

Desvendando o conceito de CDN e sua aplicabilidade nas Redes Acadêmicas

Marcelino Nascentes Cunha^a, Reinaldo Matushima^b, Samuel Kopp^b, Regina Melo Silveira^b, Jean Carlo Faustino^a, Antônio Carlos Fernandes Nunes^a

^a Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP), Rua Lauro Müller, 116 sala 1103, Botafogo
22290-906 Rio de Janeiro, RJ, Brazil
marcelino.cunha@rnp.br, jean.carlo@rnp.br, antonio.nunes@rnp.br

^b Laboratório de Arquitetura e Redes de Computadores (LARC), Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3, n.158, sala C1-50, Cidade Universitária
05508-010 São Paulo, SP, Brazil
matushim@larc.usp.br, samuel@larc.usp.br, regina@larc.usp.br

Resumo. O presente artigo tem o objetivo de desvendar o conceito de *Content Delivery Network* (CDN) e sua aplicabilidade nas redes acadêmicas nacionais através da exposição da sua definição teórica, de seus elementos constitutivos, sua forma de operar, os tipos e modelos e arquiteturas existentes. O artigo também pretende apresentar algumas opções para quem deseja desenvolver sua própria solução de CDN apontando os desafios, complexidades e benefícios que isso pode trazer. Por fim, há ainda a exposição da experiência da RNP no desenvolvimento, estudo e aprimoramento da solução atualmente em uso.

Palavras Chave: CDN, rede, acadêmica, distribuição, conteúdo, desenvolvimento, experiências, uso.

1. Definição de CDN

O crescimento da Internet nos últimos anos, com o surgimento de inúmeras aplicações com diferentes propósitos para diversos dispositivos conectados, mostrou a ineficiência da rede pública para tal demanda, que basicamente não foi inicialmente elaborada para uma escala de uso tão extensa. Há cerca de dez anos atrás observou-se que a rede apresentava limitações com relação a pontos de congestionamento, ineficiência dos protocolos de roteamento e transporte, problemas com redes inacessíveis por falhas ou quedas de enlaces, alta descentralização do gerenciamento dos recursos e heterogeneidade dos softwares utilizados no cliente final.

Tais limitações são inerentes ao funcionamento da Internet e estão fora de controle de uma única instituição. Por outro lado, novas aplicações estavam surgindo envolvendo grandes volumes de informação, ao considerarmos principalmente o aumento contínuo do consumo de vídeo, em diversas resoluções, incluindo a qualidade HD, demandando desta forma cada vez maior desempenho de transmissão.

Portanto, observou-se uma lacuna tecnológica entre o limite da capacidade da Internet e o desempenho necessário para as atuais e futuras aplicações distribuídas, de forma que esta continue crescendo e alavancando cada vez mais negócios. Por esta razão, estratégias e artifícios que permitissem otimizar a entrega de dados, áudio e vídeo começaram a ser elaborados, garantindo a adaptação da Internet as necessidades atuais e futuras [1].

Tais evoluções devem atender as tendências demandadas por diferentes aplicações como *downloads*, jogos, áudio *streaming*, vídeo ao vivo e sob demanda. Em relação as aplicações, deve ser previsto um aumento contínuo das aplicações interativas, multilínguas e dos grandes volumes gerados por aplicações de vídeo 2D e 3D de altas resoluções, já que é clara a tendência em uma escalada em termos da resolução de vídeo, visto que estão planejadas transmissões 4k nos eventos esportivos deste ano e do uso de TV UHD (Ultra High Definition) 8k (4320p) em 2020. Em termos de comportamento do usuário deve-se considerar a tendência à alta mobilidade e alta interação. Além disso, observa-se crescente preocupação em monitorar o comportamento do usuário para assim oferecer conteúdos cada vez mais aderentes as suas expectativas.

Outras questões ainda devem ser consideradas, pois, a fim de criar valor às aplicações de distribuição de mídias, existe a tendência de possibilitar não só a reprodução da mesma, mas também permitir a criação e alteração dos conteúdos de forma colaborativa.

Neste panorama surgiram as primeiras CDNs (do inglês *Content Delivery Network*) comerciais, que são redes implantadas por empresas que prestam serviço de entrega de conteúdo. Uma CDN é uma rede para entrega de conteúdo, que é definida a partir da operação colaborativa de um conjunto de elementos de rede espalhados

pela Internet, onde conteúdos são replicados por vários servidores Web espelhos de forma a melhorar a eficiência de entrega dos conteúdos aos usuários finais.

Em termos mais técnicos, pode-se dizer que uma CDN corresponde à uma rede sobreposta de servidores atuando de forma colaborativa, com o objetivo de entregar conteúdos digitais aos clientes, atendendo a requisitos de qualidade de serviço.

O termo CDN surgiu nos anos 90 com a necessidade de criar meios de prover desempenho e escalabilidade aos serviços Web, a fim de evitar que websites com grande volume de acessos apresentassem problemas de congestionamento e conseqüente indisponibilidade. Este tipo de problema ficou conhecida pelo termo *flash crowd* [3] ou *SlashDot effect* [4], que consiste em um aumento repentino e significativo da demanda a um determinado conteúdo, ocasionando a indisponibilidade do mesmo.

As CDNs surgiram a fim de superar as limitações da Internet em prover conexão com qualidade de serviço (QoS) e conseqüentemente, aos olhos do usuário, prover qualidade de experiência (QoE) compatível com as expectativas deste quando acessa um conteúdo na Web. A CDN pode ser vista como uma rede virtual sobreposta (ou rede *overlay*) criada através de uma camada de software sobre a rede física existente.

Devido ao fato de que o uso das CDNs tem se mostrado de grande benefício para os serviços de oferta de conteúdos digitais, as pesquisas nesta área continuam em pleno desenvolvimento e novas soluções de avanço de sua capacidade têm sido continuamente propostas e implantadas.

2. Elementos constitutivos de uma CDN

Basicamente se observa que a Internet tem evoluído significativamente nos últimos anos, desde sua utilização específica pela comunidade científica, depois com intenso uso por uma sociedade ávida por comunicação sendo seguida por comunidades sociais interativas e finalmente para o amplo e intenso consumo de conteúdo, com grande potencial para a substituição da TV em um futuro bem próximo.

As redes de distribuição de conteúdo (CDNs) surgiram neste contexto e tendem a modificar muito o modelo de negócios usado na Internet até então. As primeiras CDNs surgiram dez anos atrás e já se observa uma evolução em relação ao seu uso.

Segundo [2] a primeira geração tinha como objetivo fazer a entrega eficiente de conteúdos Web estáticos e dinâmicos, a segunda geração objetivava melhorar o desempenho da rede para serviços de vídeo sob demanda e ao vivo; enquanto a terceira geração tem como principal foco a interação das comunidades sociais e o acesso de aplicações via dispositivos móveis.

A estrutura básica de uma CDN envolve três principais atores, que são: o provedor de conteúdo, o provedor de CDN e o usuário final. De uma forma geral o provedor de conteúdo é o cliente do provedor de CDN, que faz a entrega para o usuário final, ou usuário web, que por sua vez é cliente do provedor de conteúdo. O provedor de conteúdo delega a entrega de objetos web, a partir de uma URL (Uniform Resource Locator), para que o provedor de CDN os entregue para os usuários web.

Para tanto, o provedor de conteúdo ou aplicação deve manter um sistema origem que inclui servidor web, o servidor de aplicação, a base de dados com os conteúdos, com todos os objetos digitais a serem distribuídos. No caso de distribuição de vídeo, o provedor de conteúdo deve prover instalações para a captura e codificação dos fluxos de vídeo ao vivo e *storage* para armazenamento de vídeo sob demanda. É função dos servidores da CDN coletar os conteúdos dos servidores de origem de seus clientes e disparar o processo de replicação deste em sua estrutura de forma a otimizar sua entrega aos clientes finais, ou consumidores Web.

Algumas poucas CDNs comerciais exigem que os conteúdos de seus clientes sejam depositados em sua estrutura, alegando garantia de melhor desempenho. Mas isso é claramente uma estratégia para criar dependência do provedor de conteúdo ao serviço de entrega, com o objetivo de criar uma fidelidade de mercado.

Considerando o alto custo de armazenamento e a grande responsabilidade da guarda do conteúdo e de continuidade do serviço, esta não parece ser a estratégia mais propícia, principalmente ao considerar-se uma CDN sem fins comerciais, a abordagem onde o cliente disponibiliza seus conteúdos em seu servidor, ou seja, no servidor de origem, é sem dúvida a estratégia mais adequada.

3. Como funciona uma CDN

A entrega de conteúdos em uma estrutura global e distribuída é de grande complexidade e traz desafios com relação a sua arquitetura, operação e gerenciamento, principalmente quando consideramos um ambiente heterogêneo e imprevisível da Internet.

O gerenciamento e a recuperação de dados precisam ser feitos de forma eficiente e escalável através de inúmeros *clusters* de servidores, muitas vezes alocados em centros de dados de terceiros. Além disso, alterações nas configurações e atualizações de *software* precisam ser feitos de forma segura, rápida e consistente, sem causar descontinuidade no serviço [1]. Os provedores de conteúdo precisam manter o controle sobre o consumo de seus conteúdos através da distribuição do provedor de distribuição.

Os conteúdos que podem ser disponibilizados através das CDNs são: conteúdos estáticos (páginas HTML, imagens, documentos), transmissão multimídia (áudio,

vídeo, etc.) e/ou outros serviços diversos (transferência de arquivos, serviços de diretório).

O princípio fundamental do funcionamento das CDNs é fazer um balanceamento de carga entre diversos servidores com réplicas do conteúdo original, direcionando usuário para um servidor mais próximo deste, de forma a minimizar a largura de banda utilizada e reduzir a latência no acesso ao conteúdo.

Podemos diferenciar dois tipos de estratégias de definição de CDNs, que são conhecidas como [5]:

- **Enter deep.** Onde o provedor de CDN aloca *cluster* de servidores em diversos *Internet Service Providers* (ISPs), a fim de se posicionar o mais perto possível do usuário final. A situação ideal seria ter servidores alocados nos ISPs de cada usuário final, minimizando assim a necessidade de desempenho nas comunicações de longas distâncias.
- **Bring home.** Estabelecendo grandes infraestruturas de armazenamento e distribuição, interligados por um *backbone* e trazendo a conexão de ISPs até esta infraestrutura. Normalmente estas instalações ficam próximas de PTT (Pontos de Troca de Tráfego) ou PoPs (Pontos de Presença), facilitando assim a conexão com os ISPs e empresas de comunicação.

A Figura 1 exemplifica um modelo básico de uma CDN, em que cada servidor realiza a entrega de conteúdos para os clientes conforme a sua localização geográfica.

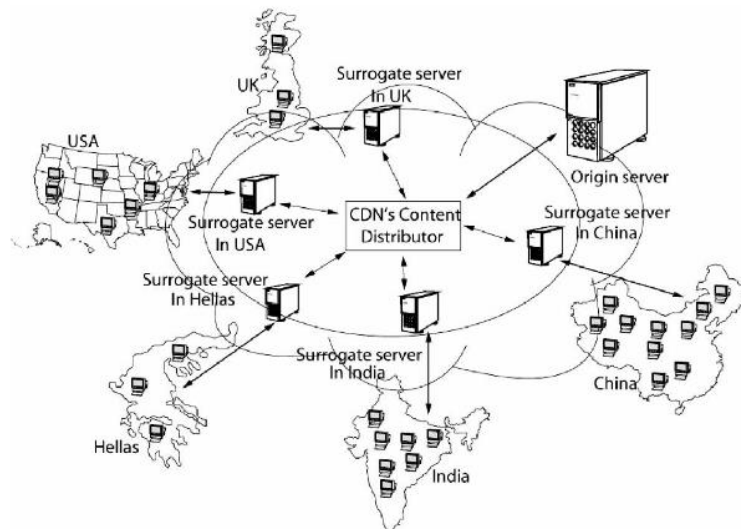


Fig. 1. Modelo básico da uma CDN [6].

4. Tipos de CDN

A crescente demanda por serviços de entrega de conteúdo, aliado as tecnologias de *Cloud Computing*, que transformaram o mercado de infraestrutura de redes em um mercado *commodities*, tornou o mercado de distribuição de conteúdo altamente competitivo.

Mediante este cenário, os novos *Players* deste mercado estão disponibilizando novas maneiras de oferecer serviços de distribuição de conteúdo, ou seja, de CDNs. A Figura 2 ilustra graficamente essas opções que serão detalhadas a seguir.

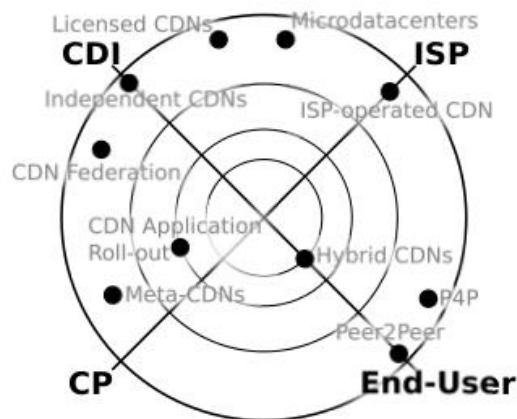


Fig. 2. Soluções de CDN correlacionadas com stakeholders da distribuição de conteúdo [7].

4.1. CDNs Independentes

CDNs independentes são os serviços tradicionais de CDN. Elas têm uma forte base de clientes de produtores de conteúdo e são responsáveis por entregar o conteúdo de seus clientes os usuários finais em todo o mundo de forma que atualmente são os maiores players da Internet tanto em infraestrutura como em volume de tráfego. Em geral, existem três abordagens principais para a construção de uma CDN Independente [7]:

- **Centralizado.** Abordagem utilizada por pequenas CDNs, One-Click Hosters, e aplicações em Cloud Computing. Os principais benefícios desta abordagem são: (i) a economia de escala que um único local oferece, (ii) a flexibilidade que o multi-homing oferece e (c) as oportunidades de conectividade que os IXPs oferecem. As desvantagens são o potencial para um único ponto de falha, e a capacidade limitada para garantir baixa latência para os usuários localizados em diferentes redes ao redor do mundo;

- **Baseado em Datacenter.** Abordagem na qual são implantados servidores em vários Datacenters de grande porte. Ele novamente aproveita a economia de escala, melhorando a confiabilidade e a disponibilidade. No entanto, a utilização de vários datacenters implica em novos desafios relacionados com a distribuição e sincronização de conteúdo. Esta abordagem é utilizada por CDNs como Limelight, EdgeCast e BitGravity;
- **Infraestrutura distribuída.** Abordagem onde é implantada uma infraestrutura altamente distribuída e potencialmente dentro de redes de terceiros. Nesta, o grande número de servidores espalhados por inúmeras redes oferece alta disponibilidade e replicação de conteúdo, ao mesmo tempo, sendo possível manter parte da infraestrutura muito perto dos usuários finais. Além disso, nesta abordagem, é possível balancear o tráfego em todos os locais, reagir melhor aos picos de carga e entregar conteúdo com melhor latência. No entanto, ao utilizar recursos altamente distribuídos, os desafios tornam-se ainda mais complexos. Atualmente a Akamai é a única CDN independente que usa essa abordagem em uma escala global.

4.2. CDNs operadas por ISPs

O potencial para a geração de receita com o serviço de distribuição de conteúdo tem motivado diversos ISPs a construir e operar as suas próprias infraestruturas de distribuição de conteúdo. Por exemplo, grandes provedores como a AT&T e Verizon construíram suas próprias CDNs com os mesmos princípios arquitetônicos das CDNs Independentes. No entanto, devido às limitações decorrentes da abrangência da sua própria rede, essas CDNs não são implementadas de forma distribuída através de múltiplas redes e, portanto, não são soluções que operam globalmente.

4.3. CDNs Federadas

Para superar o problema das CDNs que não possuem abrangência global, o grupo de trabalho Content Distribution Network Interconnection (CDNI) [8] do IETF está trabalhando na recomendação para a integração de diversas CDNs a fim de formar uma federação de CDNs. Por meio desta solução, é possível evitar o custo de implantação de servidores em uma escala global. Deste modo, CDNs menores, geralmente operadas por ISPs, se juntam para fornecer um serviço de CDN de maior alcance aos provedores de conteúdo.

4.4. CDNs Licenciadas

As CDNs licenciadas têm surgido como uma solução para combinar os benefícios da uma grande base de provedores de conteúdo de uma CDN independente com a base de usuário final de um ISP. A CDN licenciada é uma parceria entre uma CDN

independente e um ISP, em que a CDN licencia o software de distribuição de conteúdo para o ISP, enquanto o ISP opera os servidores.

A receita derivada de produtores de conteúdo é dividida entre as duas partes. Assim, uma CDN pode expandir sua abrangência na rede de um ISP sem investir em hardware, e o ISP não precisa investir no software para uma distribuição de conteúdo, além de não precisar negociar diretamente com os produtores de conteúdo.

4.5. CDNs-Híbridas

Uma CDN híbrida é constituída por uma rede P2P em que tanto as aplicações nos usuários finais como os servidores da CDN, atuam como *peers*. Além disso, a CDN oferece um serviço de seleção de *peers* que utilizam também critérios de proximidade topológica, o que beneficia o gerenciamento de tráfego na rede. Além disso, a disponibilidade de conteúdo pode ser gerenciada pela CDN dado o fato de haverem servidores da CDN dedicados para atuar como *peer*.

O estudo de Huang [9] mostrou que até 80 % do tráfego de distribuição de conteúdo pode ser realizado através dos usuários finais, sem degradação significativa no tempo total de *download*.

Atualmente a Akamai já oferece uma solução de CDN híbrida aos seus clientes, o NetSession [10]. Esta solução tem como alvo a distribuição de arquivos muito grandes, tais como atualizações de software. Outro exemplo é o Xunlei [11], um agregador de aplicativos muito popular na China. Ele é usado para fazer download de vários tipos de arquivos, incluindo vídeos, programas, e até mesmo e-mails. Este suporta os protocolos tais como HTTP, FTP e RTSP.

4.6. Meta-CDNs

Atualmente, grandes produtores de conteúdo estabelecem contratos com várias CDNs para entregar seu conteúdo. Neste contexto surgiram as Meta-CDNs, que atuam como *brokers* na seleção da CDN. As Meta-CDNs geram métricas de desempenho para estimar qual é a melhor CDN para cada caso, levando em consideração também o custo da entrega.

Para isso, as Meta-CDNs colocam pequenos arquivos em diversas CDNs e incorporam no código-fonte de sites populares. Assim, quando os usuários visitam esses sites, são geradas estatísticas de acesso que alimentam as métricas de desempenho.

4.7. Cloud-CDNs

Esta é uma outra arquitetura que tem sido recentemente alvo de estudos, procurando fazer uma integração mais transparente e otimizada entre a infraestrutura de borda da CDN e os *storages* e servidores que proveem serviços dispostos como uma nuvem. O principal objetivo desta proposta é diminuir os custos, aumentar a escalabilidade, melhorar a proximidade do conteúdo com o usuário final e melhorar o gerenciamento do consumo do conteúdo para o cliente das CDNs [12].

4.8. Outros tipos de CDNs

Recentemente tem sido observado uma proliferação de várias pequenas CDNs comerciais, que atendem a menores empresas e com menor volume de conteúdo, mas que desejam obter melhor desempenho na entrega destes conteúdos aos clientes finais.

Uma comparação do desempenho das principais pequenas empresas que oferecem serviço de CDN foi publicada pela Top Ten Reviews (www.toptenreviews.com) que considerou várias empresas do mercado. A avaliação foi feita pontuando os parâmetros desempenho, simplicidade, serviços, segurança e suporte de 0 a 10. Detalhes adicionais podem ser encontrados em <http://small-business-cdn-review.toptenreviews.com/>.

5. Desenvolvendo uma CDN

Contratar uma CDN de mercado requer conhecimento do tipo tráfego e uso que os usuários fazem dos serviços da sua instituição. Um erro neste conhecimento levará a um erro de especificação no tipo de CDN a ser contratada gerando a situação desconfortável de se ter um contrato de alto custo e benefício aquém do esperado.

Porém, se a instituição (ou rede acadêmica) tiver desenvolvido um conhecimento específico, ainda que teórico, neste tipo de tecnologia ela poderá optar por desenvolver sua própria CDN adequada às especificidades da sua rede, ao uso que se faz dela.

Apesar da complexidade de coordenação de um projeto como este que envolverá um alto investimento e um longo tempo de desenvolvimento, uma vez implementado ele tende a ser um legado para a rede acadêmica e seus usuários agregando, além disso, independência em relação aos fornecedores de mercado e os altos preços hoje cobrados.

E como os custos das soluções comerciais são, normalmente, baseados na quantidade de acessos (banda consumida, ou quantidade de acessos ao site), a tendência é que este custo sempre aumente dada a tendência dos serviços de vídeos sempre aumentar tanto na quantidade de usuários quanto na qualidade dos vídeos.

O desenvolvimento de uma CDN, no entanto, é um projeto de alta complexidade. Não se trata de desenvolver apenas um algoritmo eficiente para a distribuição do conteúdo. É preciso também entregar esse conteúdo com agilidade e qualidade, e isso geralmente requer estar próximo ao cliente, isto é, ter servidores próximos da sua rede criando uma boa capilarização da CDN.

A capilarização do conteúdo é a parte mais complexa de uma CDN, pois ela envolve altos custos com a alocação de servidores e *storages* não só dentro da sua rede, mas dentro de todas as redes possíveis, pois o cliente final pode estar em qualquer lugar da rede querendo acessar um conteúdo da CDN.

Outros elementos importantes, cuja definição devem anteceder um projeto de desenvolvimento de CDN são:

- **Modelo arquitetural:** o primeiro passo fundamental é a definição da arquitetura da CDN que se deseja baseado num dos tipos apresentados neste documento. A escolha entre uma CDN Independente, operadas por ISP's, Federada, Licenciada, Híbrida, Cloud-storage ou mesmo Meta-CDN irá definir não só o propósito que ela irá atender como também dificultar (ou mesmo inviabilizar) uma mudança de escopo futuro;
- **Modelo de codificação:** a relevância deste aspecto deriva do fato de que a forma como o software for codificado refletirá a possibilidade (ou não) de adicionar novos módulos, implementar modificações para atender novos requisitos e ajustar a resiliência. Funcionalidades chaves tais como serviço de publicação e assinatura de mensagens, política de avaliação de proximidade entre os caches, política de limpeza de cache, e o armazenamento em nuvem podem ser implementadas de inúmeras formas. Se o projeto não tratar com cuidado a forma como estas funcionalidades são desenvolvidas, a CDN resultante pode apresentar sérias limitações.
- **Provisão de conteúdos cacheados de forma transparente:** um ponto de atenção importante no uso de uma CDN, é avaliar o grau de esforço para utilização de suas facilidades. Uma CDN deve ser o mais transparente possível para as aplicações. Isto é, deve exigir o mínimo de alterações para fazer uso de suas funcionalidades básicas.

- **Fluxo de consumo das versões dos vídeos:** no caso de CDNs que disponibilizem serviços adicionais ao cacheamento dos conteúdos, agregando facilidades para as aplicações, tais quais funcionalidades para tratamento de vídeo, é importante antecipar a identificação de quais funcionalidades serão suportadas como, por exemplo, a *transcoding* ou *live streaming*. A ausência desta definição pode afetar implementações realizadas em servidores já existentes na instituição gerando retrabalho futuro;
- **Redundância de elementos centrais:** é de fundamental importância o uso de mecanismos como *front-end load balancer*, *Publisher* e *Manager* a fim de garantir a disponibilidade do serviço em questão.

Assim, o desenvolvimento de uma CDN é um projeto que tem como ponto decisivo e determinante a definição dos requisitos do projeto correspondendo, portanto, a um passo que não pode ser menosprezado. Mesmo assim, desenvolvê-la ainda parece ser uma boa opção para quem deseja reduzir os custos de manutenção de um serviço externo a médio e longo prazo além de se ter controle sobre a segurança nos dados trafegados.

6. A experiência da RNP

A RNP possui duas grandes experiências no desenvolvimento de uma CDN. A primeira e mais recente corresponde a um protótipo criado especificamente com o objetivo de aprofundar e desenvolver o conhecimento sobre a tecnologia. Já a segunda corresponde à implantação de uma CDN restrita para o tráfego de vídeos dos serviços, que sustenta os serviços de Vídeo sob Demanda, Transmissão de Vídeo ao Vivo e Transmissão de Sinal de TV que a rede acadêmica brasileira oferece às suas instituições clientes [13].

O desenvolvimento da atual CDN que está em produção começou em 2002, no contexto do financiamento e coordenação de Grupos de Trabalho (GTs) da RNP. No ano seguinte foi criada uma rede experimental de vídeo com 10 pontos espalhados ao longo do *backbone* da RNP para testar a aplicação num ambiente real. Naquele momento, o serviço só suportava o transporte de vídeos sob demanda (VoD).

Ainda durante o ano 2003 outra chamada de GT foi realizada para que fosse desenvolvido uma aplicação que suportasse o fluxo ao vivo de vídeos, o que foi obtido restando então o desenvolvimento de um publicador de vídeo com a ressalva, no entanto, que se tratava ainda de uma rede de vídeo digital em experimentação.

Em 2006, um novo GT haveria de criar um portal para a divulgação dos vídeos e de um módulo específico responsável pela geração das rotas da fonte do vídeo até o usuário. Com isso, concluiu-se o último passo no desenvolvimento da CDN de vídeo que mais tarde entraria em produção com servidores em todos os estados brasileiros suportando os formatos de vídeo flv, mp4 e wmv para o vídeo sob demanda, e wmv para a transmissão de vídeo ao vivo. Atualmente os servidores da CDN estão sendo aprimorados para suporte a HLS (HTTP Live Streaming) [14], o que permitirá acesso a *streaming live* via dispositivos móveis (HTML5).

Atualmente, a CDN em questão possui servidores espalhados em todos os 27 pontos do *backbone* da RNP, correspondendo aos PoPs (Pontos de Presença), conforme apresentado na Figura 3, dos quais diversos destes estão conectados à PTTs (Pontos de Troca de Tráfego) com outros *backbones*. Além disso, há ainda um *cluster* para o servidor de vídeo sob demanda composto por 2 máquinas e um *storage* responsáveis pela hospedagem do conteúdo.

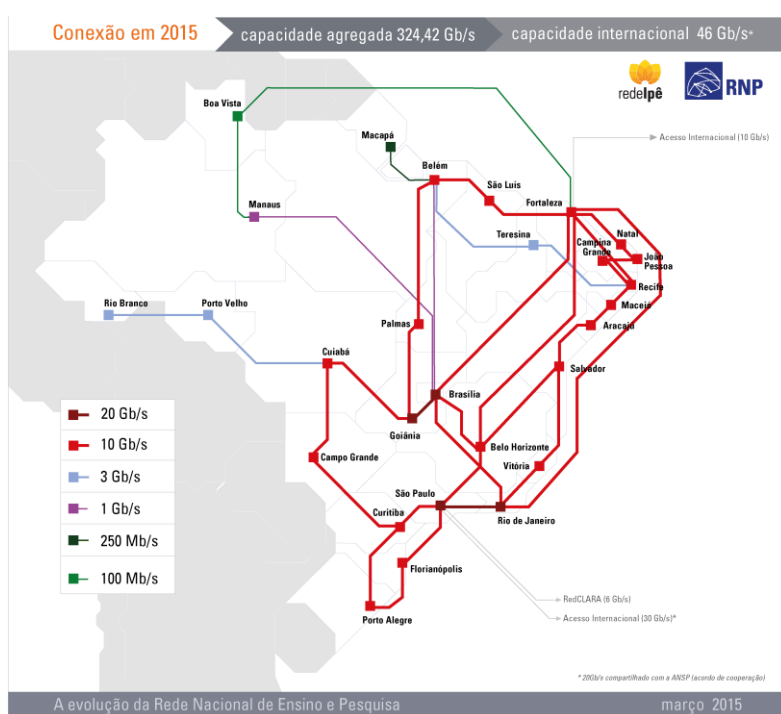
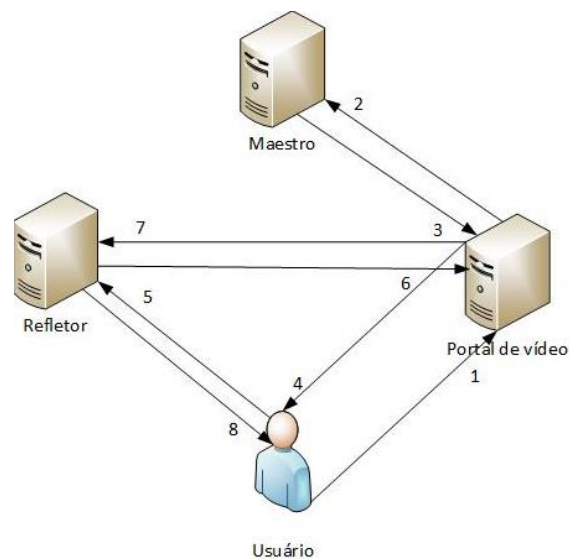


Fig. 3. Mapa do *backbone* da RNP.

Os 27 pontos da CDN correspondem as 26 capitais brasileiras, além do Distrito Federal, garantindo assim que qualquer usuário da RNP possa acessar o conteúdo do portal, ou alguma transmissão, sem que para isso precise atravessar todo o *backbone*. Na prática, a CDN funciona como rede *multicast*, porém na camada de aplicação otimizando o uso de banda do *backbone* uma vez que as requisições do usuário são atendidas pelo servidor que estiver mais próximo a ele.

Outra parte essencial da CDN e dos serviços de vídeo que ela suporta é o módulo chamado de *maestro*. Ele é o responsável pela criação das rotas para acesso aos vídeos. Para cada acesso é criada uma rota, que pode ser a mesma ou não, dependendo da origem da requisição conforme apresentado na figura 4.

Soma-se ao *maestro* um portal de vídeo, através do qual se realiza a transcodificação de formatos dos vídeos para ao menos 2 formatos diferentes: mp4 e flv. Isto possibilita que qualquer usuário, usando qualquer máquina, qualquer sistema operacional e qualquer *browser* consiga assistir os vídeos ali disponíveis.



- 1 - usuário requisita o vídeo
- 2 - portal solicita a melhor rota
- 3 - maestro retorna a melhor rota
- 4 - portal entrega a melhor rota ao usuário
- 5 - usuário envia a requisição ao refletor mais próximo
- 6 - refletor solicita o vídeo caso não o tenha em cache
- 7 - refletor recebe o vídeo solicitado
- 8 - refletor entrega o vídeo ao usuário

Fig. 4. Arquitetura simplificada da CDN em produção da RNP

Os benefícios em oferecer um serviço de distribuição de conteúdo para as instituições associadas são, tanto no aspecto de possibilitar o uso mais intensivo de conteúdos de maior qualidade, que demandam de mais recursos de rede, como também em otimizar a utilização da própria infraestrutura, criando um modo mais escalável e inteligente do uso da rede.

7. Considerações Finais

Apesar das CDNs já serem uma realidade no mercado de serviços de rede, há inúmeros aspectos e nuances na definição do seu conceito. Compreendê-los corresponde a um passo fundamental para fazer um bom uso a fim de maximizar os benefícios e minimizar os prejuízos de uma especificação equivocada. Desta forma, este artigo procurou desvendar o conceito e sua aplicabilidade numa rede acadêmica através da exposição dos seus elementos constitutivos, seu funcionamento, os tipos e modelos arquiteturais existentes e os desafios e opções para quem desenvolver sua própria solução de CDN, conforme apresentado pela rede acadêmica brasileira.

8. Agradecimentos

A José Luiz Ribeiro Filho, Nelson Simões da Silva, as equipes da Diretoria Adjunta de Gestão de Serviços, da Diretoria Adjunta de Soluções, da Gerência do Programa de Grupos de Trabalho, e a todos da RNP.

9. Referências

1. Erik Nygren, Ramesh K. Sitaraman and Jennifer Sun; “The Akamai Network: A Platform for High-Performance Internet Applications”. ACM SIGOPS Operating Systems Review, Volume 44, Issue 3, July 2010, pg. 2-19, New York, USA. Doi <10.1145/1842733.1842736.
2. M. Pathan, R. Buyya e A. Vakali; “Content Delivery Networks: State of the Art, Insight, and Imperatives. Content Delivery Network. Springer, 2010.
3. ARLITT, Martin; JIN, Tai. A workload characterization study of the 1998 world cup web site. Network, IEEE, v. 14, n. 3, p. 30-37, 2000.
4. ADLER, Stephen. The Slashdot effect: an analysis of three Internet publications. Linux Gazette, v. 38, p. 2, 1999.
5. J. Kurose e K. Ross; “Redes de Computadores e a Internet – Uma abordagem top-down”. Pearson, 6ª edição, 2013.
6. BUYYA, Rajkumar; PATHAN, Mukaddim; VAKALI, Athena (Ed.). Content delivery networks. Springer, 2008.
7. FRANK, Benjamin et al. Collaboration Opportunities for Content Delivery and Network Infrastructures. 2013.
8. LEUNG, Kent; LEE, Yiu. Content Distribution Network Interconnection (CDNI) Requirements. draft-ietf-cdni-requirements-02 (work in progress), 2011.
9. C. HUANG, A. Wang, J. Li and K.W. Ross; “Understanding Hybrid CDN-P2P: Why Limelight needs its own Red Swoosh”. In: Proceedings of the 18th International Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV '08), ACM, 2008. p. 75-80, Braunschweig, Germany.
10. ADITYA, Paarijaat et al. Reliable client accounting for hybrid content-distribution networks. 2012.
11. DHUNGEL, Prithula et al. Xunlei: Peer-assisted download acceleration on a massive scale. In: Passive and Active Measurement. Springer Berlin Heidelberg, 2012.
12. CC-F. Lin, M-C. Leu, C-W. Chang e S-M. Yuan; “The Study and Methods for Cloud based CDN”. In: Proceedings of 2011 International Conference on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery (CyberC'2011), pg. 469-475, Beijing, China. Akamai Press Release.
13. Rede Nacional de Ensino e Pesquisa (RNP) – Serviços Avançados. <http://www.rnp.br/servicos/servicos-avancados>.
14. R. Pantos, Ed.; HTTP Live Streaming draft-pantos-http-live-streaming-00. <http://tools.ietf.org/html/draft-pantos-http-live-streaming-14>.