

Guia DMZ Científica

2ª Edição (2017)



RNP

MINISTÉRIO DA DEFESA

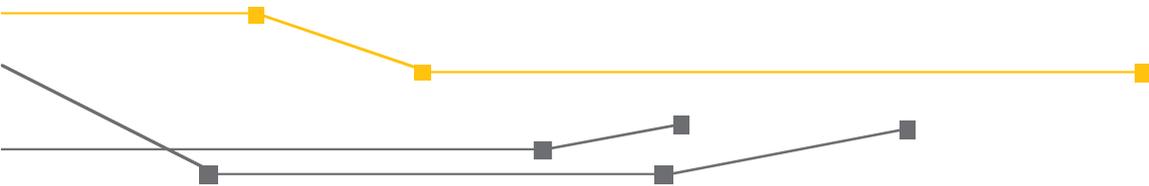
MINISTÉRIO DA CULTURA

MINISTÉRIO DA SAÚDE

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES





AUTORES:

Dino Raffael Cristofoleti Magri - LARC/USP

Fernando Frota Redigolo - LARC/USP

Tereza Cristina Melo de Brito Carvalho - LARC/USP

Gustavo Neves Dias - RNP

Leandro Neumann Ciuffo - RNP

Michael Stanton - RNP

APOIO E AGRADECIMENTOS:

Laboratório de Arquitetura de Redes de Computadores da USP (LARC)

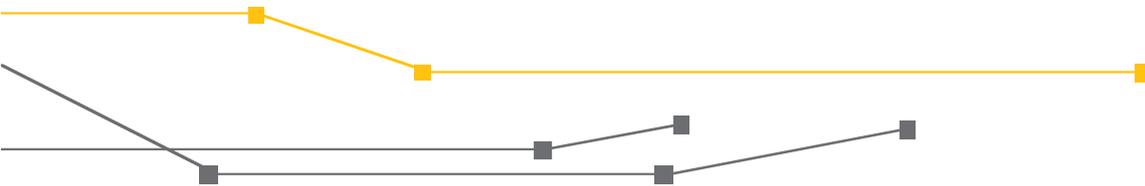
Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LineA)

Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC)

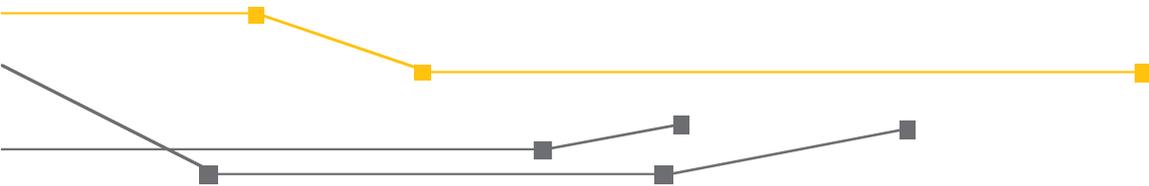
Laboratório Nacional Luz Síncrotron (LNLS)

A quem se destina este documento: Diretores de TIC e administradores de rede de instituições que abrigam laboratórios de pesquisa ou centros de computação que demandam melhorias no desempenho da rede.



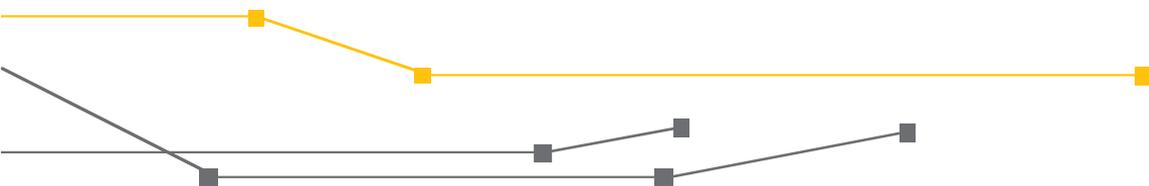
Lista de Figuras

Figura 1 - Resultados do experimento de transferências de diferentes tamanhos de arquivos usando diferentes ferramentas.....	7
Figura 2 - Fluxos Tradicionais versus Fluxos Científicos.....	8
Figura 3 - Cenário e resultados do experimento de transferência de arquivos COM e SEM firewall.....	10
Figura 4 - Caminho de uma aplicação científica de armazenamento e computação para a Rede Acadêmica.....	11
Figura 5 - Estratégia de segregação da rede destinada a beneficiar as aplicações científicas.	12
Figura 6 – Instalações de DMZ científica nos EUA com financiamento da NSF. Fonte: slides da palestra inaugural de Larry Smarr no evento “The National Research Platform Workshop” (Montana State University, Bozeman, MT – 7 de agosto de 2017)	13
Figura 7 - Exemplo de DMZ Científica e sua localização no perímetro da rede de produção de um campus.....	14
<i>Figura 8 - Subconjunto de campi e conexões que constituem a Pacific Research Platform.....</i>	<i>20</i>
Figura 9 - Cenário de transferência entre NCBI e o Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal na UFPE.....	22
Figura 10 - Diagrama de implantação do ambiente de DMZ Científica e da transferência entre NCBI e o Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal na UFPE.....	23
Figura 11 - Cenário de colaboração entre o LIneA e o SDSS.....	24
Figura 12 - Diagrama do ambiente de DMZ Científica da RNP e da transferência entre SDSS/JHU e o LIneA/LNCC.....	26
Figura 13 - Diagrama macro da arquitetura da solução envolvendo instalação de DMZ Científica no LNLS e LNCC.....	27
Figura 14 - Diagrama exemplificando configuração e conectividade do Kit DMZ Científica com equipamentos da rede de campus.....	28
Figura 15 - Diagrama exemplificando configuração e conectividade do Kit 10G DMZ Científica com equipamentos da rede de campus.....	34



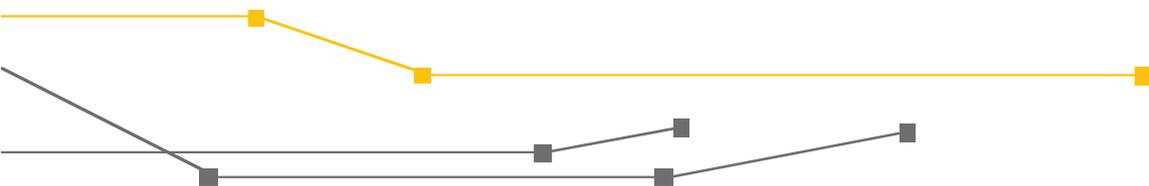
Lista de Tabelas

Tabela 1 - Largura de banda necessária para transferir Y Bytes em X tempo, adaptado de (ESnet, 2016).	6
Tabela 2 – Instalações de DMZ Científica no Brasil, suportadas pela RNP.	15



Sumário

Aplicações científicas na era da e-Ciência.....	6
Muito além de um simples Wget e FTP	6
Firewalls	9
O modelo de Zona Desmilitarizada Científica (DMZ Científica)	10
Implantando uma DMZ Científica em sua instituição	12
Equipamentos mínimos necessários.....	15
Ferramentas de transferência.....	16
Segurança.....	16
Instalação e atualização dos sistemas.....	17
<i>Performance Engineer</i> - um profissional especialista	17
A evolução da arquitetura DMZ científica: interligação de campi em DMZs regionais.....	19
Casos de sucesso no Brasil de implantação do modelo DMZ Científica	21
Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal da UFPE	21
Colaboração do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA) com o projeto <i>Sloan Digital Sky Survey</i> (SDSS)	24
PADEX - Processamento de Alto Desempenho EXpresso	27
ANEXO I - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 1Gbps	28
ANEXO II - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 10Gbps	29
ANEXO III - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 100Gbps	35
Referências.....	36



Aplicações científicas na era da e-Ciência

Por conta da necessidade de compartilhamento de dados e de recursos computacionais em diversas áreas da ciência, é cada vez maior o volume de dados que precisam ser transferidos, processados e analisados entre instituições. Muitas aplicações científicas demandam a movimentação de grandes volumes de dados, da ordem de gigabytes ou mesmo terabytes de dados por dia. Nesse contexto, as redes de comunicação tornam-se um elemento crucial para viabilizar e fomentar a e-ciência, pois se cada experimento colaborativo demorar dias ou semanas para transferir os dados entre instituições, a pesquisa colaborativa pode se tornar impraticável. Como exemplo, um dos experimentos do acelerador de partículas LHC¹, denominado ATLAS, movimentou um volume de 7 Petabytes entre as instituições participantes no período de abril e novembro de 2010, com picos de 500 Terabytes/dia. Exemplos como esse na área de física de altas energias são frequentemente citados, mas não são os únicos. O número de pesquisas científicas baseadas em geração e movimentação de grandes volumes de dados é crescente, com destaque para a astronomia, biologia, agricultura, cinema digital e artes visuais.

Muito além de um simples Wget e FTP

À primeira vista, as tecnologias atuais parecem adequadas para a transferência de volumes de dados com magnitude de terabytes, uma vez que o tempo de transferência teórico de um arquivo de 1 TB é de aproximadamente 24 horas para uma conexão de 100Mbps ou de 20 minutos, para uma conexão de 10 Gbps (ver Tabela 1). Mas, no mundo real, a questão é mais complexa do que inicialmente pode parecer, uma vez que há outros aspectos que não somente a velocidade do enlace de comunicação contribuem com o aumento do tempo de transferência de dados, como configurações de software ou mesmo hardware dos equipamentos envolvidos.

Tabela 1 - Largura de banda necessária para transferir Y Bytes em X tempo, adaptado de (ESnet, 2016).

10PB	266.67 Tbps	66.67 Tbps	22.22 Tbps	2.78 Tbps	925.93 Gbps
1PB	26,67 Tbps	6,67 Tbps	2,22 Tbps	277,78 Gbps	92,59 Gbps
100TB	2,67 Tbps	666,67 Gbps	222,22Gbps	27,78 Gbps	9,26 Gbps
10TB	266,67 Gbps	66,67 Gbps	22,22 Gbps	2,78 Gbps	925,93 Mbps
1TB	26,67 Gbps	6,67 Gbps	2,22 Gbps	277,78 Mbps	92,59 Mbps
100GB	2,67 Gbps	666,67 Mbps	222,22 Mbps	27,78 Mbps	9,26 Mbps
10GB	266,67 Mbps	66,67 Mbps	22,22 Mbps	2,78 Mbps	0,93 Mbps
1GB	26,67 Mbps	6,67 Mbps	2,22 Mbps		
100MB	2,67 Mbps	0,67 Mbps	0,22 Mbps		
	5 minutos	20 minutos	1 hora	8 horas	24 horas

A Figura 1 mostra três aspectos importantes que puderam ser observados a partir de resultados obtidos em testes em laboratório de transferência de arquivos utilizando diferentes

¹ <http://home.cern/topics/large-hadron-collider>

ferramentas. O primeiro aspecto indica que, para um mesmo tamanho de arquivo, ferramentas de transferência tradicionais apresentaram diferentes resultados, o que era esperado, uma vez que diferentes protocolos podem apresentar desempenhos distintos, além do fato do comando de cópia “scp” (*secure copy*) envolver criptografia na conexão. O segundo aspecto demonstra que os diferentes tamanhos de arquivos apresentaram resultados distintos para a mesma ferramenta, indicando que o tamanho do arquivo influencia no desempenho das transferências. Por fim, o terceiro aspecto demonstra que nenhuma das ferramentas conseguiu chegar a mais do que 80% da vazão nominal da rede, sendo a melhor taxa de transferência alcançada (795,47 Mbps), obtida com a ferramenta XRootD e arquivos de 1 GB, indica que os resultados teóricos nem sempre são obtidos na prática.

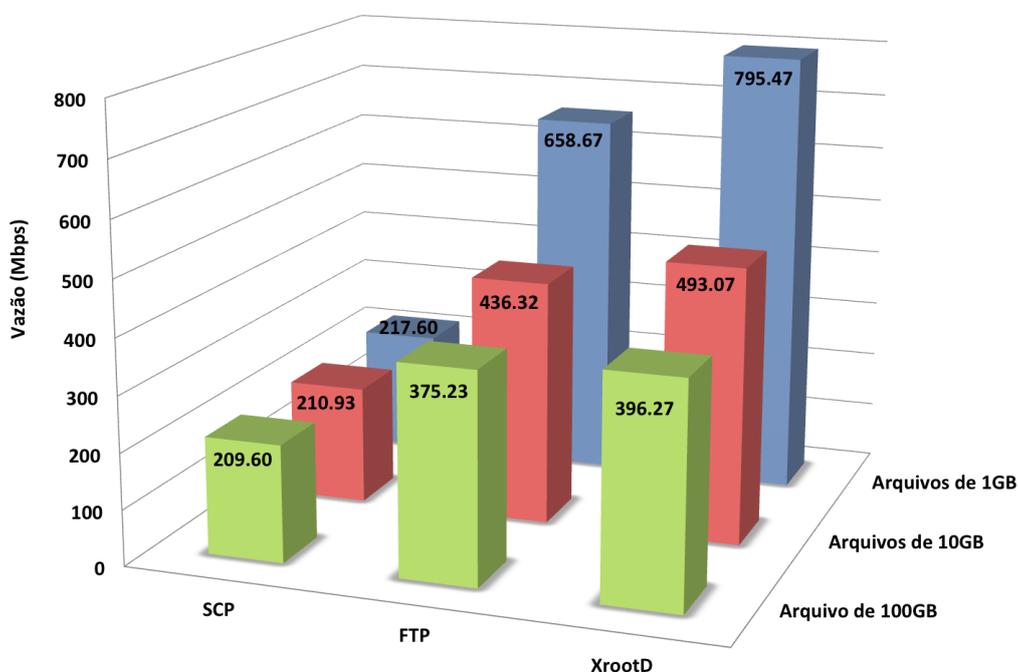


Figura 1 - Resultados do experimento de transferências de diferentes tamanhos de arquivos usando diferentes ferramentas.

O problema de desempenho decorre do fato que os dispositivos e as arquiteturas da rede, bem como as configurações de equipamentos e servidores são previstas para fluxos tradicionais de redes corporativas, como mostra a Figura 2, que suportam uma grande diversidade de aplicações, tais como aplicações Internet (e.g., web, e-mail, voz sobre IP, transferências peer-to-peer, transmissão de vídeo) e sistemas corporativos (e.g., softwares de gestão ERP, gerenciamento de matrículas, controle de ponto, circuitos de vigilância).

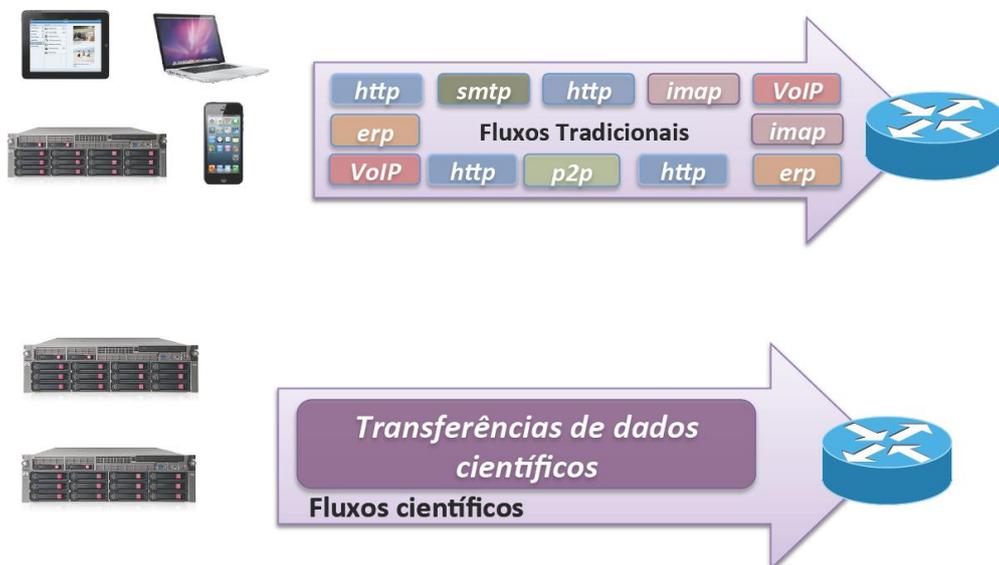


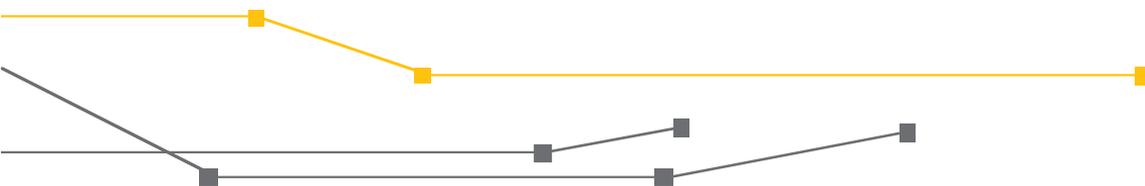
Figura 2 - Fluxos Tradicionais versus Fluxos Científicos.

Além disso, estas aplicações podem atualmente ser acessadas e utilizadas por diferentes tipos de dispositivos (e.g., desktops, notebooks, smartphones, tablets) com diferentes sistemas operacionais e diferentes formas de conectividade (e.g., redes Ethernet de 100Mbps a 10 Gbps, redes Wi-Fi e/ou de telefonia celular). Toda essa variedade de opções, seja de aplicações seja de tipos de dispositivos e tipos de acesso, traduz-se em mecanismos de segurança complexos (firewalls, proxies, sistemas de detecção de intrusão, entre outros), capazes de lidar com tal diversidade de cenários e suportados por configurações genéricas, capazes de atender os diversos cenários.

Por sua vez, as aplicações científicas constituem fluxos relativamente simples, essencialmente de transferência de grandes volumes de dados entre servidores com conexões de rede de alta velocidade, como também ilustrado na Figura 2.

Há, contudo, alguns fatores que diferenciam estes fluxos científicos dos fluxos tradicionais:

- **Quantidade de recursos e banda por fluxo:** nas redes tradicionais há um grande número de fluxos, cada qual consumindo relativamente pouca banda e recursos da rede por curtos espaços de tempo, que refletem a quantidade de aplicações e o consumo de cada aplicação. No caso de aplicações científicas, entretanto, há um número reduzido de transferências, porém cada uma pode consumir muita largura de banda e muitos recursos da rede por um longo tempo de transferência;
- **Influência da perda de pacotes:** nas aplicações tradicionais uma pequena taxa de perda de pacotes, em geral, não afeta o desempenho das aplicações de forma significativa. Isto ocorre devido ao curto tempo de utilização da rede de cada aplicação e à possibilidade de retransmissão de dados neste espaço de tempo. Para as transferências



das aplicações científicas que podem demandar horas, pequenas perdas podem afetar bastante o desempenho, como será visto mais adiante;

- **Requisitos de filtragem:** enquanto os mecanismos de filtragem de tráfego de uma rede corporativa devem lidar com as particularidades de dezenas ou mesmo centenas de aplicações, para um fluxo científico interinstitucional deve-se lidar com um número extremamente baixo de tipos de aplicação (por exemplo, apenas a aplicação de transferência de arquivos científicos, entre poucos servidores de origem bem conhecida).

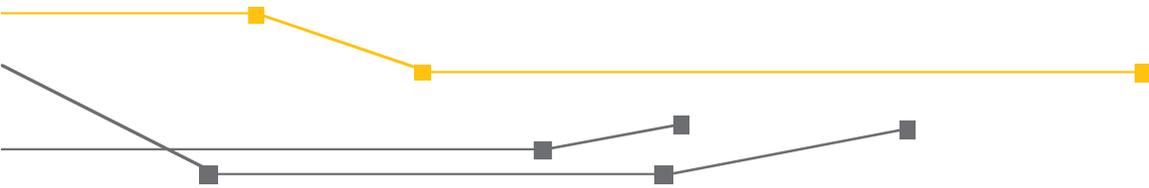
Dadas essas características, é necessário que as aplicações científicas sejam tratadas de forma diferenciada na rede, com recursos, dispositivos e configurações otimizadas para o seu uso, minimizando-se os fatores que possam causar perda de pacotes.

Firewalls

Firewalls normalmente são gargalos para os fluxos científicos, pois normalmente são projetados para trabalhar com um grande número de conexões de curta duração (da ordem de segundos ou minutos). Isto em geral implica em algumas questões arquiteturais:

- Grande número de buffers de tamanho pequeno para atender às conexões simultâneas, podendo implicar em estouro de buffers nos fluxos científicos;
- Múltiplos núcleos ou unidades de processamento com capacidade de processamento menor que a capacidade nominal do firewall (e.g., um firewall com vazão nominal de 10 Gbps pode ser composto por 8 núcleos com capacidade de processamento de 1.5 Gbps);
- Tabelas de estado normalmente são dimensionadas com *timeouts* apropriados para conexões de curta duração.

Tais características implicam que, em um fluxo científico de alto volume, o firewall pode não ter capacidade suficiente de processamento e armazenamento. Em um experimento, utilizamos a combinação de melhor desempenho apresentada na Figura 1 (ferramenta **XRootD** e arquivos de 1 GB) para um teste de transferência disco-a-disco com e sem regras de filtragem de pacotes no roteador Linux. Foi aplicado um valor arbitrariamente grande de regras (6314) para verificar a influência de firewalls com conjuntos de regras complexas no fluxo de transferência de dados e do seu desempenho. A Figura 3 mostra que a vazão caiu aproximadamente 30 vezes por conta do processo de análise dos pacotes pelo firewall, chegando a meros 24,8 Mbps.



Vazão Xrootd - Arquivo 1G

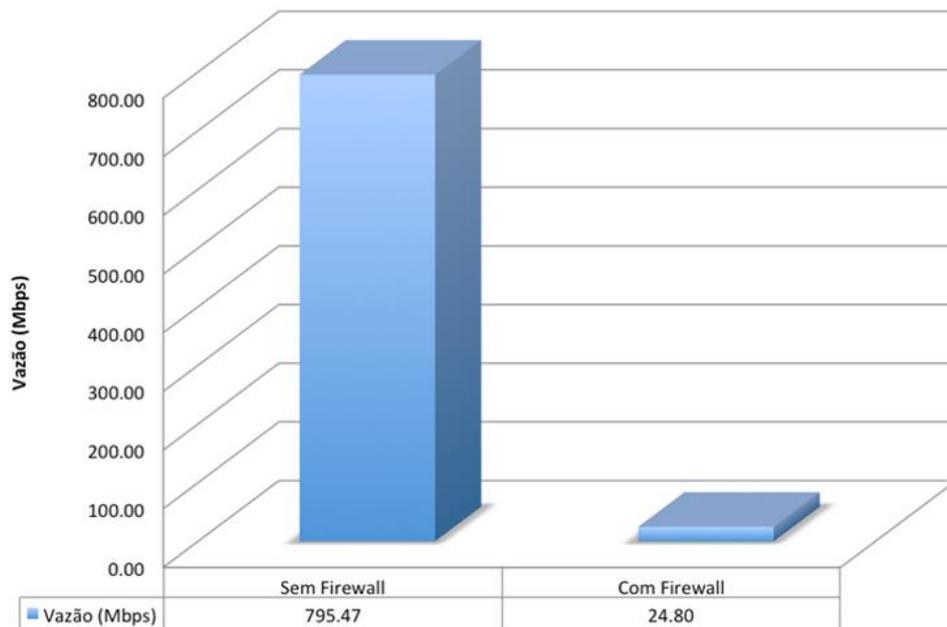


Figura 3 - Cenário e resultados do experimento de transferência de arquivos COM e SEM firewall.

Outro ponto que merece destaque é o fato que firewalls em geral podem executar um grande número de análises a cada pacote (análise em profundidade), introduzindo uma latência adicional para este processamento. Este comportamento é decorrente do fato de que tais ferramentas são projetadas para proteger um ambiente corporativo com centenas de aplicações diferentes e diferentes tipos de dispositivos, conforme discutido anteriormente, de modo que sua aplicação simplista é altamente negativa no contexto de e-Ciência. Dadas estas questões expostas acima, o uso de firewalls como intermediários de fluxos científicos deve ser evitado.

O modelo de Zona Desmilitarizada Científica (DMZ Científica)

A Figura 4 ilustra o caminho de uma aplicação científica de armazenamento e computação para a rede acadêmica considerando o uso do acesso e conectividade da rede de produção de campus prevista para atender aos fluxos tradicionais de rede, tais como acesso à Internet, feita de forma compartilhada e dimensionada para propósito geral.

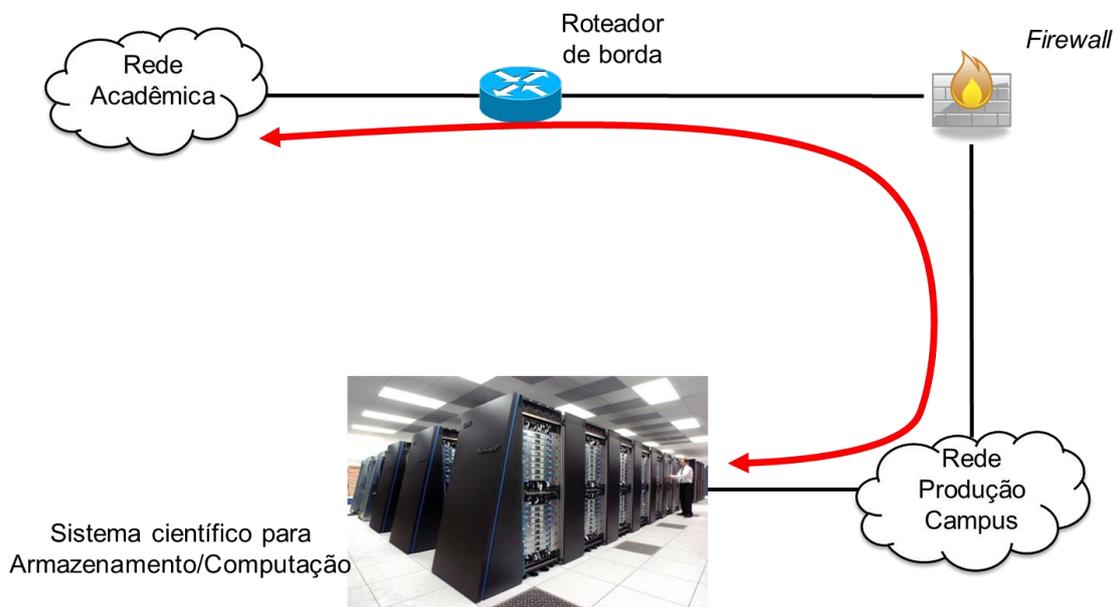


Figura 4 - Caminho de uma aplicação científica de armazenamento e computação para a Rede Acadêmica.

A arquitetura DMZ científica sugere que a conectividade das aplicações científicas seja “desmilitarizada” através da implementação de uma segregação da rede de produção do campus. Ao se considerar possibilidade de implementar a segregação da rede de produção do campus da rede destinada a atender as aplicações científicas, é possível:

- Simplificar as tarefas de otimização da rede para esses fluxos científicos;
- Facilitar a análise de problemas de desempenho de aplicações científicas;
- Economizar recursos (não sendo necessário “escalar” toda uma rede do campus);
- Implementar mecanismos de segurança apropriados para não comprometer o desempenho das aplicações científicas e a própria segurança das duas classes de aplicações (científicas/tradicionais).

A Figura 5 ilustra essa estratégia de segregação destinada a atender as aplicações científicas.

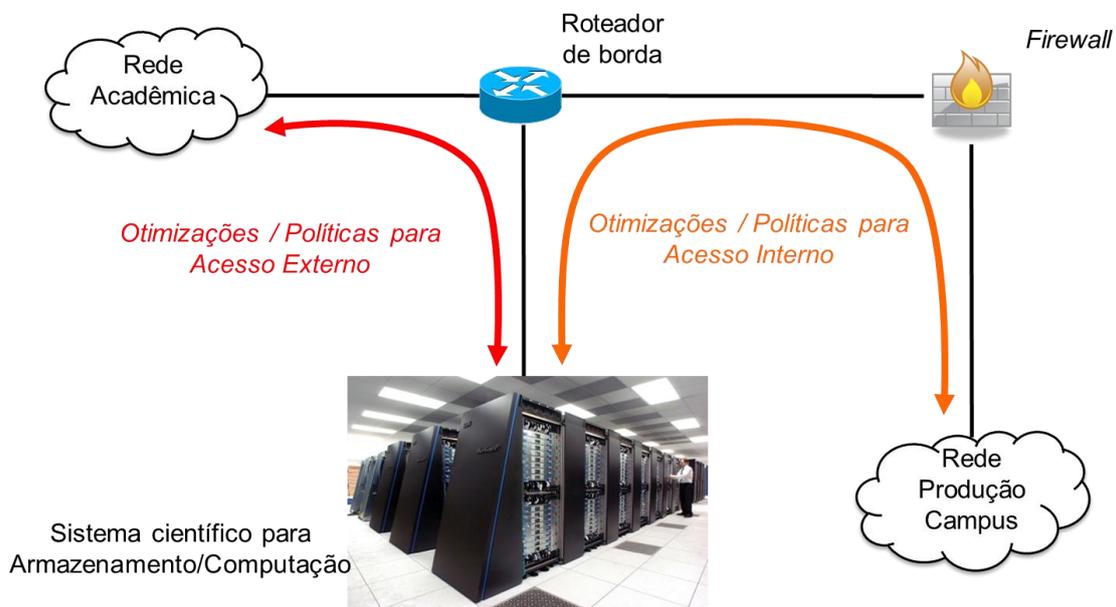


Figura 5 - Estratégia de segregação da rede destinada a beneficiar as aplicações científicas.

A segregação da rede para atender as aplicações científicas tem por objetivo isolá-las das complexidades existentes na rede de produção, geralmente dimensionada para atender a propósito de acesso geral dos usuários. Desta maneira, simplificam-se as tarefas de otimização da rede para fluxos científicos, análise de problemas de desempenho e implementação apropriada de mecanismos de segurança de forma a não comprometer o desempenho das aplicações.

Com o modelo de Zona Desmilitarizada Científica (DMZ Científica) ou Science DMZ (DeMilitarized Zone) é possível, portanto, implementar o tratamento diferenciado implementando a segregação da rede de produção da instituição, permitindo também testar novas tecnologias que automatizem e ofereçam serviços de rede diferenciados, aprimorando o uso da rede para o pesquisador ou colaboração científica que precisa utilizá-la de forma especial.

Implantando uma DMZ Científica em sua instituição

A proposta inicial foi desenvolvida pela rede americana ESnet² e consiste na criação de um segmento especializado da rede de um laboratório ou campus, localizado próximo ao perímetro da rede, especialmente projetado para aplicações científicas de alto desempenho. Atualmente, nos Estados Unidos o modelo é adotado por mais de 100 campi, com financiamento da agência federal norte-americana de fomento à pesquisa (NSF), conforme ilustrado na Figura 6.

² <https://fasterdata.es.net/science-dmz/>

Based on Community Input and on ESnet's Science DMZ Concept, NSF Has Funded Over 100 Campuses to Build Local Big Data Freeways

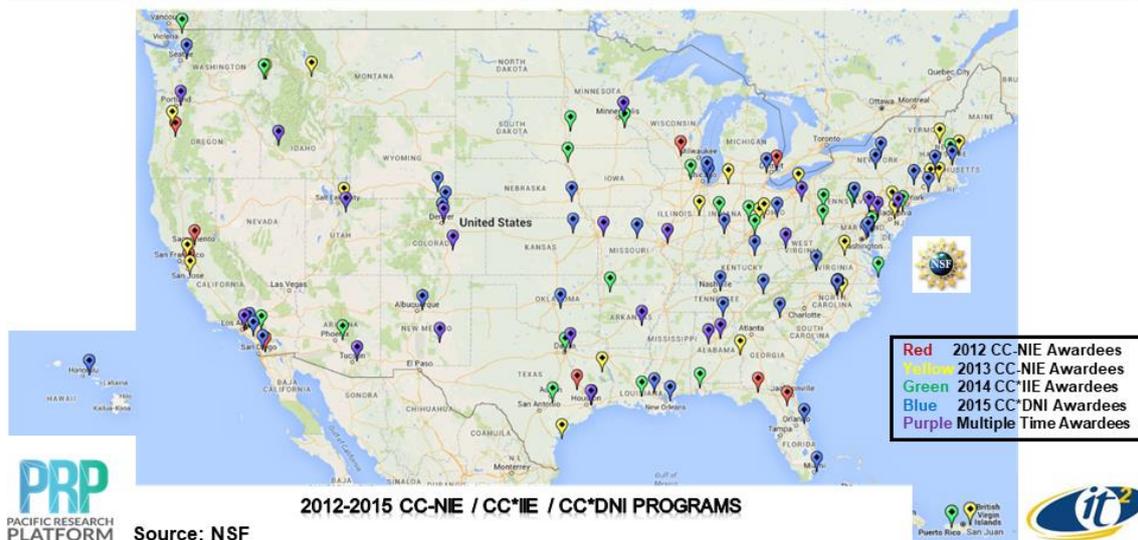


Figura 6 – Instalações de DMZ científica nos EUA com financiamento da NSF.

Fonte: slides da palestra inaugural de Larry Smarr no evento "The National Research Platform Workshop" (Montana State University, Bozeman, MT – 7 de agosto de 2017)

De acordo com a ESnet (Dart, 2013), uma DMZ Científica é caracterizada por 4 elementos principais:

- Uma arquitetura de rede projetada de acordo com as necessidades das aplicações científicas, de maneira a garantir o seu desempenho;
- Um ou mais servidores dedicados e otimizados para a transferência de dados em alta velocidade a longa distância, denominados Data Transfer Nodes ou DTNs;
- Um ou mais servidores dedicados para monitoramento e testes de redes interinstitucionais, de maneira a permitir a rápida identificação de trechos da rede com problemas de baixo desempenho. Sugere-se a adoção do software perfSONAR (perfSONAR, 2014);
- Mecanismos e políticas de segurança próprios para aplicações científicas de alto desempenho, diferenciadas das existentes na rede de produção.

A Figura 7 ilustra os componentes de uma DMZ Científica:

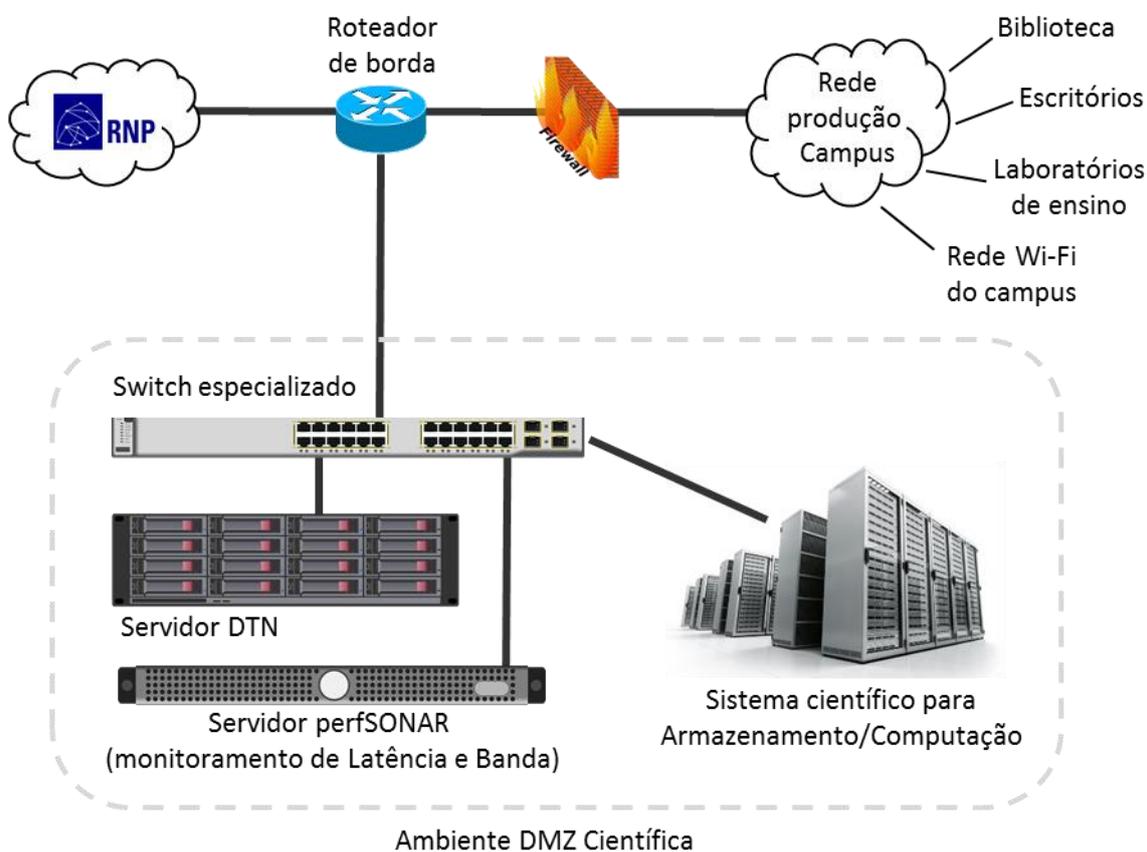


Figura 7 - Exemplo de DMZ Científica e sua localização no perímetro da rede de produção de um campus.

A localização da infraestrutura de uma DMZ Científica no perímetro da rede da instituição visa também otimizar as transferências de dados a longa distância, uma vez que, os principais problemas residem nas transferências de grande volume de dados em um caminho de rede com alta latência entre instituições, e não dentro das redes locais das instituições.

Além dos aspectos já apresentados de implementação de infraestrutura segregada e otimizada em hardware (switches, servidores, conexões de rede), há ainda outro aspecto importante já demonstrado pelos resultados da Figura 1 que envolve as ferramentas utilizadas para realizar as transferências. O uso de ferramentas adequadas para realização de transferências associado com uma infraestrutura como a de uma DMZ Científica contribui significativamente para aumentar o desempenho de transferência que atendam as aplicações científicas de e-Ciência.

No Brasil, A RNP apoiou a implantação de DMZs Científicas em 10 campi desde 2013, como resultado dos projetos de P&D “Science DMZ” (2013-2017) e “PADEX” (2016-2017). A lista dos campi é apresentada na Tabela 2.

Tabela 2 – Instalações de DMZ Científica no Brasil, suportadas pela RNP.

Instituição	Localidade	Capacidade de transmissão dos equipamentos	Capacidade da conexão ao servidor DTN
USP – Universidade de São Paulo	São Paulo (SP)	10 Gbps	10 Gbps
RNP – Rede Nacional de Ensino e Pesquisa	Rio de Janeiro (RJ)	10 Gbps	10 Gbps
CBPF – Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas	Rio de Janeiro (RJ)	10 Gbps	10 Gbps
LNLS – Laboratório Nacional Luz Síncrotron	Campinas (SP)	10 Gbps	2 Gbps
LNCC – Laboratório Nacional de Computação Científica	Petrópolis (RJ)	10 Gbps	2 Gbps
CPTEC / INPE – Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos	Cachoeira Paulista (SP)	10 Gbps	1 Gbps
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro	Rio de Janeiro (RJ)	1 Gbps	1 Gbps
UFPE – Universidade Federal de Pernambuco	Recife (PE)	1 Gbps	1 Gbps
IFPE – Instituto Federal de Pernambuco	Recife (PE)	1 Gbps	1 Gbps
ON – Observatório Nacional (desativado em 2015)	Rio de Janeiro (RJ)	x	x

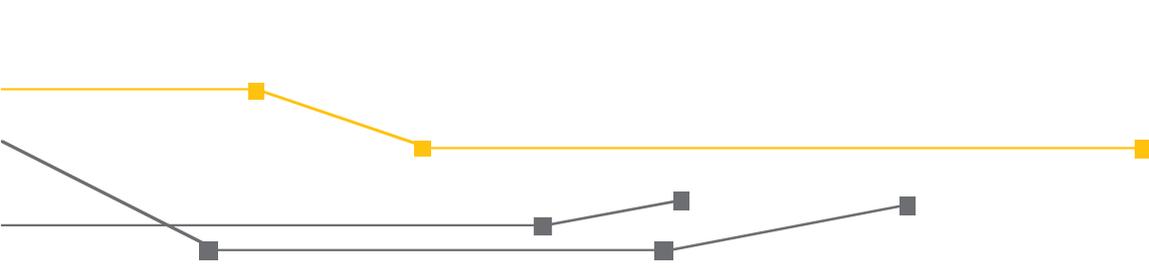
É importante observar que o programa plurianual “Campus Cyberinfrastructure” (CC) da NSF³, referenciado na Figura 6, investiu cerca de US\$ 80 milhões entre 2012 e 2015 na melhoria da infraestrutura de TIC de mais de 100 campi para suportar demandas de aplicações de e-ciência, incluindo não apenas DMZ científicas, mas também a instalação de Datacenters e equipamentos para experimentação em redes de computadores.

Equipamentos mínimos necessários

Os anexos I e II deste documento apresentam uma lista de equipamentos necessários para a implantação do modelo DMZ Científica, baseado em compras realizadas pelo projeto piloto “Science DMZ” da RNP⁴. Os equipamentos do anexo I são destinados a redes limitadas a 1Gbps e os equipamentos do anexo II para redes de 10Gbps.

³ 2012 e 2013: Network Infrastructure and Engineering Program (CC-NIE), 2014: Infrastructure, Innovation and Engineering Program (CC*IIE), 2015: Data, Networking, and Innovation Program (CC*DNI)

⁴ <http://wiki.rnp.br/display/sciencedmz/>



Ferramentas de transferência

Existe uma gama de ferramentas disponíveis para transferências, sendo as mais comumente empregadas pelos pesquisadores: scp e wget. Entretanto, como discutido anteriormente neste documento, existem outras opções mais adequadas para a obtenção de um melhor desempenho. No projeto “Science DMZ” da RNP foram testadas as ferramentas aria2c⁵, axel⁶, HPN-SSH⁷, XRootD⁸, UDR⁹ e Globus Toolkit¹⁰ (GridFTP¹¹), sendo essa última a melhor avaliada. Um guia de instalação dessas ferramentas pode ser encontrado na URL a seguir.

<https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=89562193#ConfiguraçãoeInstalação-DTN>

Segurança

A não-utilização de um firewall não significa que o tráfego para a DMZ Científica não possa ser controlado. Muitos pensam que não há segurança na DMZ Científica, entretanto tais ideias constituem um mito.

Na prática é possível obter segurança na DMZ Científica tratando-a de forma diferenciada. As políticas e mecanismos de segurança que protegem a DMZ devem ser implementadas de maneira que o desempenho das aplicações científicas não seja comprometido. Além disso, estes mecanismos e políticas devem ser implementados de forma separada das aplicações tradicionais, cuja necessidade de segurança continua existindo e já sendo atendida pelos mecanismos tradicionais e pela equipe de segurança da instituição.

Em resumo, é necessária uma nova abordagem multifacetada para a segurança, baseada em 3 níveis complementares:

1. Filtragem de tráfego através de Listas de Controle de Acesso (ACLs - *Access Control Lists*) nos equipamentos de rede da DMZ Científica, em detrimento ao uso de firewalls;
2. Host-based Security - (eg.: iptables, Host-based IDS);
3. Segurança em nível de aplicação.

Para se proteger um equipamento da DMZ Científica, é necessário trabalhar de forma conjunta nestes mecanismos. Aparentemente é um modelo mais complexo, porém ele na prática é um modelo simples, uma vez que:

- Há uma pequena quantidade de equipamentos que devem ser protegidos;

⁵ <https://aria2.github.io/>

⁶ <http://freecode.com/projects/axel>

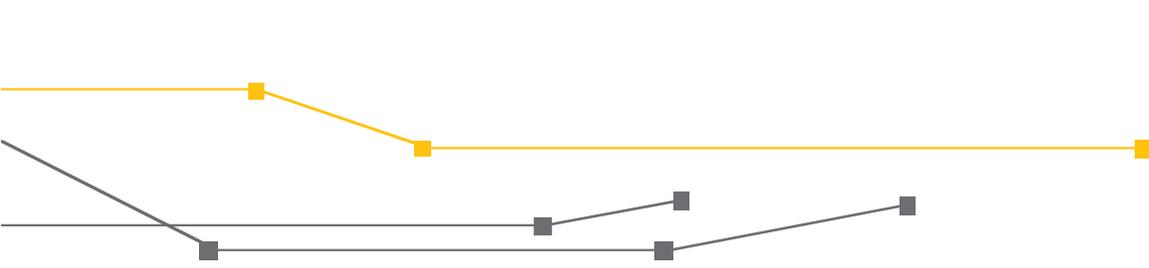
⁷ <https://sourceforge.net/projects/hpnssh/>

⁸ <http://xrootd.org/>

⁹ <https://github.com/LabAdvComp/UDR>

¹⁰ <https://www.globus.org/>

¹¹ <http://toolkit.globus.org/toolkit/docs/latest-stable/gridftp/>

- 
- Os equipamentos são dedicados para uma única atividade;
 - Há um pequeno conjunto de protocolos a ser controlado (ex.: transferência de arquivos e de monitoração/testes);
 - A transferência de dados pode ser restrita a um conjunto pequeno de entidades externas;
 - As políticas de segurança para a rede corporativa e para a DMZ Científica são aplicadas em pontos distintos da rede, facilitando a implementação e resolução de problemas que envolvam estas regras.

Um outro ponto a ser ressaltado é que tal modelo implica em uma mudança de mentalidade na equipe de TI das instituições, uma vez que o firewall é tradicionalmente visto como mecanismo essencial de segurança.

Mais recomendações de segurança podem ser consultadas nos links abaixo:

<https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=89567078>

<https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=89567103>

Instalação e atualização dos sistemas

Cada um dos três tipos de equipamentos que constituem a solução (switch especializado, servidor DTN e servidor PerfSONAR) possuem um conjunto de sistemas que precisam ser instalados e configurados. Os respectivos manuais de instalação para os equipamentos listados nos Anexos I e II encontram-se disponíveis na seguinte URL:

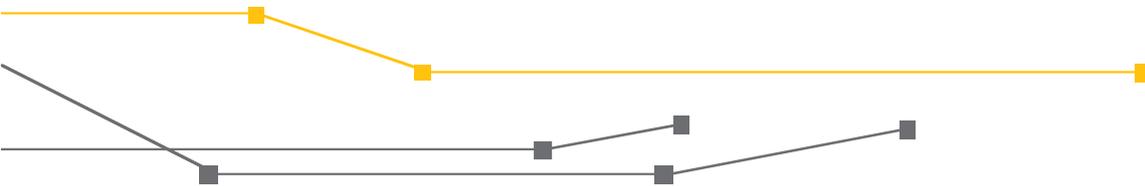
<https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=89562193>

Adicionalmente, em 2017 a equipe do Laboratório de Arquitetura de Rede de Computadores (LARC) da Universidade de São Paulo elaborou um roteiro para validar as configurações realizadas. Esse roteiro foi utilizado como guia para homologar as instalações das instituições listadas na Tabela 2. O roteiro para homologação está disponível na URL:

<https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=97249424>

Performance Engineer - um profissional especialista

Levando em consideração os diversos aspectos técnicos e tecnológicos que envolvem a implementação e a operação de uma infraestrutura de segregação de rede e conectividade conforme proposto no modelo de DMZ Científica, é altamente recomendado que exista ao menos um profissional, senão uma equipe, que tenha bons conhecimentos técnicos em redes de computadores e sistemas operacionais (em especial Linux) de forma que esse profissional



atue na otimização e resolução de problemas relacionados ao desempenho de sistemas e da rede.

Em linhas gerais, os conhecimentos requeridos a este profissional envolvem:

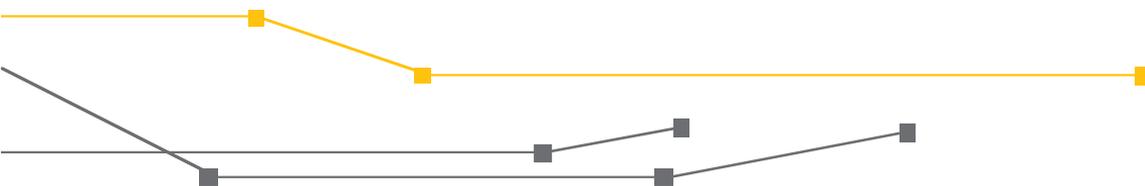
- Conhecer detalhes do funcionamento dos diferentes sistemas relacionados com as aplicações científicas (protocolos, entidades remotas, volumes de dados, periodicidade);
- Identificar quais usuários e aplicações merecem ter tratamento diferenciado;
- Conhecer os tipos de problemas que afetam o desempenho dessas aplicações e como corrigi-los;
- Conhecer onde é possível existir gargalos arquiteturais nos sistemas usados pela aplicação;
- Com base em métricas obtidas da infraestrutura e desses sistemas, realizar análises de estatísticas a fim de demonstrar em números os problemas e benefícios;
- Saber identificar o comportamento normal e anômalo da infraestrutura e dos sistemas.

Além dos conhecimentos gerais, é importante também que este profissional saiba utilizar métodos que descrevam como fazer uso de ferramentas e procedimentos para detectar, isolar e corrigir os problemas de desempenho dos sistemas e da infraestrutura, além de estabelecer hipóteses, com possíveis causas e os elementos dos sistemas mais prováveis que estejam causando a situação de baixa desempenho e analisá-las.

A importância deste profissional está muito relacionada com o seu entendimento acerca das aplicações científicas que, em geral, não apresentam o mesmo comportamento das aplicações tradicionais e também pela necessidade de se conhecer as especificidades dos diferentes domínios das ciências: aplicações, requisitos de banda, requisitos de latência, requisitos de tempo de transferência e entre outros.

Considerando os cenários onde as colaborações científicas ocorrem, em geral com frequentes transferências de dados entre instituições de pesquisa, este profissional deverá ser capaz de olhar para os diferentes domínios de rede no caminho entre a origem e o destino dos dados, atuando como um mediador com os engenheiros de redes de cada domínio, sem esquecer de dar atenção aos elementos que não são de rede (aplicações, sistemas operacionais, hardware de servidores e entre outros).

Dada essas características requeridas para esse profissional, este deverá ainda atuar como um ponto focal para questões envolvendo a infraestrutura do campus para suporte a e-Ciência (ou cyberinfraestrutura) incluindo conectividade interna e externa visando acelerar a adoção de infraestrutura e ferramentas para suportar e melhorar o uso e resultados das aplicações científicas, sendo capaz ainda de ajudar a especificar uma cyberinfraestrutura para atender as demandas de colaborações científicas.



A evolução da arquitetura DMZ científica: interligação de campi em DMZs regionais

Conforme apresentado na Figura 6, atualmente existem mais de 100 campi nos Estados Unidos que adotam o modelo de DMZ Científica para separar a rede de propósito geral da rede utilizada para transferência de dados científicos. Essa proliferação de DMZs nos EUA foi incentivada principalmente por um programa da agência norte-americana de fomento à pesquisa (NSF) que financiou muitos projetos de melhoria de infraestrutura de rede de campus entre 2012 e 2015. A universidade da Califórnia (UC), uma das beneficiárias desse programa, implantou o modelo DMZ científica em todos os seus 10 campi.

Além de hospedar centros de supercomputação, como o *San Diego Supercomputing Center*¹², a UC também está envolvida na gestão de 3 grandes laboratórios nacionais ligados ao departamento de energia norte-americano¹³. Isso faz com que a demanda de dados científicos que são consumidos por seus pesquisadores e transferidos entre seus campi seja enorme, o que motivou a UC San Diego e UC Berkeley a liderarem uma proposta de projeto para interligar as DMZs científicas existentes.

Em 2015 foi realizada uma prova de conceito envolvendo transferência de dados entre as várias DMZs nos campi da Universidade da Califórnia. UCB, UCI, UCD e UCSC transferiram dados para UC San Diego a uma taxa de 9,6 Gbps (em um total de 10 Gbps disponíveis). UCLA e Caltech conseguiram uma taxa de transferência de 36 Gbps para UC San Diego (em um total de 40 Gbps disponíveis). No total, 1,6 Terabytes de dados foram transferidos em quatro minutos. Comparando com a Internet de propósito geral dos campi, o desempenho foi 720 vezes maior¹⁴.

Após essa bem-sucedida prova de conceito, no final de 2015 a NSF aprovou um financiamento de US\$ 5 milhões pelo período de 5 anos para a Universidade da Califórnia estabelecer uma rede de transporte eficiente de dados entre seus campi e laboratórios, dirigida para suporte a e-Ciência.

Batizada de "**Pacific Research Platform**" (PRP), a infraestrutura interliga as DMZs científicas de 7 campi da Universidade da Califórnia e 3 universidades privadas (USC, Caltech e Stanford) utilizando conexões de alta velocidade providas pela rede acadêmica regional da Califórnia (CENIC - Corporation for Education Network Initiatives). Também fazem parte da PRP um conjunto de laboratórios federais e centros de pesquisa, conforme ilustrado na Figura 8.

¹² www.sdsc.edu

¹³ <https://www.universityofcalifornia.edu/uc-system/parts-of-uc>

¹⁴ http://ucsdnews.ucsd.edu/pressrelease/nsf_gives_green_light_to_pacific_research_platform

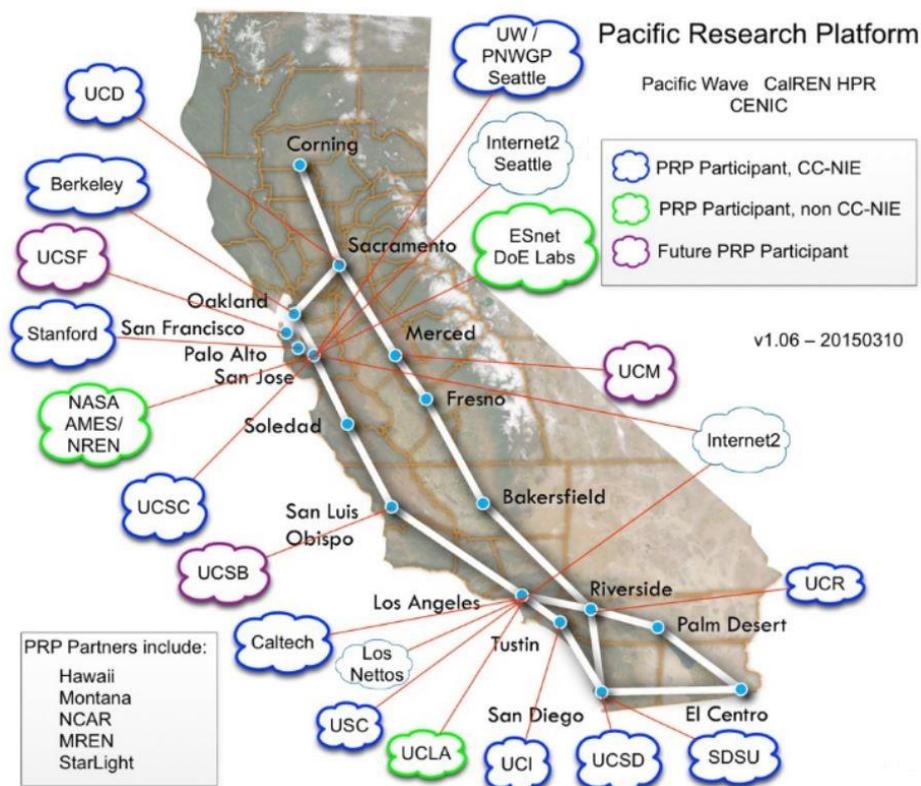


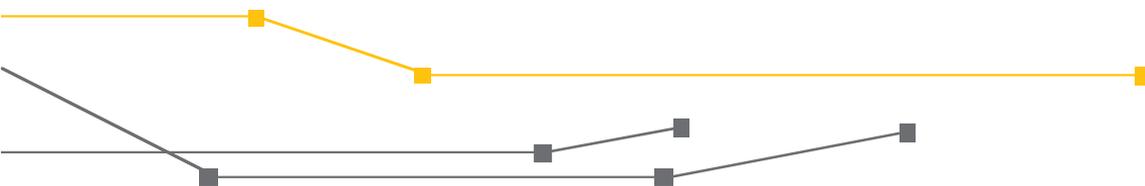
Figura 8 - Subconjunto de campi e conexões que constituem a Pacific Research Platform

O monitoramento da conectividade dos 24 servidores DTNs que atualmente fazem parte do projeto PRP podem ser acessados publicamente pela interface “MaDDash - Monitoring and Debugging Dashboard”, disponibilizada pela ferramenta PerfSONAR:

<http://prp-maddash.calit2.optiputer.net/maddash-webui/index.cgi>

Os resultados do projeto PRP estão sendo tão satisfatórios que já está em discussão uma expansão da infraestrutura de forma a abranger outros estados do território americano. Nos dias 7/8 e 8/8/2017 foi realizado em Montana o primeiro encontro do *National Research Platform* (NRP)¹⁵. O evento reuniu 150 participantes e promoveu a adesão a nível nacional do piloto desenvolvido pelo PRP na Califórnia.

¹⁵ <http://prp.ucsd.edu/events/the-first-national-research-platform-workshop>



Casos de sucesso no Brasil de implantação do modelo DMZ

Científica

Buscando demonstrar os benefícios envolvendo o uso de DMZ Científica no apoio a aplicações de e-Ciência, o projeto Science DMZ da RNP selecionou alguns Casos de Uso dentre as instituições parceiras do projeto. A seguir é apresentado dois casos de uso juntamente com as melhorias e os resultados obtidos.

Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal da UFPE

O Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) trabalha com o sequenciamento de cadeia de DNA de plantas e realiza periodicamente o download de arquivos, por exemplo, imagem de plantas, que são insumos para o processamento e sequenciamento da cadeia de DNA das espécies selecionadas. Estes arquivos são fornecidos por instituições parceiras no Brasil e no Exterior: NCBI - *National Center for Biotechnology Information*, Unicamp, Universidade de Luxemburgo e Uni-Frankfurt.

Após o processamento dos dados obtidos no download, estes são retransmitidos para as respectivas instituições parceiras. São gerados em média 300 GBytes em arquivos a cada dois dias de processamento. O processo de retransmissão aos parceiros brasileiros e europeus varia de acordo com a demanda do parceiro.

O cenário ilustrado pela Figura 9 mostra a infraestrutura que o Laboratório possuía antes do uso do modelo de DMZ Científica, considerando:

- O uso da ferramenta de transferência WGET (não otimizada);
- A infraestrutura de conectividade interna do laboratório na rede de campus (*passando por diversos dispositivos intermediários, incluindo firewall*);
- O mesmo servidor dentro do laboratório é utilizado para transferência e processamento dos dados.

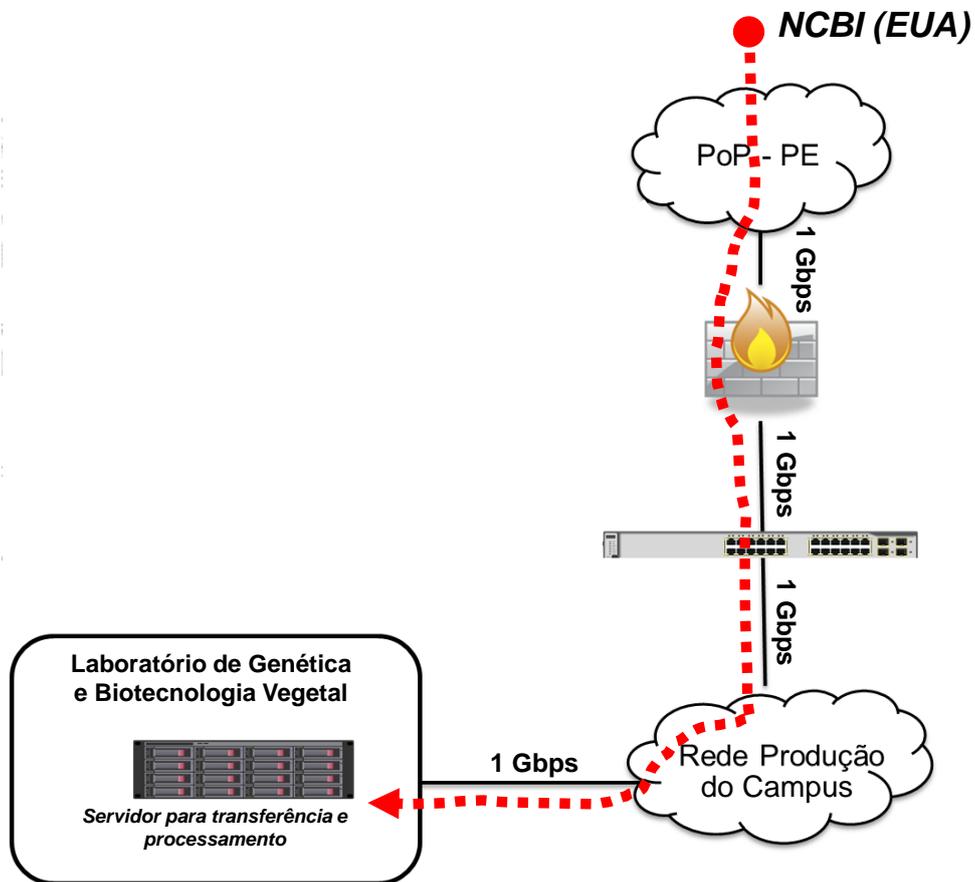


Figura 9 - Cenário de transferência entre NCBI e o Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal na UFPE.

O desempenho da transferência de arquivos feita neste cenário da Figura 9 em relação ao tempo gasto com a transferência de um volume de 300 GBytes feito diretamente dos servidores do NCBI para o servidor dentro do Laboratório na UFPE (*download do EUA para o Brasil*) era em torno de 672 horas (ou 4 semanas).

A implantação do ambiente de DMZ Científica na UFPE ocorreu conforme o diagrama da Figura 10 que também ilustra a estratégia de transferência dos arquivos em dois passos, fazendo uso da DMZ Científica como ambiente otimizado para as transferências de longa distância (com maior latência) e posteriormente realizando a transferência interna entre a DMZ Científica e o Laboratório, considerando conectividade da rede de campus (com menor latência):

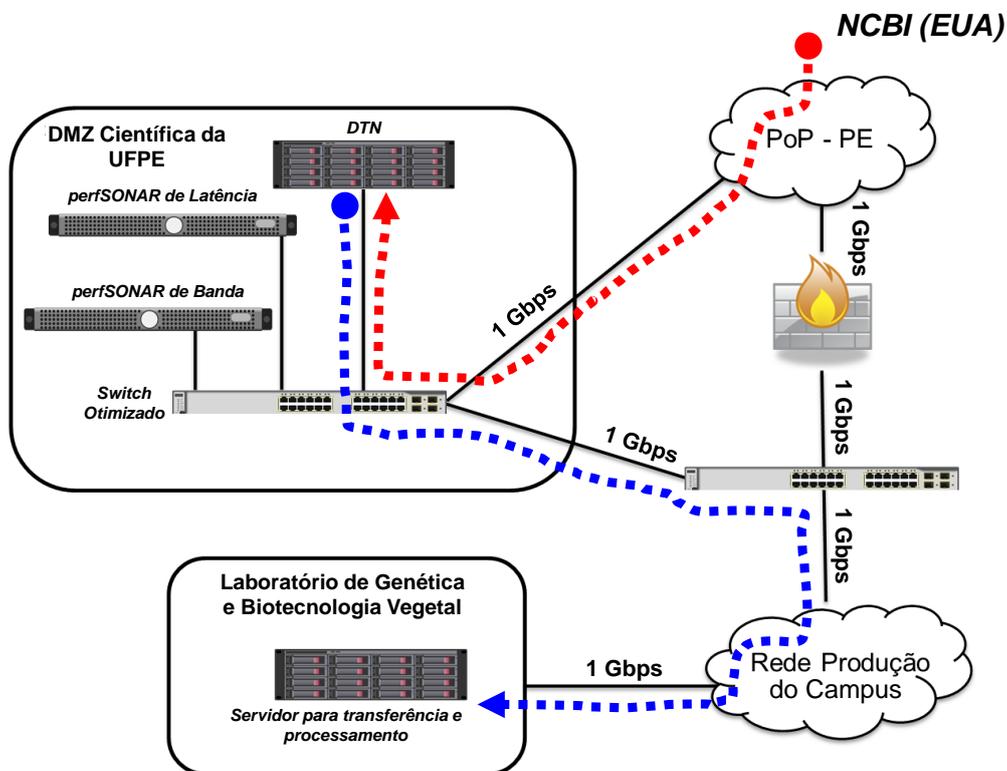


Figura 10 - Diagrama de implantação do ambiente de DMZ Científica e da transferência entre NCBI e o Laboratório de Genética e Biotecnologia Vegetal na UFPE.

Realizando a mesma transferência usando a infraestrutura da DMZ Científica, o tempo gasto para a transferência dos arquivos ficou em torno de 96 horas (ou 4 dias) no trecho NCBI → DMZ Científica e 2 horas no trecho DMZ Científica → Servidor do Laboratório de Genética, um ganho de 574 horas a menos, agilizando de forma significativa a colaboração entre as instituições.

Veja mais na notícia publicada no website da RNP: “Infraestrutura auxilia avanço de pesquisas em genética vegetal”¹⁶

¹⁶ <https://www.rnp.br/destaques/infraestrutura-auxilia-avanco-pesquisas-genetica-vegetal>

Colaboração do Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA) com o projeto *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS)

O Laboratório Interinstitucional de e-Astronomia (LIneA) realiza colaboração com o projeto *Sloan Digital Sky Survey* (SDSS), que captura imagens e espectros de vastas regiões do céu para estudos em diferentes áreas da Astronomia. Tal colaboração permite que o LIneA disponibilize uma cópia destes arquivos a pesquisadores no Brasil e na América Latina. O projeto SDSS disponibiliza periodicamente um grande pacote de dados, chamados de “Data Releases”. Para disponibilização do *Data Release 13* (DR13) a equipe do LIneA necessitou transferir um volume de dados de 5,7 Terabytes dos servidores do SDSS na *Johns Hopkins University* (JHU), nos EUA, para seus servidores hospedados no Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC) em Petrópolis (RJ).

O cenário ilustrado pela Figura 11 mostra a infraestrutura que o LIneA possui atualmente conectada a infraestrutura de rede do LNCC.

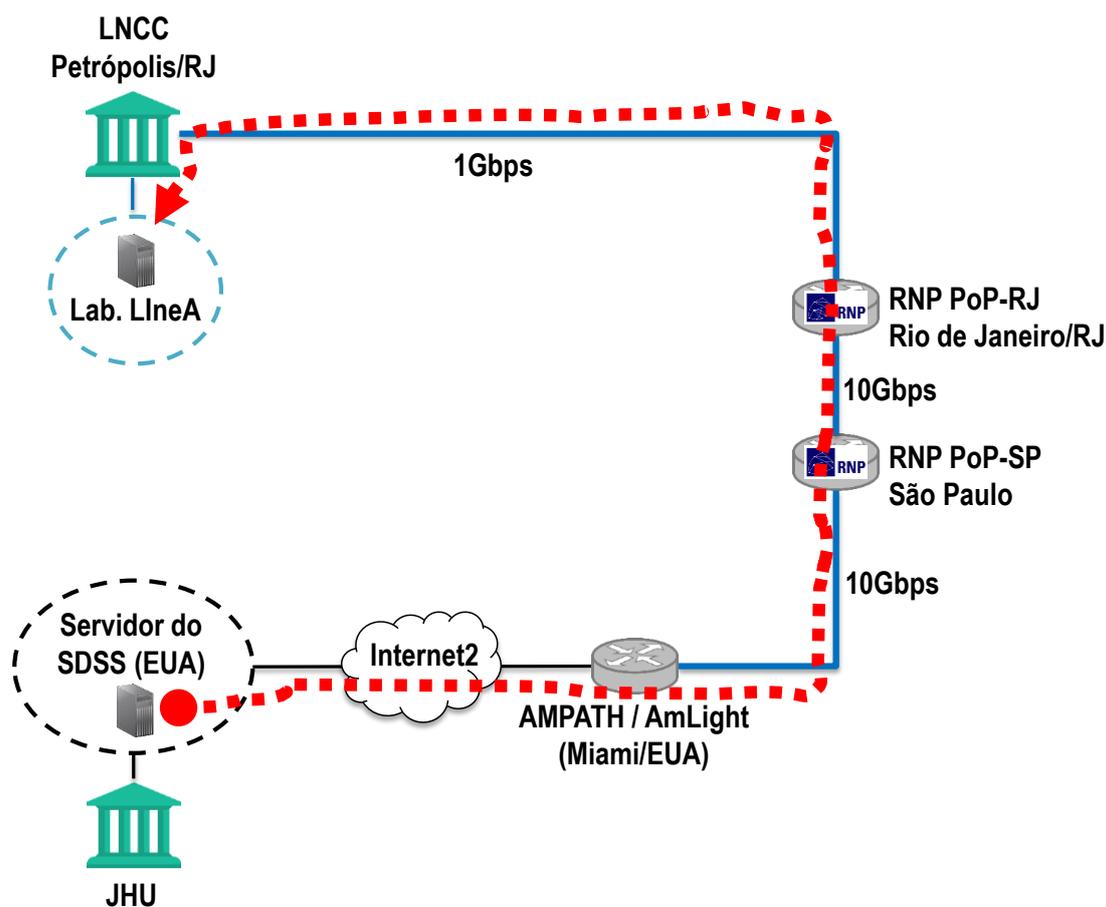
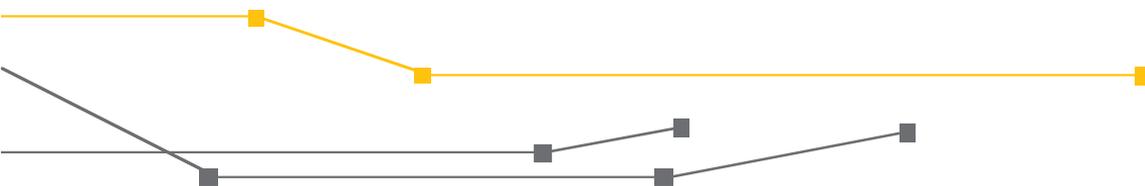


Figura 11 - Cenário de colaboração entre o LIneA e o SDSS.

O cenário ilustrado pela Figura 11 mostra a infraestrutura que o LIneA possui sem o uso do modelo de DMZ Científica, considerando:



- O uso da ferramenta de transferência FTP com múltiplos fluxos (não otimizada);
- A infraestrutura de conectividade do LIneA com a Rede Metropolitana do Rio de Janeiro (Redecomep-Rio), *passando por diversos equipamentos intermediários*;
- Servidor dentro do LIneA utilizado para transferência dos dados.

O desempenho da transferência de arquivos neste cenário da Figura 11 em relação ao tempo gasto na transferência de um volume de 5,7 Terabytes feito diretamente dos servidores do SDSS na JHU para o servidor do LIneA no LNCC (*download do EUA para o Brasil*) era em torno de 336 horas (ou 2 semanas) usando a ferramenta FTP com 8 fluxos paralelos alcançando uma taxa de transferência de 30 Mbps (em média 3,75 Mbps por fluxo), isto é, mesmo utilizando a estratégia de transferência com múltiplos fluxos o tempo de transferência permaneceu longo.

Como o LNCC ainda não possuía o modelo de DMZ Científica implantado, na ocasião foi oferecido ao LIneA fazer uso do servidor DTN instalado no ambiente DMZ implantando no escritório da RNP no Rio de Janeiro (RJ). Essa estratégia teve como objetivo tentar reduzir o tempo de download dos EUA para o Brasil, fazendo com que o servidor DTN na RNP atuasse como um repositório temporário para o trânsito de dados até o LNCC.

A Figura 12 ilustra essa estratégia de transferência dos arquivos em dois passos, fazendo uso da DMZ Científica como ambiente otimizado para as transferências de longa distância (com maior latência) e posteriormente realizando a transferência pela Rede Metropolitana entre a DMZ Científica e o LIneA, considerando sua conectividade com o PoP-RJ da RNP (com menor latência).

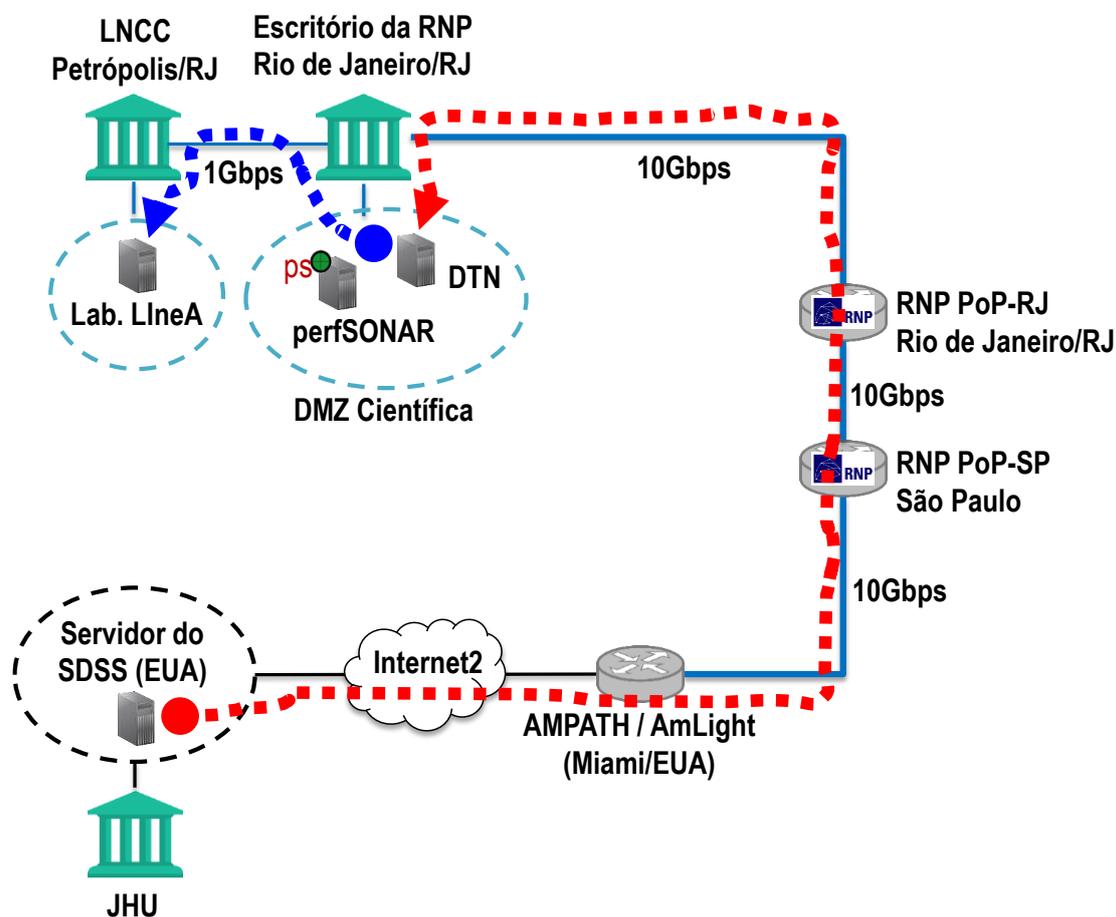


Figura 12 - Diagrama do ambiente de DMZ Científica da RNP e da transferência entre SDSS/JHU e o LIneA/LNCC.

Realizando a mesma transferência usando a infraestrutura da DMZ Científica da RNP e ainda utilizando uma ferramenta de transferência otimizada, denominada de GridFTP, que também utiliza a estratégia de múltiplos fluxos, o desempenho da transferência de arquivos ficou em torno de 5 horas no trecho SDSS/JHU → DMZ Científica RNP-RJ e 12 horas no trecho DMZ Científica RNP-RJ → Servidor do LIneA, um ganho de 319 horas a menos, agilizando de forma significativa a colaboração entre as instituições.

Veja mais na notícia publicada no site do LIneA: “RNP bate recorde de transferência de dados do SDSS”¹⁷

¹⁷ <http://www.linea.gov.br/2016/07/rnp-bate-recorde-de-transferencia-de-dados-do-sdss/>

PADEX - Processamento de Alto Desempenho EXpresso

Os conceitos da DMZ Científica foram utilizados para a otimização das transferências de dados envolvendo o Laboratório LNLS (Laboratório Nacional de Luz Síncrotron, parte do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais - CNPEM) e o Laboratório Nacional de Computação Científica (LNCC).

A demanda do LNLS para o processamento dos dados gerados da fonte de luz síncrotron utilizando recursos computacionais da Plataforma de Processamento de Alto Desempenho (PAD) do LNCC, o supercomputador conhecido como Santos Dumont¹⁸, deu origem ao projeto de nome PADEX, em colaboração com a RNP.

À primeira vista, a ampliação da capacidade da rede fim-a-fim entre LNCC e LNLS, inclusive com largura de banda garantida, parecia ser suficiente para promover o acesso remoto em alta velocidade ao Santos Dumont. Entretanto, observou-se que a questão era mais complexa, demandando uma abordagem integrada para a transferência de dados fim-a-fim. Desta maneira, o Projeto PADEX teve por objetivo a criação e implantação de uma infraestrutura tecnológica integrada para a utilização de um serviço de transporte e vazão assegurada para uso do Santos Dumont. Como parte desta infraestrutura, duas DMZ Científicas foram implantadas nestas instituições, interligando os respectivos sistemas de armazenamento (*storages*) de forma otimizada e isolada através da rede da RNP.

Os resultados preliminares apresentaram uma melhoria considerável se comparado com a antiga infraestrutura que o LNLS dispunha para acessar o LNCC, aumentando em torno de 15 vezes as taxas de transferências entre as instituições.

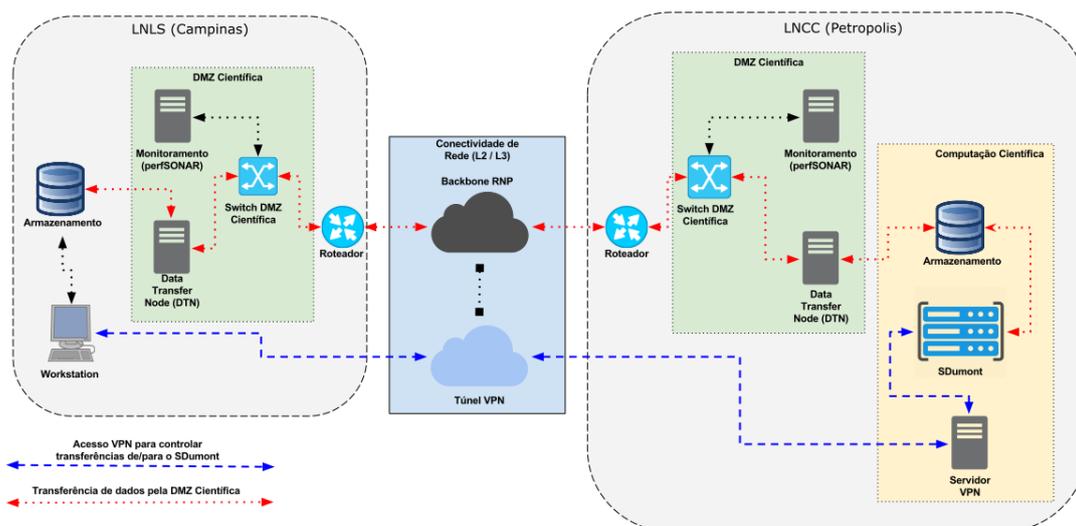


Figura 13 - Diagrama macro da arquitetura da solução envolvendo instalação de DMZ Científica no LNLS e LNCC

¹⁸ <http://sdumont.lncc.br>

ANEXO I - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 1Gbps

Baseado em especificações e valores de 2015.

Consulte: <https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=71500289#EspecificaçãoeComponentes-1.KitDMZ1G>

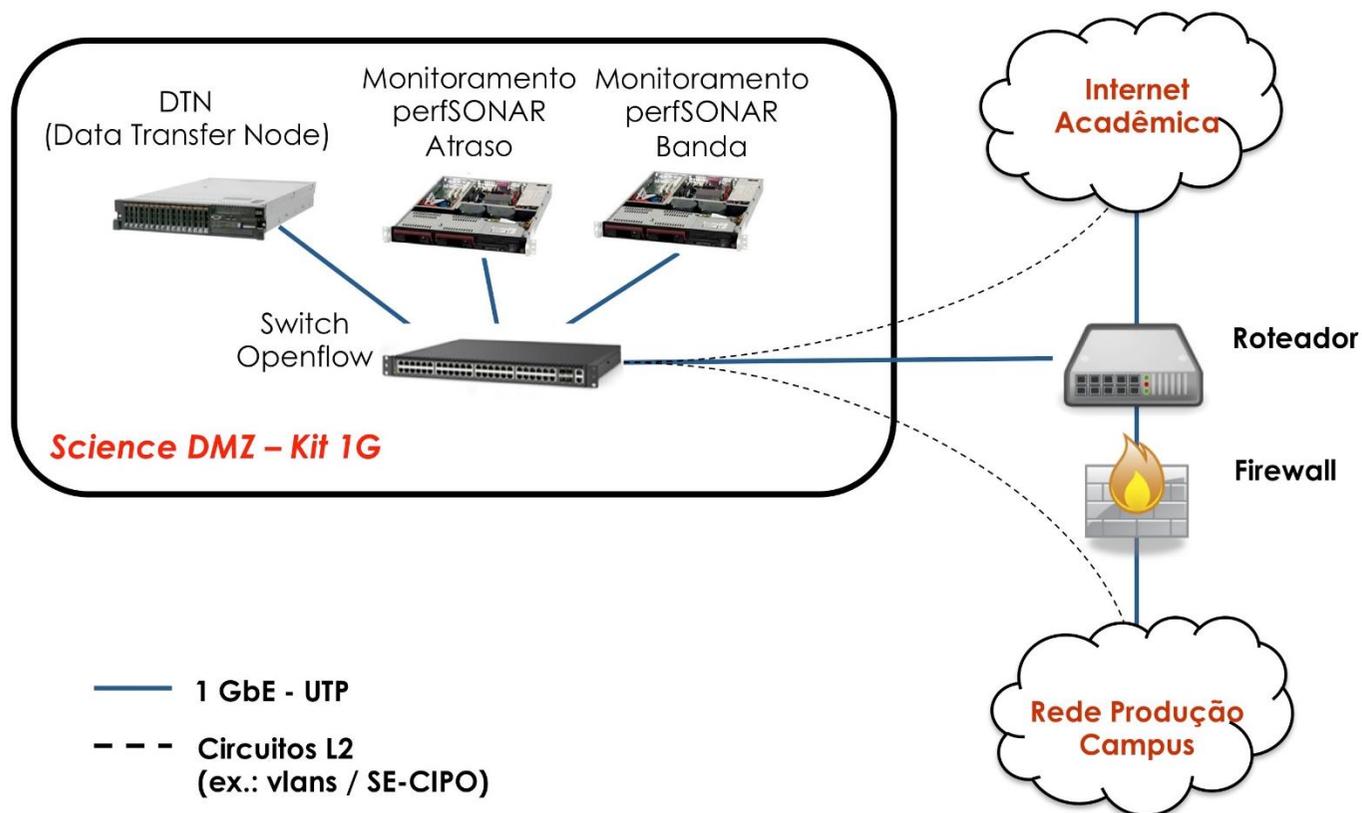


Figura 14 - Diagrama exemplificando configuração e conectividade do Kit DMZ Científica com equipamentos da rede de campus.

ANEXO II - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 10Gbps

Baseado em especificação e valores de 2017:

EQUIPAMENTO 1: Servidor de Medição de Atraso e Banda		
COMPONENTES	ESPECIFICAÇÃO	MODELOS DE REFERÊNCIA
Processador:	<ul style="list-style-type: none"> 1 processador Intel Xeon E3-1280 v5 (Cache de 8M, 3.70 GHz) ou superior. 	<ul style="list-style-type: none"> 1 processador Intel Xeon E3-1280 v5 (Cache de 8M, 3.70 GHz). http://ark.intel.com/products/88171/Intel-Xeon-Processor-E3-1280-v5-8M-Cache-3_70-GHz
Memória RAM:	<ul style="list-style-type: none"> 8 GB de memória RAM ECC. 	
Disco Rígido (HDD):	<ul style="list-style-type: none"> 1 disco rígido de 1 TB SATA III 3,5" 7200rpm, versão corporativa - Taxa mínima sustentável de transferência de dados de 180 MBytes por segundo. 	<ul style="list-style-type: none"> HD Seagate Enterprise Capacity 3.5 HDD 1 TB 512n SATA - ST1000NM0055 - 6Gb/s. http://www.seagate.com/www-content/datasheets/pdfs/ent-cap-3-5-hdd-data-sheetDS1882-2-1604BR-pt_BR.pdf
Gabinete:	<ul style="list-style-type: none"> 1 Gabinete de rack 1U, com gavetas hot-swap para discos SATA 3,5", fonte 100-240V. 	
Motherboard:	<ul style="list-style-type: none"> 1 Placa mãe do tipo servidor, com 2 interfaces 1GbE onboard, 1 slot livre PCI Express 2.0 ou superior com x8/x8 ou x16/x8 (slot físico x8 ou x16, com 8 lanes disponíveis no slot) para interface de rede, módulo de gerenciamento com suporte a KVM remoto e reboot/power-cycle remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> Placa mãe Intel® Server Board S1200SPL com módulo de gerenciamento Intel Remote Management Module Support. https://www-ssl.intel.com/content/www/us/en/motherboards/server-motherboards/server-board-s1200sp.html https://www-ssl.intel.com/content/www/us/en/servers/server-board-s1200sp-brief.html http://ark.intel.com/products/88263

EQUIPAMENTO 1: Servidor de Medição de Atraso e Banda

COMPONENTES	ESPECIFICAÇÃO	MODELOS DE REFERÊNCIA
Placa de Rede Offboard 1GbE:	<ul style="list-style-type: none">1 Placa de rede PCI Express 2.0 (ou superior) com no mínimo 1 porta Gigabit Ethernet 1000Base-T, chipset Intel.	<ul style="list-style-type: none">Placa de rede Intel Pro/1000 PT. https://www.intel.com.br/content/www/br/pt/support/network-and-i-o/ethernet-products/intel-gigabit-server-adapters/intel-pro-1000-t-server-adapter-series/intel-pro-1000-t-server-adapter.html
Cabo + Placa de Rede Offboard 10GbE:	<ul style="list-style-type: none">1 Placas de Rede PCI Express 3.0 Mellanox Single-port 10Gbps com 1 slot SFP+1 Cabo Twinaxial Direct Attach c/ conectores SFP+, comprimento 3m, compatível com a placa de rede anterior, de preferência da mesma marca da placa.	<ul style="list-style-type: none"><i>Placa de Rede Mellanox MCX311A-XCAT.</i> http://www.mellanox.com/related-docs/prod_adapter_cards/ConnectX3_EN_Card.pdf<i>Cabo Mellanox MC3309130-003.</i> http://www.mellanox.com/related-docs/prod_cables/PB_10GbE_Passive_Copper_SFP_Cables.pdf

Custo estimado do EQUIPAMENTO 1: R\$ 10.000,00

EQUIPAMENTO 2: Servidor de Transferências de Dados (Data Transfer Node - DTN)		
COMPONENTES	ESPECIFICAÇÃO	MODELOS DE REFERÊNCIA
Processador:	<ul style="list-style-type: none"> 1 processador - Intel® Xeon® Processor E5-2643 v4 (20M Cache, 3.40 GHz). 	<ul style="list-style-type: none"> Intel® Xeon® Processor E5-2643 v4 (20M Cache, 3.40 GHz). http://ark.intel.com/products/92989/Intel-Xeon-Processor-E5-2643-v4-20M-Cache-3_40-GHz
Memória RAM:	<ul style="list-style-type: none"> 128 GB de memória RAM ECC (8x16GB). 	
Disco Rígido (HDD) e/ou Disco Sólido (SSD) e Controladora:	<p>A. Configuração ideal (mais cara, porém com melhor desempenho):</p> <ul style="list-style-type: none"> 9 discos rígidos de 1 TB ou superior SATA3 3,5" 7200rpm, versão corporativa com taxa de transferência maior que 200 MB/s. 1 SSDs de 120 GB com taxa de escrita sequencial mínima de 500 MB/s. Controladora RAID Offboard para 8 discos (1 SSD + 7 HDD) com cache de 1G, bateria, respectivos cabos, suporte a cache em SSD com as devidas licenças de software incluídas. <p>B. Configuração econômica (mais barata, porém mantendo o desempenho necessário e suficiente):</p> <ul style="list-style-type: none"> 10 discos rígidos de 1 TB ou superior SATA3 3,5" 7200rpm, versão corporativa com taxa de transferência maior que 200 MB/s. Controladora RAID Offboard para até 10 discos (HDD) com cache de 1G, bateria, respectivos cabos, suporte a cache em SSD com as devidas licenças de software incluídas. 	<ul style="list-style-type: none"> HD Seagate Enterprise Capacity 3.5 HDD 1 TB 512n SATA - ST1000NM0055 - 6Gb/s http://www.seagate.com/www-content/datasheets/pdfs/ent-cap-3-5-hdd-data-sheetDS1882-2-1604BR-pt_BR.pdf HD Seagate Enterprise Performance 10K HDD 1.2 TB, 512E ST1200MM0158 - 12Gb/s http://www.seagate.com/www-content/product-content/savvio-fam/enterprise-performance-10k-hdd/savvio-10k-7/_shared/docs/ent-performance-10k-hdd-ds1785-6c-1509gb.pdf Controladora RAID Intel® RAID Controller RS3DC080 c/ o módulo Intel® RAID SSD Cache with Fast Path* I/O http://ark.intel.com/pt-br/products/77346/Intel-RAID-Controller-RS3DC080

Gabinete:	<ul style="list-style-type: none"> Gabinete de rack 4U, com gavetas hot-swap para os 7 discos SATA3 de 3,5" e 2 discos fixos de 3,5", fonte 100-240V. 	
Motherboard:	<ul style="list-style-type: none"> Placa mãe do tipo servidor, com 2 interfaces 1GbE onboard, 1 controladora RAID onboard para 8 discos SATA3 (com respectivos cabos e licenças), 1 slot livre PCI Express 2.0 ou superior com x8/x8 ou x16/x8 (slot físico x8 ou x16, com 8 lanes disponíveis no slot) para interface de rede, módulo de gerenciamento com suporte a KVM remoto e reboot/power-cycle remoto. 	<ul style="list-style-type: none"> Placa mãe com módulo de gerenciamento Intel Server Board S2600CW2SR http://ark.intel.com/products/88276/Intel-Server-Board-S2600CW2SR Placa mãe com módulo de gerenciamento Intel Server Board S2600CW2R http://ark.intel.com/products/88278/Intel-Server-Board-S2600CW2Rx
Cabo + Placa de Rede Offboard 10GbE:	<ul style="list-style-type: none"> 1 Placas de Rede PCI Express 3.0 Mellanox Dual-port 10Gbps com 2 slot SFP+ 1 Cabo Twinaxial Direct Attach c/ conectores SFP+, comprimento 3m, compatível com a placa de rede anterior, de preferência da mesma marca da placa. 	<ul style="list-style-type: none"> <i>Placa de Rede Mellanox MCX312A-XCBT.</i> http://www.mellanox.com/related-docs/prod_adapter_cards/ConnectX3_EN_Card.pdf <i>Cabo Mellanox MC3309130-003.</i> http://www.mellanox.com/related-docs/prod_cables/PB_10GbE_Passive_Copper_SFP_Cables.pdf

Custo estimado do EQUIPAMENTO 2 com **configuração ideal** para Discos 7 HDD + 1 SSD: R\$ 46.000,00

Custo estimado do EQUIPAMENTO 2 com **configuração econômica** para Discos 10 HDD: R\$ 36.000,00

EQUIPAMENTO 3: Switch L2/L3		
COMPONENTES	ESPECIFICAÇÃO	MODELOS DE REFERÊNCIA
Switch:	<ul style="list-style-type: none"> Mínimo de 20 portas 1GbE - 1000Base-T 4 portas 1 GbE em modo combo - UTP/SFP 4 portas 10 GbE com slots SFP+ Capacidade de comutação non-blocking de pelo menos 128 Gbps Buffers de pacotes de no mínimo 60MB por switch. Suporte a OpenFlow 1.3 em modo híbrido (por porta) Mínimo de 4000 VLANs Suporte a Q-in-Q Jumbo Frame (9216 bytes) Mínimo de 4 filas de prioridade Suporte a SSHv2 Fonte 100-240V Deve vir acompanhado de um adaptador óptico SFP+ 10GBase-LR compatível com o switch Suporte a roteamento IPv6 Todas as licenças das respectivas funcionalidades devem ser adquiridas. <p>Observação: Os requisitos de OpenFlow, Q-in-Q e buffer maior de 60MB acabam por restringir bastante os modelos possíveis dentro da linha de cada fabricante. Por conta disso, houve bastante variação nos preços das soluções ofertadas.</p>	<ul style="list-style-type: none"> BR-CES-2024C-4X-AC Brocade CES 2024C-4X includes 24 RJ45 ports of 10/100/1000 Mbps Ethernet with 4 combination RJ45/SFP Gigabit Ethernet ports, 4 fixed ports of 10 Gigabit Ethernet SFP+, 500W AC power supply (RPS9), and BASE software. Uses XNI-CE2000-FAN XNI-CE2000-FAN Leadfree spare fan tray for NetIron CES and NetIron CER Series. NI-CES-2024-MEU-SW Metro Edge Premium software upgrade for NetIron CES 2000 24-port switches (NetIron CES 2024C, NetIron CES 2024F) NCES-4X-SVL-NDP-1 ESSENTIAL NBD PARTS ONLY SUPPORT, CES 2024C & CES2024F RT,500W AC & 500W DC,4X10G Fixed,BASESW 10G-SFPP-LR 10GBASE-LR, SFP+ optic (LC), for up to 10km over SMF <p>https://www.brocade.com/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-ces-2000-ds.pdf</p>

Custo estimado do EQUIPAMENTO 3: R\$ 22.000,00

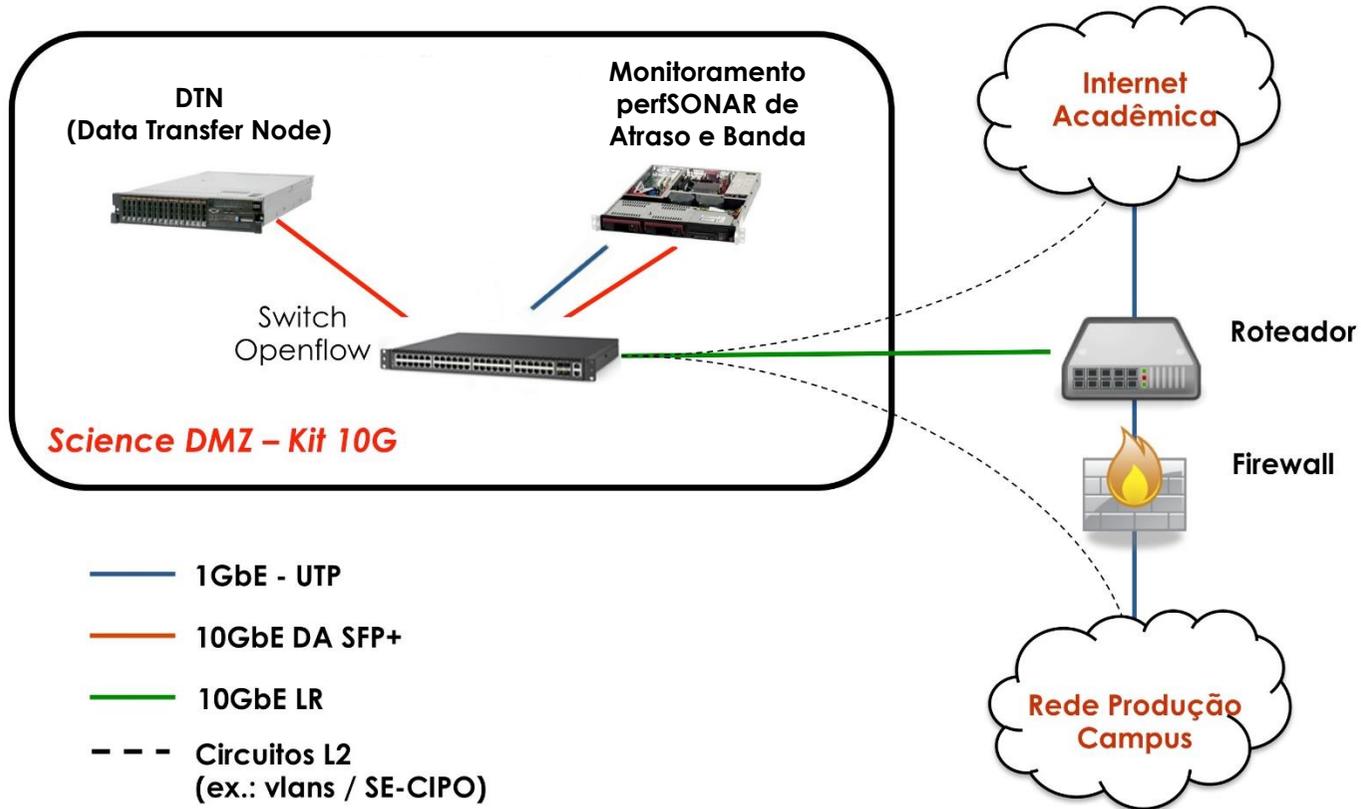
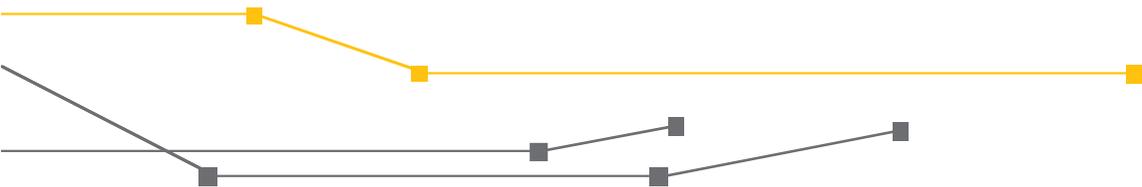


Figura 15 - Diagrama exemplificando configuração e conectividade do Kit 10G DMZ Científica com equipamentos da rede de campus.

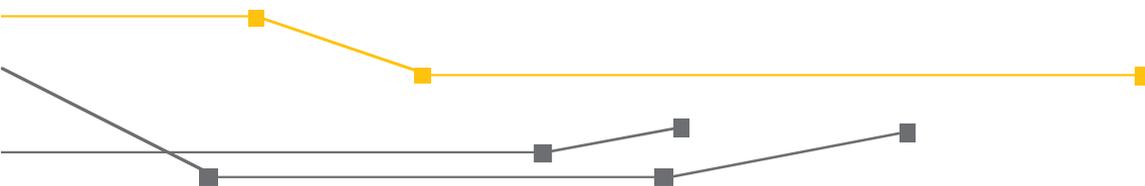


ANEXO III - Especificação e Custo Estimado de Equipamentos para Redes de 100Gbps

Baseado em material de pesquisa, consultas à especialistas e participação em eventos, tal como a conferência anual SuperComputing¹⁹, foi identificada uma especificação potencial para uso em Kits 100 Gbps.

Consulta: <https://wiki.rnp.br/pages/viewpage.action?pageId=90394177>

¹⁹ The International Conference for High Performance Computing, Networking, Storage and Analysis (<https://sc17.supercomputing.org>)



Referências

- Dias, G.N., Moura, A.S. et al. (2017). “PADEX - Plataforma de Alto Desempenho Expresso”. Apresentado em TICAL 2017 - Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia. San José, Costa Rica.
- MAGRI, D.R.C, CARVALHO, T.C.M.B. et al. (2014). “Science DMZ: Support for e-Science in Brazil”. Apresentado em: 2014 IEEE 10th International Conference on eScience. Guarujá, São Paulo. <http://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=6972237>
- Dart, E. (2013). *Focused Technical Workshop for Life Sciences*. Acesso em 20 de Dezembro de 2016, disponível em <https://fasterdata.es.net/assets/Uploads/20130717-dart-sciencedmz.pdf>
- ESnet. (2016). *Network Requirements and Expectations*. Acesso em 20 de Dezembro de 2016, disponível em <http://fasterdata.es.net/home/requirements-and-expectations/>
- perfSONAR. (2014). *Science DMZ: Performance Monitoring*. Acesso em 20 de Dezembro de 2016, disponível em <http://fasterdata.es.net/science-dmz/science-dmz-performance-monitoring/>



MINISTÉRIO DA
DEFESA

MINISTÉRIO DA
CULTURA

MINISTÉRIO DA
SAÚDE

MINISTÉRIO DA
EDUCAÇÃO

MINISTÉRIO DA
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES**

