ou posso até botar com aspas duplas aqui, ó. Interface túnel 1, strict, DmOS 1, DmOS 3. Ok. Próximo passo, quem vai ser destino? Qual é o meu túnel, que está iniciando no 21, e ele vai... que é o head end, e meu tail end quem vai ser? A loopback do 23, DmOS lá, sinalizado com [ininteligível] DmOS 3. E agora a minha opção de caminho, meu path option. Então, por exemplo... Deixa eu subir um pouquinho, eu preciso olhar. Isso. Meu path option, o ID dele, então eu tenho de 1 a 255. Vou escolher o ID 1, path option 1, explicit name e vou apertar o tab. O que eu quero? Eu tenho um caminho principal como o primeiro caminho, ou o caminho secundário como primeiro caminho? É o caminho principal como minha primeira opção. Caso esse caminho, ele falhe, eu quero uma segunda opção de caminho, então path option 2, explicit name, caminho secundário.

Vamos ver como ficou a config, show. Então, nome da minha interface túnel, a sua descrição, qual é o meu destino, minha primeira opção de caminho, que eu quero que seja o meu caminho principal, por isso que eu coloquei aqui nome, e minha segunda opção caso o path option 1 tenha alguma falha. É isso. Vamos lá e vamos aplicar o commit. Configuração realizada com sucesso. Aplicado ali.

Vamos abrir só um pouquinho aqui e vamos começar com alguns shows. Do show running-config, MPLS, RSVP. Então tem as duas interfaces aqui que nós configuramos. Vamos puxar o roteamento. Router OSPF, MPL... opa, MPLS. Aqui, ó, a configuração que nós realizamos, a parte de MPLS com engenharia de tráfego. Caminho explicit, chamado como caminho principal, e outro caminho explicit aqui, com o strict os dois, como caminho secundário. Vamos ver se o túnel subiu? Do show, MPLS traffic engineer tunnel brief. Temos aqui, no olhar. Aqui, nós temos o nome do túnel. Então lá a importância de que eu coloquei um nome dentro da interface túnel. Facilita aqui na visualização, é o túnel 1, explicit, strict, ó, DmOS 3. Qual é o meu destino? É o meu tail end, opção de caminho 1, opção de caminho 2. Não tenho label de entrada, porque eu sou head end ou TE, e a label de saída, e no sentido que ele está saindo, que é o 2122. Aqui, ó, quem

é o 2122? Esse primeiro link aqui em verde. Aqui a nossa VLAN ali, 2122, ela é interface de saída.

Só que eu comentei com vocês que eu coloquei o túnel aqui no DmOs 3 em... de forma administrativamente em down. Então, vamos fazer o seguinte, vamos lá no 23, config, interface túnel 1. Antes de tirar, eu vou até mostrar para vocês aqui, o nome explicit strict entre 3 e o 1, uma description. Quem é o tail end? Porque o head end aqui é o 23, está em down. E as duas opções de caminho. Aqui eu usei como 10 e 20, mas poderia ser 1 e 2, não tem problema. Então, aqui, a gente vai fazer o quê? Vamos tirar do administrative status e vamos botar ele em up e vamos aplicar config. E vamos ver se ele já subiu lá do outro lado. Enter e... Ah, ele está aqui, ó. O nome é colocado lá dentro do 23, então está aqui, config, explicit, script 3, 1. Aqui, ó, explicit, script, DmOs 3 para DmOs 1. Quem é o destino? O destino é esse equipamento mesmo que a gente está olhando, que é o 21. Qual é a instância que está usando? A instância 10 lá do outro lado, com uma entrega para esse equipamento, então, não tem uma label de entrada. E a VLAN que está vindo isso é pela VLAN 2122, e ele também está up aqui do outro lado. "Tati, essa segunda opção aqui está em down". Sim, porque essa é a minha opção de backup. Então, ela só vai ficar up a hora que a minha instância 1, que é o meu caminho principal, tiver um problema no seu caminho, mas nós já vamos ver na sequência.

Vou repetir o comando aqui e vou botar o ID do túnel como 1, para que a gente possa conferir os seus detalhes. Então, a origem, loopback do DmOs 1, destino loopback do DmOs 3. Está up e operacional, em head end. Meu path 1, quais são os atributos no meu caminho 1? Ele é o tipo explicit e está ativo e ele tem uma label de saída aqui que é a 363. A segunda opção de caminho, atributo do segundo, também é explicit, mas ele não está em operação. Ele não está ativo, está guardando a operação. E os caminhos, quais são os IPs que eu estou utilizando nesse caminho? O 10.21.22 e o 10.22.23.1, aqui em cima. "Tati, vamos derrubar o link ali no DmOs 2?". Vamos. Qualquer um dos dois links aggregation. Então vamos vir aqui. Ah, vou aproveitar aqui e vou habilitar um debug, tá? Do debug, enable proto RSVP. Vamos deixar ele ali. Caso a gente tenha alguma alteração de protocolo, ele vai 'printar' na tela. Vamos lá, botar o log 1, enter. Ó, já ativa a sinalização aqui do debug, da mensagem de depuração que um túnel, o túnel na instância 1, ela foi para down. A instância 10, no outro sentido, foi para down. A instância 20 e a 2, a 20 em direção do 3 para o 1; e a 2, do 1 para o 3, e elas estão up. "Sério isso mesmo, Tati?". Vamos dar uma olhada aqui. Vamos tirar aqui, vamos botar o briefing. Ó, a primeira está em down, que é a minha primeira opção, o meu caminho principal. Subiu a segunda, que antes estava em down. E

aqui, ó, subiu a opção 20. Do outro lado, a instância 20, que é o meu segundo caminho que é o meu backup, ou secundário. Vamos conferir nos dois os detalhes. Então, vamos botar aqui ID 1, do túnel 1. Então, origem, destino, está up operacional. Atributo do meu primeiro caminho é explicit, mas ele não está ativo. E eu tenho como ativo agora o segundo caminho, a instância, nesse equipamento chamado de 2. Quem são os IPs? Vamos subir a tela aqui, 10.21.35.1, a entrada do DmOs 5, no equipamento; 35.24.0, entrada no DmOs 4; e o 10.23.24, que é o equipamento aqui de cima. Vamos olhar no 23? Vamos. Do show MPLS traffic engineer, túnel ID 1. Origem 23 para o 21 está operacional, está up. O caminho 1, que é o sinalizado como instância 10, não está operando. Quem está operando é o de instância 20, ou o segundo com as informações do caminho de backup. Então, 23.24.1. É aqui, ó, a entrada do DmOs 4, no outro sentido, 35.24.1 e 10.21.35.0, que esse é o endereço IP. A questão de 0 e 1, no final do IP, porque estou usando uma máscara /31 porque a gente só precisa de dois endereços ali, tá, gente? Não é rede e nem é broadcast nesse caso, é um ponto a ponto.

Feito. Caminho 1. Verificamos o caminho principal, derrubamos o caminho principal, e a gente está vendo ele fazer a convergência. Agora, vamos retomar o caminho. Em up, aplicar. Vamos vir aqui, vai aparecer a mensagem, debug, a hora que eu vou fazer a 'reconvergência'. E a gente também vai conseguir acompanhar aqui a alteração dos endereços IPs e saindo ali do caminho 2, e indo aqui para o caminho 1. Dar um enter aqui e vou repetir. Então, caminho 1, principal ativo, indo via 2 e via 3, caminho sinalizado em verde aqui em cima. E o segundo caminho, em espera, aguardando, caso eu tenha um problema. Então, aqui a gente pode conferir a criação do túnel e a criação de um caminho explícito.

Qual é a ideia agora? A gente partir... os shows, nós já vimos. Ah, faltou mostrar isso aqui para vocês. Deixa eu voltar. Vinte um, pode ser. Do show MPLS forwarding table. Então, a gente tinha visto aqui lá no LDP. Agora, a gente vai ver também no RSVP. Então, o nome do meu túnel, é mais uma dica para colocar o nome que facilita. Ele vai fazer o quê? Uma ação de pushing, colocar label. Não tem o label de entrada, e a label que eu vou inserir é a 368. Foi aprendida via o protocolo RSVP e a saída é 2120. Aquela VLAN lá associada lá com o meu caminho principal, aquele link aggregation.

Vamos lá no 22. Do show MPLS forwarding table. Aqui eu tenho o caminho nos dois sentidos porque é o Switch 2. Ele está no meio ali do circuito, entre o 3 e o 1, e o 1 e o 3. Então, nós vamos ver os dois nomes lá. O explicit perto do DmOs 3 em direção ao 1, e do 1 em direção ao 3. Ele é PHP nos dois sentidos, ele é o penúltimo equipamento, label de entrada, aprendeu pelo protocolo RSVP, e a

label de saída, que é a de número 3, que é implicit null. Também aprendeu via RSVP, respectivas interfaces de saída. Quando a gente tem a convergência também, nós vamos ver as labels lá no DmOs 4 e DmOs 3 que são os intermediários.

Agora, nós vamos criar uma segunda interface túnel. Nós vamos deixar o strict funcionando lá, é túnel, é um serviço que nós estamos entregando. Toda a parte de engenharia ali para o segundo, utilizando um loose. A ideia, de novo, é configurarmos no DmOs 1, sinalizado ali com a setinha em azul. E a ideia é que o tráfego passe no DmOs 5. Então se ele vai usar DmOs 3, DmOs 5, DmOs 1, ou DmOs 3, 4, 5 e 1, não sei. Ele vai seguir o melhor roteamento. Se o melhor caminho para o roteamento com esse link é na diagonal, ele vai pegar ali para chegar até o 5 e vice e versa.

A configuração é bem similar. De novo, vamos lá no 1, links todos estabelecidos, sim. Então vamos lá, top MPLS engineer. Vamos fazer um show, continua ali, e nós vamos fazer um Explicit Path e eu vou chamar ele de loose. O hop vai ter uns saltos em uma única instância ali, IPv4, *next address*, e eu quero que alcance a loopback do 35 e ele vai ser do tipo loose. Feito isso, aplica a configuração. Vamos criar agora a interface túnel 2. Top, interface túnel 2, vamos colocar aqui um nome para ele. Loose, DmOs 1, DmOs 3. Posso botar uma description [ininteligível]. Túnel 2, loose, via DmOs 5. Feito. Quem vai ser meu destino, meu destination vai ser o 23, meu tail end. E a minha opção de caminho? Por exemplo, path option 1, ele vai ser do tipo explicit, nome, vou apertar um tab, um loose, enter e o commit. Como eu estou com o debug aberto, ele já subiu a interface túnel depois da aplicação do comando. Então, vamos lá, do show MPLS, traffic engineer, túnel, brief. Vamos continuar tendo o túnel de ID 1, é a minha primeira opção de túnel. E aqui tenho o túnel 2, loose. Então, túnel 2, loose do DmOs 1 para o 3, quem é o meu tail end, qual é a instância, instância up. Só que eu não tenho o sentido contrário, porque lá no 23 a interface túnel está em down. Eu vou fazer um exit. Interface túnel 2, vamos olhar, ela é um loose do 3 para o 1. Esse é o nome que eu coloquei. Tem uma descrição. Qual é o tail end, sendo que o head end é o 23, e o tail end é o 21, que é o DmOs 1. E aqui tem o meu caminho. Então vamos tirar do administrative down e colocar ele em up. E vamos aplicar. Deve ter subido do lado de cá, ó. Já vi que o túnel 2, instância 10. Vou voltar lá, instância 10, túnel 2. Setinha para cima, enter. E aqui, a gente tem a ida e a volta, os dois lados da interface túnel de número 2. Na direção, DmOs 1 para 3 e do 3 para 1, para as suas respectivas labels.

Vamos ver os detalhes? Botar um ID aqui, 2. Origem e destino, up. E eu só tenho uma opção de caminho porque quem vai fazer ali... chegar ao desejado que é o switch DmOs 5, vai ser o roteamento. E

ele está saindo na direção o quê? Do 21.35. Ele está pegando o link aqui do meio, ó, 21.35 e 23.35. Ele está pegando aqui na diagonal. Então, vamos fazer o seguinte. Pegar a caneta. Então, o caminho principal que ele está fazendo é aqui. Daqui para aqui. O que eu vou fazer? Eu vou derrubar esse link aqui, para ver se ele vai fazer a convergência aqui, vamos colocar aqui uma corzinha amarela, no outro sentido. Vou esconder aqui. Eu vou ali no switch 5, DmOs 5, e eu vou colocar a interface em shutdown. Feito. Deixa ela ali quietinha, que esse é o meu caminho principal. Ó, já estou vendo aqui pelo debug que o túnel 2 já fez a convergência dele. [ininteligível] continuo com o meu túnel de pé. O outro, a gente não teve impacto, porque é o caminho principal é lá por cima. Não impacta nesse link na diagonal. Vamos pegar o ID de número 2. O brief ID 2. Vamos subi ali, o que a gente tinha antes, ó, 21.35, 23.35. E agora, 21.35, que ele tem que passar no DmOs 5, 35.24 e 23.24. Então, ele pegou o caminho alternativo. Se eu voltar o link, ele não vai fazer a 'reconvergência' do meu tráfego de novo. Não faz sentido eu ficar agora... "Ah, Tati, vai lá, tira do shutdown e vamos ver, cadê o debug, Tati?". Não, ele não ficar agora... 'reconvergir' para aquele link ali na diagonal, porque está atendendo ao critério, está fazendo um match no que eu quero, que é o loose, que é passar pelo equipamento DmOs 5, que tem a loopback de IP 35. Então ele não vai... se a regra atende, não tem por que eu convergir um tráfego. Então ele vai seguir naquele sentido. A menos que eu vá ali e provoque derrubar ali um link. Certo, pessoal?

E aqui a gente conseguiu conferir, se a gente vir também no... Do show MPLS, forwarding table. A gente vai ver a mesma situação. Agora, o túnel loose e por onde ele está indo, no sentido de baixo ali. Ali, a segunda, uma outra opção de caminho quando a gente tem um túnel loose. Pode conferir aqui, todos os shows envolvidos. Fizemos o túnel 1 com caminho do tipo strict e o túnel 2 utilizando o caminho do tipo loose.

Agora, vamos conversar um pouquinho a respeito dos critérios de affinity. Vimos até então, o Explicit Path, caminho explícito. E vamos, assim, botar um pouquinho de flexibilidade, de opções dentro da sua engenharia de tráfego. A ideia do critério affinity é como se fosse colorir um link, utilizando cores. Eu acho que a analogia fica bem legal nesse sentido. Eu vou ter o link amarelo, o link vermelho, o laranja, e assim por diante. É como se eu tivesse um link de rádio, meu enlace de fibra de 100 gigas, meu enlace de fibra de 40, um link de alta latência, baixa latência. Então transformar essas informações em cores, e depois essas cores, em valores hexadecimais e binários, facilita bastante o entendimento. Tenha sempre o desenho completo da sua topologia, quando você pensar em critério de affinity. E não tenha medo de escrever, não tenha medo de categorizar. Não existe

uma tabela: links classificados como o azul são sempre no hexadecimal 01. Ah, links laranjas são 02... Não, você como administrador de rede, vai saber classificar. E não quer dizer também que se eu classificar um link de alta latência, um de baixa latência, ele, realmente, seja exatamente nesse nome. Ou alta capacidade, que às vezes, a gente conversa muito, alta capacidade 1 e alta capacidade 2, não tem problema você ter dois links classificados com alta capacidade com 1, número 1, com uma característica, e número 2 com outra característica. Então, a ideia é colorir. Que eu acho que fica muito mais fácil para a gente trabalhar. E essa coloração, essa cor, por exemplo, laranja, ela vai virar um valor em hexadecimal, que no próximo slide, ali, a gente vai ver umas correspondências. Então, aqui, foi classificado, esse link aqui, todos os laranjas, com o 02, como se fosse um link de baixa de capacidade. É só uma nomenclatura. Os links verdes, como se fosse alta capacidade e o vermelhinho, como alta latência. E nada impede de eu ter uma combinação, deixa eu trocar para azul, que o mesmo link, ele receba duas características. Ou seja, ele tem uma baixa capacidade e uma alta latência. Daí, a gente só vai fazer a operação ali de somar os dois hexadecimais para obter um valor.

São três parâmetros que podem ser utilizados para definição dos caminhos usando affinity. Que é no include any, o include all e o exclude any. Então, falando um pouquinho de hexadecimal, voltando lá para a escola. Uma, que a gente tem a coluna do hexa, e a coluna do binário. Então, o hexadecimal 0, ele corresponde ao binário 0; o hexadecimal 1, ao binário 1; o hexa 2, ao valor de 10, e assim por diante. A gente finaliza aqui com a opção 15, são 16 hexadecimais. O A é o 10, o B é o 11; o 12, o 13, o 14 e o 15. Então, o F é equivalente ao 15, onde nós temos o hexa de 16. E aqui é a correspondência dele para binário. Tati, por que é importante eu pensar no binário? Para quando a gente montar as regras ali de include any ou include all, ou até a exclude, eu vejo em qual bit eu vou dar o match, fica muito mais fácil de fazer essa correspondência. Vamos ver? Trocar o slide aqui.

Então, pensando nessa coloração para definir os meus links, onde eu tiver um bit sinalizado como 1, ele vai representar uma cor, por exemplo. Então, se eu pensar na cor verde, o binário vai ser 1, e o hexa correspondente, é 1; se eu pensar na cor laranja, vai ser o binário 10, que é correspondente ao hexa 2, e assim por diante. O vermelho, 100, o hexa, 4; o azul, 1000, ou mil, e o hexa, 8; e o preto, o 10 mil, 10.000, um hexa de 10. E aqui, eu só coloquei nomes. Qual é o tipo do link? Então, montem a sua tabelinha, tentem classificar. E não fiquem com vergonha por medo de refazer a tabela. Essa é a grande sacada. Isso acontece. Você está planejando. "Pô, mas isso aqui não ficou legal. Ah, eu tenho dois links de media capacidade. Ah, ficou

estranho". Não te preocupa com isso. Classifica. Tem muitas pessoas que classifica assim, links de 1 giga, 10, 25, 40, e assim por diante. A sua classificação é o jeito certo. É o jeito que sua rede, ela vai funcionar. Eu gosto também muito de trabalhar com cores, porque fica bem visual depois disso. Caso eu tenha dois critérios, ou até mais critérios ou características nesse link, por exemplo, aquele ID, baixa capacidade de alta latência, ao mesmo tempo, que são os valores de 02 e 04. A soma disso vai ser 06. Vamos lá, 02 e 04, 2 com 4, eu tenho 6. "Ah, Tati, muito fácil". O 2, vamos fazer só quatro casas. E para não ficar muito extenso. Então, esse aqui é o 0x2. Está com dúvida, está aqui, tem uma colinha aqui. Então esse é valor de binário e hexa. E o 4 de baixo, é o cem. Vamos somar, 0 com 0, 0; 1, 0, 1; 0 com 1, e 0. E esse aqui é o binário 0,0x6. "Tati, é isso mesmo?". Vamos pegar aqui, vamos na nossa tabelinha. Olha aqui, no fundo aqui, o 6 e 00110. Bem tranquilo montar a tabela. Então, e esses atributos, eles podem corresponder desde o valor 0 até o valor FFFFFFFF. Ao total, são 32 atributos ou 32 classificações diferentes para os meus links.

Falando um pouquinho dessas atribuições, nós temos: qual é o tramito do meu caminho? Não do meu enlace ali. Então, do ponto A, para eu chegar ao ponto B, que característica de link eu quero? "Ah, gostaria de pegar só links de alta capacidade". Opa, links de alta capacidade, se a gente fazer uma relação, é tudo o que está na cor verde. Que é, por exemplo, o hexa 0x1. Ou não, eu gostaria que o meu caminho fosse uma combinação de alta capacidade, mas eu também, em determinado local, não tenho só links de alta capacidade. Mas o de baixa capacidade. Então, é como se eu pegasse, somasse, passasse por links da cor verde e a cor laranja, ou amarela. E assim eu vou classificando todo o meu caminho. Na sequência, a gente tem um atributo do link. Qual é a característica daquele link, daquele enlace entre os dois equipamentos? Como eu vou classificar? "Ah, ele é um link de alta capacidade". Então, ele vai ganhar a cor verde. A cor verde vai corresponder ao hexa. Então, eu tenho duas informações que eu tenho que imputar. Uma, qual é o atributo do meu caminho? Vou estabelecer o meu túnel, seguir aquele sentido. E qual é o atributo do meu link, qual é a característica dele. Perfeito, gente?

Falando dos critérios. Então, primeiro deles, o include any. Então, para esse parâmetro, eu tenho que dar um match, vamos circular aqui, em pelo menos um dos bits. Olha aí a importância de a gente transformar o hexa em binário, que facilita muito. Então vamos pegar um exemplo aqui, caso o valor do include para o atributo do caminho seja o hexa 2, e o do link tenha o valor de 6. Então, vamos lá, qual é esse valor aqui binário? É 0010. E esse aqui era o 0110, se não me engano? Tenho dúvida? Vamos fazer a tabelinha aqui rápido: 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000. Rapidinho e fácil.

Então, aqui tenho o valor de 0, o valor do hexa 1, do hexa 2, do 3, do 4, do 5 e do 6, olha só, acertei, do 7 e do 8. Então, aqui, só puxando aqui, alterna o bit de 1 em 1, altera o bit de 2 em 2, altera o bit de 4 em 4, e alterna o bit de 8 em 8. Então assim, você monta a tabela rapidinho. E depois faz a correspondência. Então, aqui, a gente tem o valor de 2 e aqui o valor de 6. Então, o match vai acontecer se eu tenho um caminho que tenha o valor de 02, mas o meu link tem um caminho de 06, transformamos 02 e 06 binários, onde ele vai dar o match? Na segunda casa, no segundo bit. Essa é a característica do include any. Eu tenho que dar o match em alguém. E esse alguém é um bit 1 conforme a característica. Então, aqui eu tenho o meu caminho, eu tenho o bit aqui na segunda posição. E aqui, a característica do meu link. Daí ele vai olhando: "Não, não, não. Opa, deu match aqui. Perfeito. Pode usar esse link". Por quê? Porque o indicador é um indicador ou, ou *or*. Então, caso seu parâmetro seja 0, ele também vai ser aceito, independente do attribute affinity, porque vai dar um match na casa.

Se nós utilizarmos a característica, o parâmetro de include all, aí, é um pouquinho diferente. O match tem que dar em todos os bits porque é include all, ou seja, toda a sequência binária tem que ser exatamente a mesma. Caso seja diferente, que é o exemplo aqui, eu não pego aquele link. Então, o include all, ele é bem específico, eu tenho que dar match em todos os bits. Então, não adianta um ter um caminho, um atributo de caminho que é no valor 5 e um link no atributo do valor 6. Porque aqui deu match, beleza, aqui deu match, mas aqui não deu match e aqui também não deu match. Não adianta dar match só nos dois primeiros. Tem que ser, quando é include all, em todos os bits. Porque ele é um indicador, um operador lógico e, ou *and*. E o exclude any, para que eu possa excluir algum link que eu não queira passar. Por exemplo, eu tenho um tráfego de voz e não quero passá-lo em links que tenham alta latência, só nos de baixa latência ou com outras características. Então, ele é um indicador também ou para operação.

Vamos brincar um pouquinho nesse cenário, aquele lá do comecinho ali da explicação. Então, vamos pensar nessa topologia. Link sinalizado em laranja, estou chamando ele de baixa capacidade, verde de alta capacidade e o vermelho de alta latência. Então, vamos supor que eu quero que o meu circuito, ele passe, ele tenha como características primeiro utilizar o link de alta capacidade, ou seja, tudo verde. Caso eu tenha um problema nesse caminho todo verde, eu quero pegar como uma segunda alternativa os de baixa capacidade ou a combinação de baixa capacidade com alta capacidade o que eu gostaria de utilizar. E um terceiro critério, uma terceira característica do meu caminho é: não passar por links de alta latência. Onde eu tenho

alta latência? Aqui e aqui. Então, para esse tipo de tráfego, eu não quero passar onde tem a bolinha vermelha. Então, vamos lá.

Temos o quê? O túnel utilizando o caminho de alta capacidade. Então, está passando aqui do DmOS A para o B, para o D e para o E, que é onde eu tenho a sinalização só de alta capacidade. Aí aconteceu o quê? Rompeu o link entre o DmOS A e o B, aqui no xizinho azul, aqui, que eu acabei de fazer no vermelhinho. Então, ele vai pegar o quê? O link de baixa capacidade. "Tati, por que ele pegou lá?" Porque é o melhor caminho ao olhar do roteamento ali. Eu tenho só dois saltos, pensando que são o mesmo custo, então estou indo do DmOS A para o C e para o E. "Tati, e se romper aquele link ali em cima, entre o DmOS C e o DmOS E?" Esse aqui, né? Se eu romper esse link, o que ele vai fazer? Vai pegar aqui baixa capacidade, baixa capacidade, alta capacidade e alta capacidade. Ou seja, ele vai fazer esse caminho aqui. "Tati, por que ele não pegou", eu vou colocar aqui em rosa, "esse link aqui ou esse link?" Porque a gente comentou que não queria um de alta latência, e esse link está classificado dessa forma. Então, viram como fica mais fácil quando a gente classifica por cores e depois transforma essas cores em valores hexa e em binário? Facilita você fazer essa... Ou você ter essa flexibilidade em engenharia de tráfego.

E agora nós vamos para a parte prática. Falamos um pouco da teoria. Trago aquele cenário novamente que a gente fez com Explicit-Path, e agora nós vamos botar mais dois túneis utilizando os critérios de Affinity. Como eu estou trabalhando? Como se eu fosse administradora de rede, não estou me limitando só à alta capacidade, baixa capacidade, alta latência... Não. Eu estou colorindo os meus links conforme o que eu acredito ser o melhor para a minha rede? Então, a gente continua tendo cliente entrando no DmOS 1, tanto o tail quanto o head end aqui, tanto o DmOS 3 quanto o DmOS 1, e as classificações estou seguindo essa tabela aqui. E eu chamei um link de alta capacidade, que é a porta de 40 giga mais o LAG, sinalizado na cor azul. Então, esse link em diagonal mais esse aqui da VLAN 2135. Então, cor azul, colori o link aqui, pinte ele em azul. Disse que o binário dele é o valor 001 e o hexa, 1. Então, botei o hexa, inclusive, na corzinha azul para facilitar a visualização e o binário, do lado. Chamei de média capacidade só o LAG aqui, chamar de cor laranja. Onde está o laranja? Está aqui, ó, entre o DmOS 2 e o 3. Então, tem o valor do binário e o valor do hexa dele. Os links lilás, ou roxo, eu chamei de média capacidade a curta distância. Também é um LAG, cor lilás. Onde ela está? Aqui, ó. O binário é o 0100 e o hexa, o 4, também na cor lilás ou roxa. Já o link de média capacidade, mas eu chamei de longa distância, dei mais uma característica para ele, na cor verde, onde a gente encontra aqui, ó, sinalizado com tracinho, que o valor do binário é o 1000 e o hexadecimal é o 08.

Fiz o trabalho de classificar, fiz o trabalho de colorir, coloquei o hexa e coloquei o binário ali do lado. Então, o que a gente vai... Qual é a ideia do nosso cenário? Então, ter um fluxo, né? Nós vamos ter dois circuitos. Vamos pensar que um circuito é de voz e o outro é do PPPoE entre esses dois equipamentos, DmOS 3 e DmOS 1. O VoIP, ele vai ter como primeiro caminho o alta capacidade. E somente o alta capacidade, eu só quero que ele só por esses... só dê match nesse caminho, nesses atributos. Então, eu vou fazer um include-all em quê? No hexa 1, porque eu só quero bater nesse circuito 2. Se eu tiver um rompimento aqui ou aqui, eu gostaria que ele fosse pelo meu caminho de cima, ou de média capacidade, que envolve as cores laranja mais lilás. Ou seja, aqui em cima, ó: segunda opção, passando pelo DmOS 2 e DmOS 1. Se eu tiver um rompimento nesse link, eu gostaria que ele fosse no outro sentido, que é a combinação de verde mais o azul. Então, a gente tem o verde aqui e o azul do lado de cá, testando, assim, todos os meus possíveis caminhos, as minhas convergências para o meu tráfego.

Para o meu PPPoE, que eu vou botar aqui no meio, está faltando espaço, primeira opção: link de alta capacidade, o azul. Vamos seguir... Já que ele é de alta capacidade, vamos seguir todo o tráfego junto. Teve um rompimento, um problema em algum dos links em azul, principalmente esse aqui na diagonal. Então, eu vou querer o quê? Que ele pegue o caminho da combinação verde mais azul. Ou seja, na hora que esse link do meio romper, o que eu vou fazer com o meu tráfego? Eu vou jogar um para cima e o outro para baixo, eu vou dividir essa carga. Então, eu vou fazer um ao contrário do outro. Se acontecer algum problema nesse enlace aqui de baixo, eu quero que ele siga lá o caminho por cima, que é a combinação do laranja mais o lilás. "Nossa, Tati, é muita informação". Vamos fazer devagar. Então, vamos apagar aqui e vamos seguir.

Então, o que eu preciso para configurar? Roteamento: já temos, já está configurado; infra do MPLS-LDP para gerar as labels: já temos; habilitar MPLS-TE no roteamento OSPF: já temos também, fizemos ali no laboratório do Explicit-Path; associar as interfaces ao RSVP: já fizemos também, não precisa voltar para associar as mesmas interfaces. Se você não fez lá, volte daí e faz aqui. Item novo. Então, vamos circular ele. Qual é o item que a gente não viu ainda? Definir os critérios de Affinity para as interfaces, ou seja, colorir a minha interface. Depois, definir as opções de caminho. Qual cor o meu caminho vai ser constituído, ou quais cores? Definir a interface túnel, criar interface túnel 3 e a interface túnel 4 e testar. Aí associar também à interface, né, a camada... a VPN de camada 2.

Como configuro? Muito similar. Então, alterou OSPF, colocar as informações lá dentro do MPLS para fazer engenharia de tráfego dentro

do OSPF. Já está feito, vamos botar um ok. Habilitar a interface, né, associar a interface dentro do RSVP. "Tati, está feito". Maravilha, show de bola. Agora, não. Agora, a gente vai fazer o quê? Classificar o link, ir lá e colocar corzinha para ele. Então, vamos acessar o 21. Deixa eu [ininteligível] aqui. Setinha, vamos esconder e vamos lá para o nosso desenho, isso, e vamos pegar a linha de comando.

Então, está aqui. Que nós tínhamos parado, vamos lá no Switch 21. Colocar aqui do ladinho. Então, vou executar um TOP, e vamos lá. MPLS [ininteligível]. Tenho dúvida? Interroga. O que eu vou fazer? Então, attributte-set, TAB aqui, path option, aqui vai ser a atribuição do meu caminho. Só que antes nós vamos configurar o quê? A interface. Então, interface L3... Qual é a minha interface? Então, ela é aqui, ó: Infra OSPF Switch 21 e 22, enter, e eu vou usar o affinity-flags, affinity-flags, e é um link entre 21 e 22, link lilás - ou roxo. Então, o valor dele é 0x4, o valor em hexa. Um exit, interface L3. Vamos usar mais um TAB... Deixa eu correr ele aqui um pouquinho para o lado. Vamos pegar aqui o nome e o affinity-flags, que vai ser o valor hexa nº1, e o commit. Então, o que eu fiz aqui, gente? Eu classifiquei o meu link, um na cor lilás, que é o valor de 04, e outro na cor azul, que é o valor de 01. "Tati, posso ver?" Sim. O que nós temos? As configs de Explicit-Path, vamos deixar [ininteligível], seja com strict ou com loose, e aqui as duas informações que nós imputamos, inserimos agora: o link Switch 21 e 22 com o valor de 04, cor lilás, e entre o DmOS 1 e DmOS 5, cor azul, valor de hexa 01. Perfeito.

Agora, vamos aproveitar e já vamos fazer o atributo do meu caminho. Eu tenho a opção aqui, o atributo 7, path-option, e nós vamos chamar... vamos colocar um nome. Então, por exemplo, o caminho... Vamos melhorar, vamos fazer aqui um AFF, de Affinity, para a gente diferenciar, que nem nós fizemos no outro, AFF caminho principal. Enter. Quais são as opções? O affinity-flag. Qual é a flag, qual é o critério que nós queremos? Eu quero que esse caminho inclua o quê? No caminho principal, ele só pode conter o atributo do 01. Eu não quero que, como principal, ele passe pelos outros links. Eu quero que ele dê o match exatamente no hexadecimal 01, porque todo o meu caminho de alta capacidade é 01. Então, eu vou usar o 1, include-all, e o atributo é o hexa nº 1. Fiz o caminho principal. Exit.

Vamos fazer aqui o caminho do VoIP. Vamos lá: attribute - opa! - path-option - eu já estou ali dentro do nível -, AFF, chamar ele de caminho secundário do chamado VoIP. E esse caminho secundário, ele vai passar ali por cima, ó, entre DmOS 3 e 2, 2 e 1. Então, eu vou usar a combinação desses dois bits. Então, vou fazer o seguinte: pegar aqui... Para a gente somar, só vou pegar a telinha aqui. [ininteligível], vamos apagar e passar o rosinha. O atributo 2, o hexa 2, vou botar hexa 0x2, é igual a 0010 e o hexa 04 é igual a 0100. Então, tem que

somar porque eu vou... Por que eu vou somar? Porque eu vou passar na combinação desses dois links. Se eu dei o match só no valor 10, não tem o valor 10 aqui, ó. As duas opções são zeradas. Olha lá. Então, eu não vou dar o match. Então, vamos somar para que a combinação possa ser possível: 0110. E esse valor a gente já tinha visto, que é o hexa de valor de número 6. Então, esse caminho, a hora que eu pegar aqui, o hexa 6 - vou até trocar a cor aqui, vou pegar azul -, esse bit dá match quando passa aqui? "Sim, Tati. Olha, ele dá match aqui, olha". Quando ele passar nesse outro caminho, eu consigo dar match nesse terceiro bit? "Sim, Tati. Ele está aqui, ó". Então, eu vou usar essa soma e vou aproveitar e usar o critério de include-any. Se eu der o match em um desses dois bits, o da segunda ou o da terceira posição, é um caminho válido para esse circuito. Affinity-flags 0x3, tá? Não esquecer do include-any 0x3. Então, na dúvida, [ininteligível] ajuda quando você esquece o comando, né? Um exit.

Vou aproveitar e fazer o caminho do PPPoE, que vai ser por baixo: path-option AFF\_caminho\_secundário\_PPPoE. Então, eu vou ter um Affinity, um affinity-flag, include-any, e o valor. Vamos fazer a conta aqui, vamos jogar esse aqui para o ladinho. Olha, nesse meu caminho, eu tenho o hexa 0x8, que é o valor de 1000, eu estou vendo ele aqui e aqui, e nesse link aqui eu tenho um de alta capacidade, que é o hexa 01. Então, o valor é 0001. E vamos somar: 1001. Esse valor aqui é o hexa de valor 9. Tem dúvida? Volta lá na tabelinha, faz aquela continha rápida aí para vocês. Se eu tenho... Dica: está aqui, ó, o 8 é o 1000, mais 1, é o hexa 9. Assim fica fácil, quando não entra as letras, né, mas daí se deu A é o 10, o B é o 11, e assim por diante. Então, o atributo do meu caminho quando eu passar por aqui - eu gosto de desenhar, né, galera? - vai ser o atributo do caminho 09. Por quê? Quando eu passar esse bit aqui, o 01, vai dar match aqui? "Sim, Tati, ele dá match exatamente nesse ponto". Continuo o meu caminho... Opa, esse bit dá match no caminho? "Sim". Está aqui, ó. O valor está aqui. Então, a sacada é dar um match nos bits. Quando eu utilizo o include-any, é qualquer um dos bits 'setados' em 1. Quando eu uso o critério de include-all, tem que ser exatamente aquela sequência. Então, é 0x9 para dar um match naquele caminho. E vamos aplicar a configuração. Commit. Feito. Vamos dar um exit e vamos ver como ficou aqui a configuração. Então, os atributos do caminho, o caminho chamado de caminho principal apenas dando match nos bits... no bit 01 e no do hexa 1, o caminho secundário para o PPPoE, que inclui os bits do hexa 09, qualquer uma daquelas duas posições, e o caminho secundário do VoIP, que é do binário do hexa 06. E ali são os outros que a gente fez de Explicit-Path e... Perfeito, gente? Tranquilo? Não se assustem. Parece ser difícil, mas não é. Qual é o segredo do sucesso? Parar com calma, desenhar e realmente colorir. Tenho canetinhas

coloridas, tenho lápis de cor. Fica muito mais fácil quando a gente faz assim. E façam com calma, com tranquilidade.

O que falta a gente fazer agora? Colocamos o atributo do link, colocamos... definimos qual é o atributo do caminho, e nós vamos criar a interface tunnel. Então, vamos lá: TOP, interface tunnel... vou chamar de interface tunnel nº 3 - deixa eu baixar mais um pouquinho -, configuração do DmOS nº 1. Vamos colocar um nome. Vou chamar ele de Affinity tunnel VoIP - eu vou fazer ele primeiro - DmOS 1 para o DmOS-3. Description Affinity tunnel VoIP DmOS1, DmOS3. Feito. Quem é o meu tail end? É o 23.23.23. E vamos às opções de caminho: path-option, ID 1, config igual ao que nós já fizemos nos outros laboratórios, continua do mesmo jeito, só que ao invés de eu utilizar o Explicit, eu vou usar o Dynamic, que agora o meu túnel, ele é dinâmico, que é a questão dos atributos de Affinity. Atributo 7, e vou apertar o TAB. AFF caminho... Qual caminho vai ser? Vai ser o meu caminho de Affinity principal, que é por lá que eu quero... Opa! É por lá que eu quero que ele vá. Como eu chamei ele? AFF caminho principal. Feito. Então, ele vai passar ali pelo link colorido de azul. Falhou? Eu quero que ele vá pelo secundário do VoIP. Então, vamos lá: path-option 2, segunda opção, dynamic, atributo AFF caminho secundário - vou puxar para cá, para a gente não omitir a informação - VoIP. Então, primeira opção, caminho principal; segunda opção, o que a gente definiu como secundário do VoIP, que é passando ali por cima do cenário. "Mas eu quero uma terceira, Tati". Não tem problema. Path-option 3 dynamic, atributo 7. E o próximo caminho é o caminho secundário do PPPoE. Então, tá. E vamos aplicar a configuração. Feito. Vamos fazer um show aqui dentro. Nome do meu túnel, qual é a descrição, quem é o meu tail end, minha primeira opção de caminho, que a gente coloriu com azul, segundo caminho, que é o secundário do VoIP, que é passando aqui por cima entre laranja e lilás, e o terceiro caminho, azul. Eu tenho, ó, problema tanto nesse link da diagonal quanto nesse de cima, que passa por baixo, então o link que eu chamei de secundário do PPPoE. Vamos ver se subiu? Do show MPLS traffic engineering tunnel-te brief. Túnel 3. Está ele aqui, ó, com as minhas três opções. E qual está ativa? Aqui, ó, a opção de número 1, o caminho 1, o caminho principal passando ali pelo link na diagonal. Só que eu não tenho um sentido contrário. Lembra que eu falei que as interfaces estavam em administrative [ininteligível]? Então, vamos lá, interface nº 3, lá no Switch do meu S3, vamos olhar a config. Qual é o nome da minha interface tunnel, qual é a descrição, quem é meu tail end - está em down - e as minhas três opções de caminho. Então, vamos colocar em administrative-status up e vamos aplicar a configuração. Vamos voltar aqui... E agora, sim. A origem sendo DmOS 1 e aqui, por último, a origem sendo DmOS de número 3. Vamos ver os detalhes? Continua brief e vou botar ID 3. [ininteligível] tail end está up, meu caminho de

atributo nº 1, é o caminho classificado como 1, é do tipo dinâmico, e ele tem como características o quê? O include-all no valor hexa de 1. Não tenho label de entrada e tenho a label 17 de saída no sentido 2135. É isso mesmo? Sim, ó, 2135 é o link de cor azul. Segunda opção não está ativa, está em espera, bem como a terceira. Quais são os passos? Por onde ele está passando? Então, a gente tem, ó, 2135 - vou botar aqui de novo que eu acho que o pessoal [ininteligível], isso -, 2135, e depois 2335. Então, nós estamos aqui com o caminho principal estabelecido. "Vamos olhar lá aquele link, Tati?" Vamos lá. E vamos colocar em shutdown, aplicar um commit. Então, o que a gente fez agora? Olha, esse link aqui foi rompido, link IP(F) 10.21. Vamos botar um brief. A gente estava com a opção 1 ativa. Olha, a 1 não está mais ativa, a primeira opção de caminho, está ativa a segunda. Ou seja, tem que passar no sentido aqui de cima, ó, laranja e lilás. Então, vamos conferir se é isso mesmo. Lá do outro lado também fez a virada para a segunda opção. ID 3, que é o meu... o nosso túnel 3. Tail... head end e tail end, está up, primeira opção de caminho não está mais ativa, e agora quem está ativa é a segunda opção de caminho, e o valor é o include-any no hexa 06. Vou dar um enter aqui. E quais são as interfaces? Por onde ele está passando? No 2122, tá, 2122 - vou repetir ali porque como [ininteligível] aqui não ficou legal -, 2122 e depois 2223. E ele está usando esse caminho agora. "Tati, pode romper ali?" Vamos, vamos romper aqui no Switch 22 qualquer um dos dois links Aggregation só para a gente ver. Vamos lá. Link Aggregation - pode ser esse aqui mesmo - admin status down, e o commit. Perfeito! Vamos lá no Switch 21, vamos pedir de novo aqui, tirar o ID e colocar um brief. Olha, a gente já tem a opção 3 ativa e a 30, também. Vou colocar o ID 3. Já temos ela aqui. Então, opção 1, caminho principal 1, não está funcional, está aguardando, está em espera; o 2 também está em espera, porque a gente teve um duplo rompimento; e agora o caminho 3, que ele está ativo na instância 3, que é um include-any no hexa 09. E qual é o caminho? Entre o 2135, 3524, que é entre o 5 e o 4, e depois nós temos aqui entre o 2324. Vamos recuperar os links? Botar aqui up lá no 35, hein, e tirar shutdown. [ininteligível] subir aqui do lado de cá. Do show MPLS traffic engineering tunnel brief. Olha, opção 1 aqui, ó, primeira opção, caminho principal já está up. "Vamos conferir se é isso mesmo, Tati?" ID 3. Aqui, ó, entre 2135 e 2335. Então, está lá 2135, 2335. Então, aqui, a gente conferiu como criar um túnel de Affinity, colocamos o critério no link, definimos qual é a característica do nosso caminho, fizemos um caminho principal, o backup desse caminho e o backup do backup, tá? Agora, nós vamos criar a interface do túnel 3 lá.

Então, vamos lá. Interface túnel 3 não, túnel 4. Tunnel 4. Vamos botar description aqui, transporte, transporte PPPoE. O meu destino vai ser o 23.22.23. Vamos colocar o nome. Eu vou chamar aqui de

Affinity PPPoE. E path-option 1 dynamic, o atributo vai ser primeiro o meu caminho de Affinity principal... Acho que eu fiz um... TAB, aí o tracinho, né, principal. O path-option 2 é a segunda opção, que vai ser o backup, ou o secundário, do PPPoE. E a terceira opção é o path-option 3 dynamic attribute-set caminho secundário do VoIP. Então, sempre aqui um vai ser meio que o backup do outro. E vamos aplicar a configuração. Já vou aproveitar, vou lá no outro Switch, no DmOS 3, e vou subir a interface tunnel, interface tunnel 4, para vocês darem uma olhada como está aqui. Olha, os três caminhos, três opções, o tail end, que é o 21, e vamos tirar ele do administrative-status down, vamos deixar ele em up. Vamos lá no 21, que é aqui, né? Isso. MPLS traffic engineering tunnel brief. Agora, nós temos aqui um equipamento com quatro túneis. Só revisando: túnel 1, Explicit-Path do tipo strict; túnel 2, Explicit-Path do tipo loose; túnel 3, Affinity; e túnel 4, Affinity. Aqui eu podia ter botado um nome [ininteligível]. Vamos melhorar esse nome aqui. Name(F) - não ficou legal - AFF PPPoE DmOS 1 para o DmOS... Fica melhor para a gente olhar assim. Fica melhor assim. O caminho é o principal do meu transporte do PPPoE, caminho secundário, caminho terciário, vamos falar assim, o backup do backup, e o túnel no outro sentido. A mesma coisa se a gente [ininteligível] aqui a interface. Aí tem que virar o tráfego, né? Tem que fazer o tráfego... Se ele está passando junto, ele vai abrir um para cada lado. Então, vamos colocar em shutdown e vamos dar uma olhada aqui. Vamos repetir o comando. Então, nós temos dois túneis: o do VoIP aqui, que foi para down a primeira opção e está ativa a segunda, o do PPPoE, que o principal é 1, foi para down, e aqui, a segunda opção, aqui, que era a primeira, o meu túnel principal, e a segunda aqui agora está como meu caminho. Então, vamos lá olhar. Vamos pegar o ID 3, que é o do VoIP. A gente já viu, mas só para reforçar. Ó, passando pelo caminho de cima, laranja e lilás. Agora, vamos trocar o 4, que tem que ser a combinação de verde e azul. Aqui, ó, azul... E os dois links de verde entre o 3524... entre o 5 e o 4 e entre o 3 e o 4. E assim, se a gente for rompendo, ele vai fazendo as migrações, vai fazendo com que o tráfego, ele seja encaminhado conforme o túnel que eu configurei. Então, a ideia é dar maior flexibilidade à engenharia de tráfego. Os mesmos comandos a gente acompanha aqui, se a gente olhar aqui, né? Do show MPLS forwarding-table. Nós vamos ter, além de toda a parte do LDP, que nós já vimos, os Affinities aqui embaixo com suas respectivas labels, em respectivas ações e para onde esses tráfegos, eles estão sendo encaminhados.

Agora... Ah, que legal. Aqui, ó, eu trouxe para vocês a parte de... um Sniffer na rede - deixa eu apagar aqui -, então onde a gente tem as cores aqui... Quando eu penso, aqui, ó, na forwarding-table, eu estou vendo a questão da minha infraestrutura do meu caminho. Então, ó, label 18, label 18. Quando eu criar a VPN, que é o próximo

laboratório nosso, aqui tem uma VPN do tipo VPLS, e tem aqui as labels 20 e 17 - então, tem aqui, ó, label 17 -, e esse equipamento, ele está com FAT, que é um... Colocar mais um critério para fazer balanceamento em Link Aggregation, que ele está aqui, ele está habilitado, é a questão do FAT. E a gente encontra ele habilitado aqui, que nós vamos ver já, na sequência. A gente tem um monitoramento aqui de um tráfego.

E quais são as vantagens de utilizarmos o MPLS com engenharia de tráfego? Uma melhor distribuição do tráfego entre os enlaces disponíveis, garantindo uma certa divisão da carga; associação a diferentes caminhos a um único túnel - a gente testou ali tanto com o Explicit-Path quanto o Affinity as várias possibilidades na falha de um caminho primário ou principal; eu não preciso alterar a minha rede para isso, né, eu vou definir manipulando os caminhos, vou trabalhar só em cima de questões lógicas, que é a configuração; e a aplicação, ela não vai reduzir os problemas de recurso da minha rede, mas vai melhorar o mapeamento dos meus recursos; e os túneis são definidos apenas nas pontas, ou seja, no head end, e não em todo o meu caminho.

Vamos conversar um pouquinho a respeito do L2VPN, onde a ideia é: fizemos toda a nossa infraestrutura e agora vamos prover pelo menos um serviço ao cliente para fechar todo o circuito, todo o propósito aqui do MPLS. O L2, serviços de camada 2, o L2VPN... a ideia é trazer um transporte transparente para o cliente, isolando a rede do cliente do provedor, inclusive encapsulando protocolos, se assim tiver. Ele vai trazer a parte de escalabilidade de camada 3, porque se eu tiver um rompimento no OSPF, no IGP, vai atuar liberando um novo melhor caminho para o encaminhamento daquele tráfego do MPLS, e traz toda a simplicidade de configuração em camada 2. Ele se baseia no empilhamento de labels, onde a label mais externa é do meu caminho, seja da infra L2P ou do RSVP, e o label interno é o label do circuito da VPN, que a gente vai ver aqui na sequência. Uma VPN de camada 2 do tipo VPWS, um ponto-a-ponto, mas não temos aprendizado de MAC - matriz e filial, por exemplo, eu não preciso ter uma decisão por onde caminhar esse tráfego -, ou um VPLS, onde eu posso ter um ponto-multiponto ou um multiponto como uma rede doméstica. Aqui, sim, nós vamos ter o aprendizado de MAC, porque eu preciso saber para onde eu vou, para qual destino eu encaminho esse tráfego.

O FAT. Falei um pouquinho a respeito dele, trouxe uma captura de pacote aqui. A ideia dele é inserir mais um flow label para cada fluxo que é recebido na porta da VPN para fazer o quê? Para aumentar a variabilidade do tráfego do ponto de vista do MPLS. Por quê? Porque eu tenho uma origem da VPN e eu tenho um destino. Não tenho variabilidade desse tráfego. São as mesmas labels, ou a mesma label

aqui e mesma label do outro sentido. Mesma origem e destino. E por que eu quebraria esses fluxos em vários links? O que geralmente acontece é: eu tenho um M(F) mais polarizado, eu tenho ele mais em uma interface, porque se é só uma origem e um destino, eu não quebro o fluxo. Então, a ideia do flow label é inserir mais uma label para cada um desses fluxos. Vamos supor aqui: quadrado preto é a VLAN 10 e o quadrado laranja é a VLAN 20. Então, cada um vai ganhar uma flow label para que eu tenha um balanceamento de carga mais adequado para as minhas VPNs. Bem tranquilo de configurar.

Entre os exemplos de camada 2, eu trouxe para vocês o VPLS, que a ideia é encapsular o tráfego em uma PWE3 - a gente vai ver lá na configuração, vai estar lá como uma PW-ID - e transportar da origem, do PE de origem até o PE de destino. Então, eu vou encapsular em uma ponta, transportar e, do outro lado, eu 'desencapsulo'. Critério de decisão pode ser baseado em Internet, geralmente eu vou encapsular tudo o que eu tenho na interface, ou eu posso escolher para dar um match em uma VLAN que é a VLAN Based. Então, a hora que chegou determinada VLAN, por exemplo, VLAN 10, eu encapsulo dentro da VPN. Se chegou a VLAN 20, eu posso encapsular em outra, ou dar um destino via L2, caso isso seja possível, ou até descartar esse tráfego. Temos o aprendizado de MAC, e o Split Horizon, ele vem habilitado aqui, impedindo o trânsito entre as PWs. Ou seja, uma PW não conversa com a outra, para até prevenir loops em redes full-mesh.

Quais são as configurações envolvidas? Então, a gente vai entrar dentro do bloco MPLS L2VPN VPWS group e colocar um nome. Vamos associar uma VPN, podemos colocar uma description, e colocar as informações do destino: qual é o PW-type, qual é o neighbor, qual é o meu vizinho, se eu quiser uma alteração de tamanho de MTU - o padrão aqui é 9198 nos nossos equipamentos -, se eu quero fazer o balanceamento, se eu quero adicionar o FAT. E quando nós temos MPLS-TE, a gente adiciona essa linha aqui sinalizada em azul. E depois, vamos associar à interface do cliente.

Então, vamos lá pegar a linha de comando do nosso equipamento. Vamos lá. Opa, seção do 21 caiu. Vamos abrir a seção do 21 novamente. Config. Vou colocar aqui do ladinho para todo mundo acompanhar. MPLS L2VPN... Posso dar um enter ou posso seguir também na mesma linha. Ele permite. VPLS group, eu vou chamar ele aqui de OLT. O meu cliente, na verdade, que eu tenho, ele é conectado [ininteligível]. Tanto no DmOS 1 quanto no DmOS 3, é uma OLT e, de um outro lado, servidor PPPoE [ininteligível] e todos os serviços. Vou chamar de VPN de VoIP, não de voz, colocar uma description. Vamos lá: VPN transporte voz, vamos entrar dentro do VFI, PW-type. Mais para o lado, isso, tudo mundo acompanha. E como é que vai ser o transporte dele na minha PW-ID? Eu vou deixar ela tipo Ethernet. Os

dois lados têm que estar iguais. Se nesse lado da VPN eu estou com PW-type Ethernet, do outro lado, também, senão a VPN, ela não sobe. Então, vamos habilitar o FAT. Opa! Neighbor. Meu vizinho lá é o 23. Vou habilitar o FAT em ambos os sentidos, tanto para a transmissão quanto para a recepção desse tráfego. Temos uma interface tunnel, então vamos associar ela, tunnel. O túnel da voz é o túnel de número 3, o 4 é o do PPPoE. MTU eu vou deixar padrão, 9198. Um exit, mais um exit. Estamos dentro da VPN e vamos associar bridge-domain, que vai ser a interface do meu cliente. Ela está na giga 4 - trazer mais para cá, isso -, e eu vou dar match... dar um exit aqui, e vou dar um match aqui na VLAN da voz, que é a 2807, e vou aplicar a configuração. Ah, esqueci da PW-ID. Isso mesmo. Vamos entrar lá dentro da VPN... Opa, da VPN não, do VFI. Neighbor, PW-ID, e eu vou usar a mesma da VLAN, que é 2807, que é o que eu tenho lá do outro lado. Eu esqueci aqui, omiti a PW-ID. E o commit. Enter. Pode ver que o sistema operacional, ele não deixa fazer o commit, ele faz validação se a sintaxe, ela está adequada, se eu não estou esquecendo de nada, e ela informa que há e provoca o que está faltando na configuração da PW-ID. Vamos ver se subiu. Então, do show MPLS L2VPN, VPWS virou brief. Enter. Então, temos aqui o nome do grupo, o nome da VPN, o status da VPN está up, a interface 4 associada à VLAN 2807 está up. Quem é o meu vizinho? É o 23, que é o DmOS 3, o ID da PW, e essa PW também está up. Vou aproveitar e já vou subir lá a VPN também do PPPoE. VPN PPPoE VFI - que aí a gente testa os dois - PW-type Ethernet, o neighbor é o 23, PW-ID - não vamos esquecer - 2612, PW-load nos dois sentidos, vamos botar o FAT, e vamos associar o túnel, né, um exit, que daí aqui é o túnel de número 4. Exit, dois exits, bridge-domain. A interface também é a giga 5, as duas estão na mesma interface, e a VLAN associada é a 2612. E vamos fazer o commit. Acho que eu não esqueci de nada. Perfeito. Vamos ver se as duas subiram, testar. Puxou o MPLS L2VPN VPLS group brief. Enter. Dois túneis de camada 2, as duas VPNs de camada 2, estão up, teoricamente estão operacionais.

Vamos fazer o seguinte. Como é que a gente testa? Vamos acessar a OLT que eu tenho na entrada e vamos ver se ela vai 'pingar' o servidor no VoIP. Então, vamos fazer aqui: ping... Não esqueçam de respeitar RFC 1.918, que é só teste interno, e aqui eu estou passando dentro da VPN. Vou deixar rolando o ping aqui. Count. Vou deixar ele aqui no cantinho. E a VPN é do túnel 3, então vamos ver se [ininteligível] está ligado no 23. Vamos lá: do show MPLS traffic engineering tunnel ID 3, que é o túnel 3 que a gente fez para voz, certo? Tem dúvidas ou não achou, running-config MPLS interface tunnel nº 3. Olha, transporte da voz. Perfeito. O caminho principal está indo ali pelo link do meio. Vamos lá. Vou derrubar esse link. Vamos ver. Shut... É isso mesmo? Deixa eu conferir aqui [ininteligível] aqui. MPLS traffic engineering tunnel 3. Isso, está indo ali pelo link na

diagonal, ó, aquele link sinalizado em azul de alta capacidade que nós configuramos anteriormente. Então, vamos lá e vamos colocar a interface em shutdown. Commit. Vamos correr lá para o ping, e ele tem que fazer a convergência e continuar 'pingando'. Vou voltar lá no 23. E agora eu mudei o meu caminho. Vou derrubar aquele Link Aggregation. Ele está indo no sentido 22.23, né, laranja, lilás. Commit, e vamos correr lá no cliente. Retornou. Agora, vamos voltando os links. Up, e aqui vamos tirar do shutdown. Vamos correr lá no cliente. Vamos aguardar um pouquinho. Será que já voltou e a gente não percebeu? [ininteligível] tunnel 3. Sim, já voltou, e, teoricamente, a gente nem perdeu o ping, o ping que está aí dentro. A ideia de utilizar o ping é para deixar mais visual. O ping ali é só para a gente ver se a gente tem... usar o SMP(F) para a gente ver se tem conectividade de uma ponta até a outra.

Continuando ali a configuração do VPLS. Se eu quiser passar o protocolo de forma transparente, eu posso habilitar essa configuração. Então, o default, ele vem limitando a 1.024 MAC. Se eu quiser mexer nessa limitação, eu venho aqui na configuração.

E chegamos ao final do nosso tutorial. Gostaria imensamente de agradecer a presença e a participação de todos, e agradecer também a equipe do NIC.br pelo convite. Um abraço a todos, e até a próxima.

**SR. EDUARDO BARASAL MORALES:** Bom, pessoal, terminamos aí a parte gravada, e agora a gente vai entrar ao vivo com a Tati aqui respondendo às perguntas que vocês mandaram no chat, que a gente viu que o pessoal mandou muita pergunta. Foi muito interessante a discussão, e ela respondeu bastante pergunta, mas agora ela vai fazer alguns comentários.

Mas antes de eu chamar a Tati, eu queria dar só alguns avisos. Lembrando: quem quer a apresentação, os slides da apresentação, entra lá no nosso site, da Semana de Capacitação, que o pessoal está colocando no chat, e pode baixar a apresentação da Tati.

Outro aviso que eu queria dar: o formulário de avaliação, pessoal. Agora, vai aparecer na tela um QR Code para você responder um formulário de avaliação, que são duas perguntinhas bem simples falando aí o que você achou da live. Então, você dá uma nota e deixa um comentário geral, se você está gostando, o que a gente pode melhorar para as próximas lives, tá? Então, fica aí à vontade para responder essas duas perguntinhas para nos ajudar. Lembrando que quem quiser assistir de novo essa live, vai ficar lá no nosso canal do YouTube. Então, quem quiser pode assistir e relembrar os comandos que a Tati deu, tudo bem?

Bom, sobre os sorteios: o pessoal está colocando aí no chat. Tem ainda o sorteio do NIC.br, que é o kit NIC, quem quiser pode se

inscrever, ainda dá tempo, a gente vai falar daqui a pouquinho quem foi o ganhador, e o sorteio da 4Linux que a gente só vai dar a resposta na sexta-feira de quem foi o ganhador, tudo bem?

Lembrando... Certificado: certificado, precisa se inscrever no link que está sendo colocado no chat também e ficar atento ao e-mail até às 14h para poder receber o certificado. Tem que clicar no link de confirmação.

Bom, não quero atrasar muito, porque a gente já está um pouquinho atrasado no tempo. Vou chamar logo a Tati aqui para poder responder às perguntas e fazer um comentário geral aí sobre MPLS. Tati, fica à vontade.

**SRA. TATIANE FIGUEIREDO:** Olá, pessoal. Bom dia. Tudo bem? Obrigada aí a todos pelo tempo, por estarem aqui até agora, quase meio-dia, com 613 pessoas. Muito obrigada, de coração. Eu separei, eu peguei algumas perguntas aqui, não que... mais, assim, tentando trazer um pouquinho de tudo. Então, não se sintam tristes porque a sua pergunta não respondi aqui ao vivo, ou fiz um comentário, mas eu tentei o máximo possível responder ali no chat. Me perdoem se eu acabei passando uma aí despercebido, mas daí qualquer coisa pode entrar em contato comigo. Pode ser pelo meu e-mail da Datacom, que é o [tatiane.figueiredo@datacom.com.br](mailto:tatiane.figueiredo@datacom.com.br), ou me encontra nas redes sociais e a gente dá aquele apoio.

Então, a questão ali... O Tulio... acho que foi uma das primeiras perguntas, ele perguntou se poderia explicar quais as funcionalidades disponíveis em relação a MPLS nos produtos Datacom. Então, acho que a gente conseguiu entender aí a questão de falar um pouquinho do LDP, falar um pouquinho da engenharia de tráfego, seja com Affinity ou com Explicit-Path, seja ele do tipo strict ou o loose, né, está disponível em todos os nossos produtos da linha DmOS, e também um pouquinho do L2VPN. A gente também tem toda a parte de L3VPN, só que o nosso tempo era um pouquinho curto aqui, acho que foi bastante conteúdo, e valeu a pena acho que trazer isso um pouquinho. Quanto ao LDP ali, se ele pode usar outro protocolo, que foi a pergunta do Luciano, também, hoje a gente está só com o OSPF. O Wairisson, me perdoa se eu estou falando o seu nome errado, e o Renato perguntaram a respeito de Segment Routing. A gente ainda não tem, está no nosso *roadmap* para realização, mas ainda não tem um prazo. Mas acho que vale aqui vocês assistirem a aula de amanhã, do Kalau, que ele vai também... digamos assim, é meio que uma evolução da MPLS, na verdade bem melhor, vale a pena para vocês também estarem antenados no que está vindo, o que está seguindo aí no mercado de SP, no mercado de Telecom.

O Paulo questionou ali a questão, ali, se o LDP e o RSVP, eles podem rodar simultaneamente dentro da rede. Acho que vocês puderam verificar também ali. O nosso primeiro lab, ele estava com LDP, e eu posso ter o RSVP junto. Eu posso ter algumas VPNs que seguem o fluxo normal do LDP, que visa ali a simplicidade de configuração, segue o roteamento, e também tem o tempo de convergência um pouquinho maior, então ele segue o protocolo de roteamento, como eu posso ter outras VPNs associadas ao RSVP com variadas VPNs. Você não precisa usar tudo de um modelo ou tudo de outro, você pode deixar a rede aí bem mista.

Quanto à engenharia de tráfego nos equipamentos da Datacom, o qual eu trabalho, já está disponível ali a engenharia de tráfego com Explicit-Path a partir da versão 7.2. O Affinity bit foi um pouquinho antes, acho que foi na 6 ou 6.8, 6.9. Não lembro de cabeça.

O Mayk trouxe ali a questão... se todos os Switches, eles podem ser PEs. Na verdade, ele pode ser... Ele vai depender muito de como ele está na topologia naquele momento. Se ele receber um cliente, ou seja, se eu tiver uma entrada sem uma label, ou seja, lá no "show MPLS forwarding-table", eu tiver um tracinho na label de entrada, ele está se comportando como um PE, ou seja, ele é que vai introduzir aquele cliente à rede MPLS. Se ele for uma passagem, ele vai estar se comportando como um LSR, então ele vai fazer o swap ali da label. Ou, se ele estiver na função de PHP, que é o penúltimo, ele se comporta como isso. Se a gente pensar isso no LDP, só naquelas configurações ele já pode se comportar como, vamos dizer assim, essas três entidades, esses três elementos, você não precisa definir: Ah, ele é sempre um PE, um LSR, ou não. A config já permite que você atue com isso.

Teve um questionamento, esqueci de anotar o nome, me perdoe, ali a respeito dos cenários de L2VPN e L3. Eu gosto muito de responder, às vezes, às perguntas com depende. Vai depender muito da sua topologia, do que você gostaria de transportar. Mas vamos... De uma forma um pouco resumida, a questão do L2VPN, geralmente, você vai fazer um transporte de uma VLAN, que pode ser uma VLAN em específico, encapsular ela, ou várias VLANs, então a gente pode ter a questão do Port-Based, eu encapsularia tudo o que chegaria naquela porta, independente de uma, duas ou várias VLANs e até um tráfego *untagged*, ou vou dar um match na VPN A, ela vai entrar dentro do encapsulamento A, VPN B do B, e assim por diante, dando match em cada uma ali das VLANs que eu queira. Sim, eu posso ainda tomar a decisão de quê? De, ah, se chegar determinada VLAN, eu não quero, eu posso 'dropar' esse tráfego ou até encaminhar ela via L2, se ela não der o match ali em nenhuma VPN. Na questão do L3VPN, já é a questão ali do compartilhamento, do transporte da tabela de roteamento do

cliente. Então, ela vai estar isolada da sua e eu vou fazer esse transporte, que pode ser um ponto-a-ponto ou um ponto-multiponto, ou até um hub-spoke, onde eu preciso passar esse tráfego por uma matriz.

O Ricardo, ele comentou a respeito de alguns problemas com relação à MTU. Geralmente, é um dos primeiros problemas que a gente pega em questão de interoperabilidade. Datacom, ele sempre trabalha em jumbo frame. Então, já sai, a sua PW sai em 998, suas interfaces já estão em jumbo frame, e muitas vezes o outro *vendor* não está. Então, se eu não tiver isso com a mesma MTU, o meu túnel ou o meu OSPF ali não sobe. Então, a gente geralmente vê isso como um dos primeiros itens. E se alguém precisar, nós também temos um guia de interoperabilidade com outros *vendors*, que a gente pode disponibilizar aí e ajudar vocês.

O Carlos, ele comentou, Carlos Pérez, a respeito do Explicit-Path. Então, se a gente pensar no MPLS com engenharia de tráfego, a gente tem três opções para a gente determinar o nosso caminho: o Explicit-Path do tipo strict, então eu tenho que obrigatoriamente ir ali salto a salto, hop a hop, eles têm que estar diretamente conectados. Eu não posso esquecer de um ali no meio, porque senão não vai dar certo, eu vou ter um problema. Então, é... Não vou pensar assim, que tem um melhor ou um pior. Então, de novo, depende da topologia, depende, às vezes, com que eu estou acostumado ou me sinto mais confortável de configurar em um primeiro momento. E depois, eu posso ir olhando para as outras métricas, para os outros critérios, para fazer a configuração. Então, de novo, não tem certo ou errado, tem o que melhor se adapta à sua topologia. Então, o strict, salto a salto; o loose... Eu escolho um equipamento por exemplo, que nem a gente olhou aquele laranjinha ali, que foi o 5, para que ele seja um equipamento, por exemplo, estratégico da minha rede, e eu quero passar as minhas VPNs por ele. Aí como eu chego até ele vai depender do meu roteamento. E o Affinity, que foi a primeira forma, que mais aqui na Datacom nós priorizamos, o MPLS-TE, que é a questão de eu colorir os meus links para que eu deixe, tipo, quase uma mágica mais automatizada, que o [ininteligível], ele fique verificando quais são os atributos do meu link para bater com aquele meu caminho, para ver se eu realmente vou pegar ele. Então, é uma certa dinamicidade ali na questão de convergências. Mas, de novo, não tem melhor ou pior, tem aquele que você se sente melhor ali configurando, ou até o que a sua caixa, o seu equipamento, tem como recurso. Temos interoperabilidade com outros *vendors*, que foi uma pergunta do Ney também. Então... E se precisar de ajuda, a nossa equipe de suporte ali, ela está à disposição, seja pelo telefone, ou seja também ali fazendo uma abertura de chamado.

O que mais eu tenho aqui que eu anotei? No Explicit ali do Lucas Resende, também já acabei respondendo, agora. Diego Fenner, você fez a pergunta ali das vantagens ali, em qual momento a minha rede necessita... ela migrar para um MPLS, um MPLS-TE, a quantidade de clientes, tráfego ou para quem... se você tem uma infra pequena, dois PoPs ali. Foi a questão mais ou menos da sua pergunta. Às vezes, definir, migrar para o MPLS é uma linha bem tênue. Eu penso, assim, de uma forma primeiro, bem simples. Imagina você com 50 equipamentos. Ou melhor, vamos reduzir um pouquinho, vamos reduzir para 20. Talvez seja mais próximo da realidade de alguns, talvez esteja até distante. Mas quando você tem uma rede L2 e você precisa fazer transporte, então você vai lá, tem uma outra operadora, um outro provedor, e ele assim, "Diego, você pode fazer transporte para mim?" Você vai dizer: "Claro, claro que eu vou fazer transporte". Então, você tem duas opções. A primeira é fazer via L2, usando a funcionalidade de [ininteligível], por exemplo, junto com tunelamento de protocolos para que não venha um Spanning Tree, não venha um protocolo, ele estragar a tua rede, vamos falar assim, ou impactar e realizar convergências. Você vai ter que fazer o quê? Você vai escolher uma VLAN para ele e vai sair configurando caixa a caixa aquela 'VLANzinha'. Se o teu equipamento tem duas interfaces, então aquelas duas interfaces têm que ser associadas àquela VLAN, e assim você vai indo. Fora isso, você precisa de um protocolo de proteção para evitar loop lógico(F) na sua rede, porque talvez fisicamente ela esteja, mas logicamente, não. Então, você vai ter algumas interfaces sem uso. Só que o trabalho que você tem, e caso você esqueça alguém, né, "esqueci de associar uma interface", geralmente é aquela que dá problema, aquela que o caminhão passa e rompe a fibra e eu esqueci, às vezes, de configurar, seja por uma falta de atenção, seja por qualquer... alguém chamou, você virou para o lado e não prestou atenção, desde consciente até inconscientemente. E, geralmente, o tráfego, ele vai migrar para aquela interface que você esqueceu, e o tráfego não vai funcionar, e o cliente vai fazer o quê? Vai pegar o telefone e vai ligar: "Não está funcionando". Então, eu teria um trabalho de sair configurando todo mundo, trazendo isso para algo mais visual. Vocês perceberam que eu sempre tento trazer, assim, algo mais visual, porque eu sou assim. No MPLS, o que ele vai fazer? Você vai ter OSPF. Então, OSPF é como se fosse o teu GPS. Como eu chego do ponto A ao ponto B? Então, ele vai determinar o teu melhor caminho, sempre livre de loops. Então, você não precisaria ter esse protocolo de um Spanning Tree, um EAPS ou um ERPS ali rodando para fazer isso. E ele vai te escolher o melhor caminho, você vai ter as labels ali que vão te levar. E depois que você tem a tua infra pronta, a tua nuvem do MPLS, não precisa mais voltar para ela para ficar configurando. Você só vai configurar a borda, você só configura a ponta. Essa VPN começa nesse

equipamento, nesse PE, e vou entregar nesse outro. Fiz um ponto-a-ponto, ou poderia ser um ponto-multiponto. Então, tu não precisa mais sempre ficar voltando para dentro da tua rede fazendo configuração. Isso te dá uma escalabilidade bem grande, toda a parte de gestão dos seus equipamentos, ela deixa de ser camada 2, você tem roteamento, então, provavelmente, você vai fazer isso via loopback. Então, a loopback, ela vai ser alcançada, que é uma interface virtual daquele equipamento que você pode alcançar pela porta 1, 2, 3... qualquer porta ali que você tenha conectividade. Ela sempre está ativa. Então, você tem a gestão do seu equipamento. Facilita também você ter o quê? A rede do seu provedor, da sua operadora, aqui na mão. O desempenho, você pode ter ali questões de QoS embutidas, priorizações do seu tráfego; a questão de disponibilidade, se eu tenho uma rota que rompeu, o OSPF, ele vai lá... Vamos dizer que OSPF é o meu fofoqueiro do bem. Ele vai dizer: "Tati, eu não tenho mais a rota tal, eu tenho a B. Agora, você vai sair por lá". E você pode colocar também mecanismos como BFD, link flap, OAM, itens que vão ajudar também na convergência dos protocolos, sejam eles voltados para a camada 1 ou eles voltados para a camada 2. Então, quando você tem uma rede maiorzinha ou um pouco maior, que você tem redundância, talvez seja interessante pensar no MPLS. Não que ele seja obrigatório. Eu vejo que muitas vezes, a gente começa pequeno, a gente começa ali do 2, acha legal, começa a migrar para um transporte em [ininteligível], esquece de 'tunelar' o protocolo, daí Spanning Tree do cliente impacta no seu, sua rede converge, e daqui a pouco você começa a escutar o tal do MPLS. Será que ele é bom? Será que não é bom? Ele vai ajudar muito na questão de fazer transporte. Mas, de novo, eu não posso dizer que o MPLS, ele é o melhor se a minha rede hoje, como um provedor, ela é toda L2. Seria injusto eu fazer isso, mas pode ser que daqui a pouco eu comece a pensar, ou eu adquira equipamentos, nesse momento, que tenham suporte MPLS, que no futuro, que pode ser daqui um ano, pode ser daqui cinco talvez, nunca se sabe, eu só adicione a licença e faça a configuração. Eu acho que com isso eu respondo um pouquinho a pergunta aqui do Diego, espero ter ajudado, também um pouquinho a linha do Ney, as vantagens de Affinity e Explicit-Path. Depende muito de topologia para topologia, o que traz.

É mais ou menos as que eu meio que peguei aqui para dar um apanhado geral, né? Não vamos repetir o curso todo. Eu acho que era isso. Eu estou vendo que o chat está rolando aqui do lado, na tela do lado, mas não estou acompanhando ali o chat. Então, não vi se chegou a fazer alguma pergunta. Daí eu conto aí com o Eduardo ou com o Moreiras aí para ver se passou uma pergunta aqui que eu não olhei.

**SR. EDUARDO BARASAL MORALES:** Não, fica à vontade, Tati. Quer fazer um comentário final para a gente já finalizar? A gente já estourou um pouquinho do tempo, então faz um comentário final, a gente já vai terminar.

**SRA. TATIANE FIGUEIREDO:** Tá joia. Muito obrigada. Então, gostaria de agradecer a oportunidade de estar aqui, nessa 4ª Semana de Capacitação do NIC, e agradecer também todo o tempo disponibilizado por vocês de ficar aqui desde às 9h, são 12h03. Espero... fico feliz de ter contribuído um pouquinho, ou agregado um pouquinho, no dia a dia de vocês, e eu deixo aqui o meu abraço e o meu muito obrigada a todos.

**SR. EDUARDO BARASAL MORALES:** Obrigado, Tati. Realmente, foi muito boa a sua aula. Gostaria de avisar para o pessoal que, quem quer saber um pouquinho mais sobre a Tati, ouvir o Camada8. Afinal, lá a gente fez uma entrevista com ela, e foi muito divertido, e lá tem os contatos também da Tati. Quem quiser tirar alguma dúvida que não foi solucionada aqui, como ela mesma já mencionou, pode mandar uma mensagem para ela.

Bom, queria comentar um pouquinho do dia de amanhã, que ela já mesma citou, né? Ela falou: "Olha, tem coisas de Segment Routing que é interessante de vocês prestarem atenção", e é o tutorial de amanhã. É Descomplicando o Segment Routing: Configurando Segment Routing em Ambiente Emulado com Cisco, com o Gustavo Kalau, que também já apareceu aí no chat. Então, pessoal, vão seguindo aí os tutoriais, eles seguem uma ordem de aprendizado, então tudo acaba se complementando, fica tudo mais fácil de entender. Então, recomendo vocês continuarem assistindo nos próximos dias.

Bom, falar alguns outros eventos que são interessantes. A gente vai ter o Intra Rede no dia 13/4, que é Gestão de Redes de Alta Performance, e vamos ter também o IX Fórum Regional, que é lá no dia 29/4, em Brasília. Esse daí já fica o nosso primeiro evento presencial. Então, quem quiser pode se inscrever. O pessoal está colocando os links aí no chat, tá?

Vou falar também agora o resultado do sorteio do kit NIC. Quem ganhou foi o Jeferson da Silva Vieira. O pessoal vai entrar em contato com você, Jeferson, e você ganhou aí o kit NIC, que é um brinde bem recheado de coisas do NIC.br.

Por fim, gostaria de agradecer os nossos patrocinadores, que é: Dattas Links IP Servidores e Data Center, FiberX, Globo, Ican, Netflix, 4Linux, Solintel/VLSM, Cisco, o apoio de mídia da Revista RTI, Infra News Telecom e Novatec Editora, tá?

E para a gente terminar, eu queria passar o videozinho aí do Cidadão na Rede. Então, pode tocar o vídeo.

[exibição de vídeo]

**SR. ANTONIO MARCOS MOREIRAS:** Olá, gente. Eu queria agradecer vocês pela participação. Foi muito legal acompanhar o chat durante o evento, ver a quantidade de perguntas, de dúvidas, o quão participativos vocês foram, e a Tati aqui, né? A Tati, literalmente, virou duas: tinha uma virtual lá falando no vídeo e outra aqui, só respondendo o chat aqui, à velocidade da luz aqui. Eram muitas, muitas respostas da Tati. Eu acho que se a gente contar as participações aqui, metade das mensagens no chat são da Tati, né? Foi fantástico. Eu achei muito sensacional essa live aqui.

Eu gostaria de dar um recado para o pessoal aí de Minas Gerais, de Belo Horizonte. Daqui a pouquinho estou indo para o aeroporto. Eu e o Gilberto Zorello vamos participar de um evento que a Abramulti está promovendo aí amanhã e depois, né? E teremos... estaremos lá no estande para conversar com vocês sobre o IX.br, sobre o OpenCDN, sobre Internet Mais Segura, sobre o Top. Então, gente, quem estiver por lá, quem for de BH e estiver no evento, passa lá, passa para bater um papo com a gente, passa para conversar sobre os projetos do NIC.br. E temos duas palestras lá: uma amanhã, às 13h, e a outra na sexta-feira, às 16h30, lá na sala principal do evento.

Uma outra coisa aí: a gente sempre vê vocês postando depois das lives, depois dos minicursos, no LinkedIn, no Facebook, o certificado do evento, a gente vê vocês postando a participação. É muito legal quando vocês postam isso. Quando a gente vê, a gente dá like, comenta também. Nem sempre dá para comentar todas, nem sempre a gente vê todas as publicações, mas quando vocês postarem, usem a #SemanaCap, #SemanaCap, e se vocês postarem o certificado, postem também o link, ou o link para o YouTube, para o vídeo do YouTube, ou o link lá para a página, porque daí quem estiver vendo sabe onde está o conteúdo, e o conteúdo está lá gravado, né? E é isso daí.

Convido para quem não se inscreveu ainda nos eventos de amanhã e depois, se inscrevam já, já vai no YouTube, já coloca o sininho lá no evento para não perder, não esquecer, para o YouTube te avisar para você não perder o horário do evento, avisa para os colegas... se gostaram de hoje, avisa para os colegas de trabalho, avisa para os colegas de turma na faculdade, avisa para os outros professores, se você for professor, e assim por diante.

Bom, muito obrigado, gente, agradeço de novo a todos. Ah, espera aí. Espera aí. Estão me avisando aqui que tem alguma coisa a mais. A gente tem... Um dos nossos apoios de mídia aqui é a Editora Novatec, e a Novatec nos ofereceu um código de desconto, que eu não sei qual é. Eu acho que o pessoal do NIC.br Vídeos vai postar aí no chat. Se eles postarem, eu falo aqui também, ou alguém me mostra aí, por favor.

[risos]

**SR. ANTONIO MARCOS MOREIRAS:** Cadê aqui o código? Alguém postou no chat interno aqui. Aqui! "Moreiras, código de desconto..." Aqui, intrarede. Intrarede. Porque a gente tem as lives Intra Rede também, certo? Então... Mas vocês podem usar. O pessoal da Novatec disse que a gente pode usar, podia divulgar também, o código na Semana de Capacitação: intrarede, tudo minúsculo e tudo junto. Intrarede, tá? Então, é um desconto de quanto? Deixa eu ver aqui. Um desconto de 30%, 30%, lá nas publicações da Novatec, tá bom, pessoal?

Então, agora, sim. Obrigado novamente a todos, e até amanhã. Espero todos, que todos estejam por aqui. Tchau, Tchau.