

2022-RF

**A TECHNICAL AND FUNCTIONAL STUDY ABOUT THE PROTOCOL MPLS-TP
(MULTIPROTOCOL LABEL SWITCHING – TRANSPORT PROFILE)**

Tiago Carrijo Setti (União Educacional de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil) - tiagoc@ctbc.com.br

Flamaryon G. G. Borges (Centro Universitário do Triângulo, Minas Gerais, Brasil) – flamaryon@unitri.edu.br

Márcio Aurélio R. Moreira (União Educacional de Minas Gerais, Minas Gerais, Brasil) – marciorm@ctbc.com.br

Rogério Mendes Ferreira (Universidade Presidente Antônio Carlos, Minas Gerais, Brasil) – rogeriomf@ctbc.com.br

***ABSTRACT:** The MPLS-TP protocol (Multiprotocol Label Switching - Transport Profile) is being developed since 2008 jointly by the IETF and ITU-T to meet the new demands for transport networks in the telecommunications industry. The technology is based on the MPLS protocol and is a packet connection-oriented network, also it maintains compatibility with the MPLS protocol and adds features like provisioning and management found in legacy networks as SONET / SDH. The main motivation is to provide for the service providers a low cost transport network that can meet the traffic growth in current networks.*

Keywords: MPLS-TP, Metro Ethernet

***RESUMO:** O protocolo MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching – Transport Profile) está em desenvolvimento desde 2008 em conjunto pelo IETF e ITU-T para atender as novas demandas de Redes de transporte de telecomunicações. A tecnologia é baseada no protocolo MPLS e orientada a conexão por pacotes, mantém compatibilidade com o protocolo MPLS e acrescenta funcionalidades de provisionamento e gerenciamento encontradas nas Redes legadas como SONET/SDH. A motivação principal é prover as empresas operadoras de telecomunicações de uma Rede de transporte de baixo custo e que atenda o crescimento no volume de tráfego das Redes atuais. O MPLS-TP consegue atender os requisitos necessários para as redes de transporte e espera-se que atenda também a necessidade de baixo custo dos equipamentos.*

Palavras-Chave: MPLS-TP, Metro Ethernet

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as empresas operadoras de telecomunicações têm se deparado com um incremento de tráfego fora dos padrões normais, afetando freqüentemente o planejamento de capacidade das mesmas, apresentando desafios para a expansão das redes. Este crescimento se deve a adoção maciça de novos serviços como *Voip*¹, *VPN*², Vídeo e, principalmente, o acesso à Internet em banda larga. Um exemplo disso é o site Youtube.com, cujo tráfego total em 2008 foi equivalente ao tráfego de toda a Internet em 2000 conforme a figura 1 - e as previsões apontam que o tráfego de vídeo sobre IP em 2013 seja 700 vezes maior (CISCO VNI, 2008).

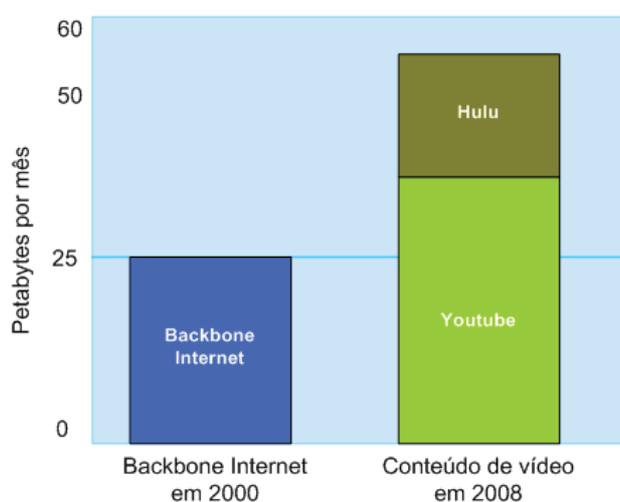


Figura 1 – Crescimento de tráfego IP na Internet

As tecnologias correntemente usadas pelas operadoras para transporte de dados em redes metropolitanas e de longa distância são baseadas em redes determinísticas e não utilizam os recursos de banda com eficiência. Tais tecnologias - como SONET³ e SDH⁴ -, ainda presentes em grande parte das redes, trazem desafios para o atendimento da nova e crescente demanda por altas velocidades.

Com o avanço dos serviços baseados em redes de pacotes, as redes de transporte devem evoluir para suportar tais serviços sem perder as características que as fizeram permanecer por um longo tempo nas operadoras. Em função disso, as operadoras de telecomunicações passaram a utilizar em suas redes de transporte metropolitanas tecnologias mais escaláveis e atuais, principalmente o protocolo *Ethernet*⁵, que tem entre seus atributos o baixo custo e as altas taxas de tráfego.

Porém, o protocolo *Ethernet*, inicialmente desenvolvido para redes LAN⁶ corporativas, não permite às operadoras de telecomunicações utilizarem os recursos de gerenciamento e aprovisionamento de circuitos existentes hoje nas redes SDH, não fornecendo garantias de entrega das informações trafegadas, nem tampouco um nível de

¹ *Voip* – Voz sobre IP.

² *VPN* – Virtual Private Network – rede privada para tráfego particular por conexão públicas.

³ *SONET* – Synchronous optical networking – redes óticas de transporte determinístico padrão ANSI.

⁴ *SDH* – Synchronous Digital Hierarchy – redes transporte de circuitos determinísticos padrão ETSI.

⁵ *Ethernet* – Tecnologia de rede para transporte de quadros em redes locais.

⁶ *LAN* – Local Area Networks – redes ethernet locais de alcance restrito.

resiliência compatível com as redes SONET/SDH atuais em caso de falhas. Nesse sentido, o protocolo *Ethernet* não fornece os atributos necessários para uma rede de transporte de alto padrão.

Em busca de soluções para o futuro das redes de transporte, as entidades e órgãos de padronização mundiais como ITU-T⁷, IETF⁸ e IEEE⁹ começaram a desenvolver novos protocolos para um uso mais eficiente das redes de transporte. Inicialmente, surgiram diversos padrões como T-MPLS¹⁰, PBB¹¹, PBB-TE¹² e outros menos conhecidos, causando dúvida entre as empresas, operadoras, fornecedores e clientes, pois não existia uma definição clara de qual protocolo deveriam adotar (BRYANT; ANDERSSON, 2009).

Um dos protocolos mais comentados é o T-MPLS, que surgiu de estudos durante vários anos na ITU-T para encontrar uma tecnologia de transporte para as redes de pacotes comutadas que fosse orientada à conexão e que oferecesse as funcionalidades de OAM (Operação, Administração e Manutenção) já existentes nas operadoras de telecomunicações. Durante o desenvolvimento do protocolo, surgiram diversos itens conflitantes com tecnologias e protocolos atuais, principalmente com o MPLS já padronizado pelo IETF. Os membros do IETF, preocupados com futuras incompatibilidades entre os protocolos MPLS e T-MPLS, informaram ao ITU-T que a nova tecnologia T-MPLS deveria ser submetida ao IETF para seguir o processo de padronização necessário com o protocolo MPLS ou então a nova tecnologia deveria ter seu nome alterado completamente e separado em outro projeto independente do IETF (BRYANT; ANDERSSON, 2009).

Ainda a respeito do processo de padronização dos protocolos, os membros do IETF e do ITU-T se reuniram e criaram um Grupo de Trabalho Conjunto (GTC) para definir o futuro da tecnologia em desenvolvimento pelo ITU-T. Após a reunião do ITU-T ocorrida em fevereiro de 2008 em Genebra, o GTC chegou a um consenso e recomendou a adoção da padronização pelo IETF da nova tecnologia com o nome de *Transport Profile for MPLS* (MPLS-TP) (BRYANT; ANDERSSON, 2009). Atualmente o protocolo MPLS-TP está em fase final de desenvolvimento e alguns fabricantes já anunciaram produtos compatíveis com o protocolo para o primeiro semestre de 2010.

2. O PROTOCOLO MPLS-TP E SUAS CARACTERÍSTICAS

O protocolo MPLS é uma tecnologia madura para o transporte de pacotes, desempenhando um importante papel nas redes de transportes atuais, principalmente nos elementos de núcleo e distribuição dos *backbones*¹³ IP. No entanto, nem todos os atributos e mecanismos do protocolo MPLS são necessários para uma rede de transporte eficiente, assim como existem funcionalidades de grande importância ainda não presentes no MPLS. Portanto, é necessário definir uma nova tecnologia que suporte as funcionalidades e

⁷ ITU-T - International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector.

⁸ IETF - Internet Engineering Task Force – organização responsável pela padronização dos protocolos IP.

⁹ IEEE - Instituto de Engenheiros Eletricistas e Eletrônicos.

¹⁰ T-MPLS – Transport MPLS – iniciativa do ITU-T para adaptar as redes MPLS aos padrões determinísticos.

¹¹ PBB – Provider Backbone Bridges – padrão do IEEE para adaptar as redes Ethernet para transporte de circuitos nas operadoras de telecomunicações.

¹² PBB-TE – evolução do PBB que permite a criação de circuitos orientados a conexão nas redes Ethernet.

¹³ Backbones – redes principais, ou, núcleo de rede das operadoras de telecomunicações.

capacidades requeridas em uma rede de pacotes combinada com os atributos operacionais das redes de transporte atuais.

O protocolo MPLS-TP permite o desenvolvimento de redes de transporte baseadas em pacotes e também seu crescimento eficiente, com baixo-custo para atender aos novos serviços e demandas. Este protocolo apresentou em sua primeira RFC¹⁴ alguns requisitos básicos a serem cumpridos pela tecnologia, são eles: 1) atender as especificações funcionais das operadoras de telecomunicações; 2) não alterar a arquitetura de encaminhamento do protocolo MPLS; 3) caracteriza-se como solução baseada em Pseudo-circuito; 4) construção de túneis MPLS bidirecionais associados; 5) tráfego *multicast*¹⁵ é Ponto-Multiponto e não Multiponto-Multiponto; 6) funções de OAM; 7) o roteamento IP não é necessário para funcionamento do protocolo; 8) pode ser usado com provisionamento estático ou por um plano de controle e sinalização; 9) todos os mecanismos devem interoperar com as redes MPLS existentes (BRYANT; ANDERSSON, 2008).

Um esforço foi despendido para que não fossem necessárias grandes alterações no protocolo MPLS já existente para suportar as funcionalidades exigidas para o MPLS-TP. Todo o provisionamento de circuitos poderá ser estático e executado por uma plataforma de gerência externa à rede; caso seja necessário o provisionamento dinâmico, este será executado pelo plano de controle dos equipamentos, utilizando os protocolos atuais como IP/RSVP¹⁶ e GMPLS¹⁷. O plano de controle será responsável pelo encaminhamento dos *labels* e pelas funcionalidades de OAM dos circuitos provisionados (NIVEN-JENKINS; BETTS; SPRECHER; UENO, 2009).

Um dos objetivos do MPLS-TP é permitir que as redes MPLS forneçam transporte de pacotes com um grau similar de preditibilidade encontrado nas redes de transportes de hoje, que apresentam algumas funcionalidades que devem estar presentes no MPLS-TP. São elas: 1) em um ambiente de provisionamento estático dos túneis MPLS, a rede deverá operar sem qualquer dependência da camada de servidores pertencentes à plataforma externa de gerência, desde que já provisionada; 2) o serviço de pseudo-circuito oferecido aos clientes deverá ser garantido independentemente do tipo de tráfego enviado pelos mesmos; 3) o plano de controle dos equipamentos clientes é totalmente isolado do plano de controle da rede MPLS-TP; 4) a rede MPLS-TP deverá se capaz de ocultar toda a sua topologia e conexões dos equipamentos clientes e vice-versa (NIVEN-JENKINS; BETTS; SPRECHER; UENO, 2009).

3. FUNCIONAMENTO DO PROTOCOLO

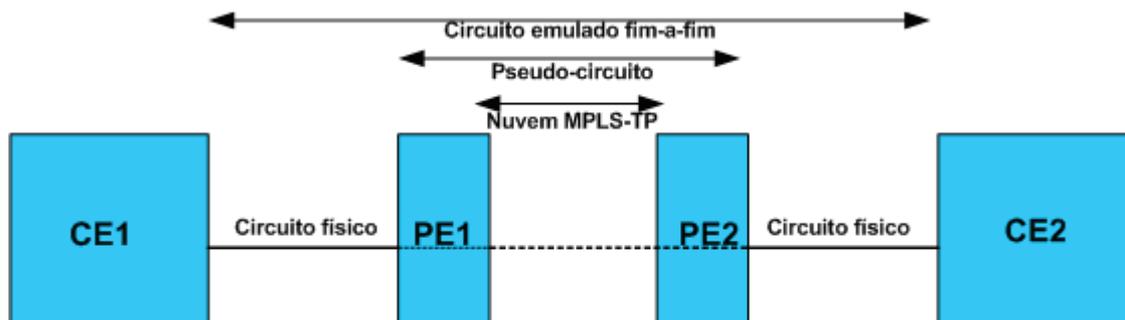
A terminologia proposta para o protocolo MPLS-TP é baseada no protocolo MPLS. A Figura 1 abaixo é a representação lógica de um circuito ponto-a-ponto:

¹⁴ RFC – Request for Comments – memorando do IETF descrevendo a normatização de uma tecnologia ou procedimento para as redes IP.

¹⁵ Multicast – tecnologia para transporte ponto-multiponto com replicação próxima do cliente IP

¹⁶ RSVP – Resource Reservation Protocol – protocolo com funções de controle de reservas e caminho MPLS

¹⁷ GMPLS – Generic MPLS – conjunto de protocolos com intenção de adaptar o protocolo MPLS para utilização em redes IP, SDH, WDM e outras.



Fonte: Adaptado de BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008.

Figura 2 – Terminologia de um circuito MPLS-TP

Onde:

CE: Equipamento do cliente (*Customer Equipment*)

PE: Equipamento da operadora (*Provider Edge*)

O serviço emulado por um Pseudo-circuito deve ser transportado através de túneis MPLS pelas redes das operadoras de telecomunicações, portanto, cada pacote será transportado com pelo menos dois *labels* - um identificando o Pseudo-circuito e um ou mais identificando o caminho no túnel MPLS. O MPLS-TP utiliza a comutação de *labels* já prevista no MPLS através da RFC3031 e não altera em nenhum momento seu funcionamento. Os equipamentos no núcleo da rede executam uma troca de *labels* simples, sem inspeção nenhuma do pacote, exceto quando ocorrer a expiração do tempo de vida do *label* (TTL¹⁸). Os equipamentos que iniciam e terminam os circuitos executarão as funções de POP e PUSH dos *labels*¹⁹ conforme funcionamento padrão do MPLS (ROSEN, VISWANATHAN, CALLON 2001). Em nenhum momento é necessária a utilização de protocolos de roteamento IP, bastando apenas as informações de *labels* MPLS para o funcionamento correto dos circuitos. Sendo o MPLS uma tecnologia de transporte multiprotocolo, é possível transportar em tais redes diversos outros tipos de pacotes e mídias distintas - funcionalidade preservada no MPLS-TP.

Como o uso do IP é opcional, é necessário um atributo para identificação dos nós da rede e circuitos criados, o que foi denominado GACH (*Generic Associated Channel*) - e para sua identificação foi sugerido um *label* específico de número 13 chamado de GAL (*Generic Alert Label*). É importante salientar que o GACH não deverá ser utilizado para transporte de dados dos clientes da rede, pois sua utilização se restringe ao controle e OAM dos circuitos em uma rede MPLS-TP (BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008). A figura 3 exemplifica um quadro MPLS com o *label* GAL previsto.

¹⁸ Time-to-live – tempo de vida de um pacote na rede IP, normalmente limitado a 255 nós.

¹⁹ Labels – campo de identificação principal dos pacotes MPLS nas redes de telecomunicações.

LSP LABEL	COS	S	TTL
GAL	COS	S	TTL
Generic-ACH			
MPLS-TP OAM Packet			

Fonte: Autoria própria, 2009

Figura 3 – Cabeçalho do pacote MPLS-TP GACH

Onde:

LSP Label: Label Value, 20 bits

COS: Traffic Class, 3 bits

S: Bottom of Stack, 1 bit

GAL: Generic Alert Label, 20bits

Generic-ACH: Generic Associated Channel Header

TTL: Time to live, 8 bits

O comportamento padrão de PHP (*Penultimate Hop Pop*) do MPLS não deverá ser utilizado inicialmente no MPLS-TP, portanto, todos os pacotes terão um ou mais *labels* fim-a-fim do túnel MPLS, além daquele que representa o Pseudo-circuito.

Quando o provisionamento for estático, a plataforma de gerência externa é responsável por configurar os túneis bidirecionais associados e garantir a congruência entre os mesmos. Caso o provisionamento seja dinâmico, o uso do GMPLS e do RSVP irá garantir a criação dos túneis bidirecionais associados, demonstrados na figura 4. Estes são túneis MPLS unidirecionais em direções opostas e associados um ao outro, formando um par como ponto de entrada e saída de dados. O encaminhamento de pacotes, monitoramento e proteção são executados independentemente em cada túnel, em consequência, os túneis podem ou não seguir o mesmo caminho através de conexões da rede (BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008).



Fonte: Adaptado de apresentação IETF, 2009

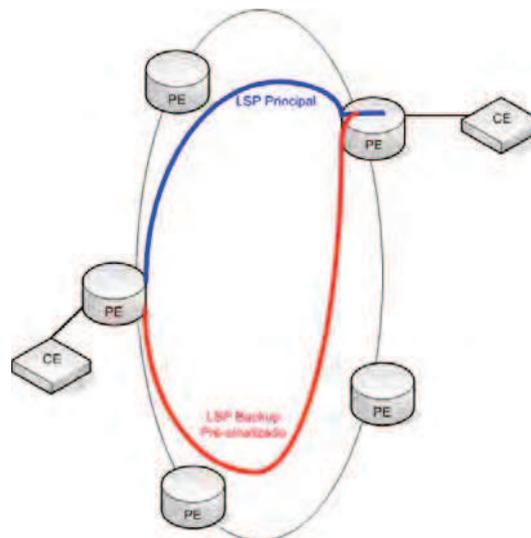
Figura 4 – Túneis bidirecionais associados criados em uma rede MPLS

As funcionalidades de OAM exigidas devem monitorar os túneis MPLS e os Pseudo-circuitos, garantindo a correlação de falhas entre as camadas, indicação de falhas e propagação das mesmas por todo o circuito. Os pacotes de GACH são utilizados tanto para controle dos túneis MPLS como dos Pseudo-circuitos e tais pacotes utilizarão a *label* GAL

para seguirem o mesmo fluxo e caminho por onde passam os dados dos clientes. A métrica utilizada para o gerenciamento será a perda de pacotes ao invés de *Bit Error*. Isso é uma evolução do monitoramento para acompanhar as velocidades mais elevadas das interfaces atuais como *Gigabit* e *10 Gigabit Ethernet*, onde a falha de um único bit não é fator de preocupação para os serviços transportados nesta rede. Algumas novas funcionalidades especificadas pelo MPLS-TP e que trazem benefícios operacionais para as empresas operadoras são: *LSP-Ping*, *LSP-Traceroute*, *LSP-BFD* (BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008).

O encaminhamento de pacotes ocorre independentemente do funcionamento do plano de controle e todos os elementos da rede são capazes de comutar os *labels* quando houver falha no controle ou na plataforma de gerência externa (BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008).

A capacidade de recuperação dos circuitos em caso de falhas é uma das mais importantes funcionalidades das redes de transporte e é exigida cada vez mais pelo mercado em todos os serviços prestados pelas operadoras. A garantia de serviços em forma de SLA²⁰ exige que a rede ofereça um alto grau de resiliência e recuperação rápida em caso de falha. O protocolo permite a recuperação de um circuito fim-a-fim, ou seja, caso ocorra uma falha em um nó ou conexão da rede, o circuito será restabelecido em poucos milissegundos por um caminho alternativo. Para isso é necessário que o circuito principal provisionado na rede tenha um caminho alternativo pré-configurado e pronto para assumir em caso de falhas no principal. Não será responsabilidade do OAM definir este caminho alternativo; esta função deve ser exercida pela plataforma de gerência externa. O túnel alternativo, desde que pré-sinalizado, é o principal motivo para a tecnologia MPLS-TP alcançar a comutação em caso de falhas próxima de 50ms. O protocolo permite ainda que, ao ser restaurada a falha, o caminho principal volte a ser utilizado pelo circuito (BRYANT; BOCCI; LEVRAU, 2008). A figura 5 é uma representação lógica de um circuito protegido.



Fonte: Adaptado de OSBORNE; SIMHA, 2002.

Figura 5 – Exemplo de túneis MPLS protegidos

²⁰ *Service Level Agreement – Acordo de Nível de Serviço, normalmente acordado entre cliente e fornecedor*

Algumas modificações nos protocolos fundamentais como MPLS, IP e RSVP talvez sejam necessárias para a completa padronização do MPLS-TP, mas tais alterações não deverão comprometer o funcionamento tradicional destes protocolos. Um dos protocolos que sofreu alteração mínima foi o MPLS, onde o grupo de trabalho do protocolo MPLS-TP emitiu uma nova RFC (de número 5462), alterando o nome do campo EXP do cabeçalho MPLS para classe de tráfego (*Traffic Class*), pois nos primórdios do protocolo MPLS este campo foi reservado para uso experimental e, na prática, é utilizado como controle para as funcionalidades de Qualidade de Serviço (QoS). O campo continua com as mesmas características atuais e composto de 3 *bits*. (ANDERSSON; ASATI, 2009). A figura 6 demonstra um cabeçalho MPLS com a nova denominação para o campo EXP.

LSP LABEL	COS	S	TTL
-----------	-----	---	-----

Fonte: Autoria própria, 2009.

Figura 6 – Cabeçalho do protocolo MPLS

4. CONCLUSÕES

Pesquisas apresentam o MPLS-TP como o futuro das redes de transporte e direciona seus argumentos para o fator custo da solução e para o aproveitamento do conhecimento operacional já desenvolvido nas operadoras de telecomunicações. A grande ênfase dos fornecedores nesta primeira etapa é para as redes metropolitanas de acesso, principalmente as atuais redes *MetroEthernet*. Este foco deve alimentar os órgãos de padronização a fim de concluir o quanto antes as regras definitivas para a tecnologia, garantindo, assim, uma evolução eficiente das redes de transporte.

Todas as operadoras anseiam por soluções que aumentem o tempo de vida das redes e diminuam o investimento necessário para implantação e manutenção dos equipamentos. O protocolo MPLS-TP vem de encontro a estes anseios e pretende completar definitivamente a transição das redes de transporte estatísticas para as redes de transporte por pacotes.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSSON, L.; ASATI, R. **Multiprotocol Label Switching (MPLS) Label Stack Entry: "EXP" Field Renamed to "Traffic Class" Field**. RFC 5462. Fevereiro 2009. Disponível em <<http://www.ietf.org/rfc/rfc5462.txt>>. Acessado em Ago de 2009.

BRYANT, S.; ANDERSSON, L. **Joint Working Team (JWT) Report**. RFC 5317. Disponível em <<http://www.ietf.org/rfc/rfc5317.txt>>. Acessado em Ago de 2009.

BRYANT, S.; BOCCI, M.; LEVRAU, L. **A Framework for MPLS in Transport Networks**. draft-blb-mpls-tp-framework-01. Outubro 2008. Disponível em <<http://tools.ietf.org/html/draft-blb-mpls-tp-framework-01>>. Acessado em Ago de 2009.

BRYANT, S.; PATE, P. **Pseudo Wire Emulation Edge-to-Edge (PWE3) Architecture**. RFC 3985. Março 2005. Disponível em <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3985.txt>>. Acessado em Ago de 2009.

NIVEN-JENKINS, B.; BRUNGARD, D.; BETTS, M.; SPRECHER, N.; UENO, S. **MPLS-TP Requirements**. draft-ietf-mpls-tp-requirements-10. Agosto 2009. Disponível em <<http://tools.ietf.org/html/draft-ietf-mpls-tp-requirements-10>>. Acessado em Ago de 2009.

OSBORNE, Eric; SIMHA, Ajay. **Traffic Engineering with MPLS**. Cisco Press, 2002.

ROSEN, E.; VISWANATHAN, A.; CALLON, R. **Multiprotocol Label Switching Architecture**, RFC 3031. Janeiro 2001. Disponível em <<http://www.ietf.org/rfc/rfc3031.txt>>. Acessado em Ago de 2009.

CISCO SYSTEMS. **Cisco Visual Networking Index**. Dezembro 2008. Disponível em http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-512048.html>. Acessado em Ago de 2009.