



Análise prática de desempenho de uma rede de distribuição de conteúdo

A. A. Mota G. P. Silva L. F. Bittencourt

Relatório Técnico - IC-PFG-22-01
Projeto Final de Graduação
2022 - Junho

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE COMPUTAÇÃO

The contents of this report are the sole responsibility of the authors.
O conteúdo deste relatório é de única responsabilidade dos autores.

Análise prática de desempenho de uma rede de distribuição de conteúdo

Alisson Albino Mota* Gabriel Pellegrino da Silva†

Luiz Fernando Bittencourt‡

Resumo

Com o crescimento e popularização da internet nas últimas décadas, viu-se a necessidade de criação de tecnologias que permitissem que a obtenção de conteúdo de forma rápida e com boa qualidade, independente da localidade do acesso ou hospedagem do conteúdo. Para atingir tais objetivos, começaram a ser implementadas redes especializadas na entrega de conteúdo online, conhecidas como redes de distribuição de conteúdo (do inglês: Content Distribution Network - CDN). Este trabalho tem como objetivo analisar o comportamento e desempenho de uma CDN, em particular a solução de CDN oferecida pela AWS¹ e o impacto dela em sistemas em nuvem que precisam ser acessados de diversas regiões distintas. Para esta análise, realizamos testes com arquivos hospedados em múltiplas regiões e monitoramos o tempo de rede necessário para obter esses arquivos diretamente e então comparamos este resultados com os obtidos ao acessá-los através da CDN. Com base nesses resultados, determinamos que a CDN pode apresentar um pequeno overhead quando o acesso e o arquivo encontram-se na mesma região, mas em compensação quando os arquivos estão hospedados em uma região diferente da região de acesso, a CDN provê um ganho em tempo de acesso significativo.

1 Introdução

Atualmente, a demanda por conteúdo online de qualidade tem crescido rapidamente [1], fazendo-se necessário com que muitos sites precisem implementar uma infra-estrutura capaz de atender a essa demanda e distribuir o conteúdo de forma rápida para os usuários.

Provavelmente a abordagem mais intuitiva seja escalar o servidor com base no número de requisições, no entanto, essa abordagem não resolve o problema de comunicações em longas distâncias e a experiência para o usuário pode ser prejudicada. Para contornar este problema, os grandes sites de conteúdo utilizam-se de estruturas geograficamente distribuídas denominadas redes de distribuição de conteúdo (CDN) [2].

*Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970 Campinas, SP

†Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970 Campinas, SP

‡Instituto de Computação, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970 Campinas, SP

¹Amazon Web Services

Uma CDN é uma rede de servidores geograficamente distribuídos de forma a garantir que o tempo de resposta para cada usuário seja o menor possível, além de reduzir a carga de requisições em cada servidor por ser escalado horizontalmente. Esta rede ainda oferece uma maior disponibilidade para o conteúdo pelo fato do mesmo ser replicado em múltiplos hosts [2].

Neste trabalho, realizamos um estudo de caso utilizando a solução de CDN oferecida pela AWS, monitorando o custo e tráfego de rede pra acessar arquivos armazenados em servidores distintos distribuídos em vários continentes, e então realizamos uma comparação destes mesmos resultados após a configuração de uma CDN para gerenciá-los.

A análise foi dividida em duas etapas, após serem configurados os ambientes foi realizado um comparativo entre os tempos de acesso aos arquivos diretamente e pela CDN. Após isso foi utilizado o comando traceroute para que fosse possível entender um pouco melhor as rotas necessárias para acessar cada arquivo em comparação com a CDN. A execução e os resultados destes testes, assim como o retorno do comando traceroute, são discutidos mais detalhadamente nas próximas seções deste relatório.

2 Conceitos

2.1 Amazon CloudFront

O Amazon Cloudfront é um serviço da AWS que oferece uma rede de distribuição de conteúdo com servidores pré-configurados e fornece métricas de acesso aos dados armazenados nela ao longo do tempo. Algumas dessas métricas incluem quantidade de requisições, total de bytes carregados e um proporcional de quantos acessos foram feitos à réplica e quantos foram feitos ao arquivo original [3].

A anatomia de uma CDN [7] consiste de pontos de presença espalhados geograficamente, onde esses nós trabalham com armazenamento em cache, aceleração dinâmica e lógica computacional de borda. Neste projeto, exploramos principalmente as capacidades de uma CDN relacionadas ao armazenamento em cache.

Armazenamento em cache consiste em manter réplicas de arquivos estáticos o mais perto possível dos usuários finais. O funcionamento dessa cache segue o seguinte fluxo:

- Um visitante geograficamente remoto do site faz a primeira requisição de conteúdo estático da Web a partir do seu site.
- A requisição chega no seu servidor de aplicação Web ou servidor de origem. O servidor de origem envia a resposta para o visitante remoto. Ao mesmo tempo, ele também envia uma cópia da resposta para o CDN POP geograficamente mais próximo do visitante.
- O servidor CDN POP armazena a cópia como um arquivo em cache.
- Na próxima vez, o visitante ou qualquer outro visitante na mesma localidade fazem a mesma requisição, o servidor de cache envia a resposta, e não o servidor de origem.

Aceleração dinâmica permite reduzir o tempo de resposta para requisições dinâmicas, ou seja, onde o armazenamento em cache não permite uma solução confiável. Essa redução ocorre ao estabelecer uma rede confiável entre um servidor próximo da requisição e o servidor de origem. Os servidores CDN precisam reconectar com o servidor de origem a cada requisição dinâmica, mas eles aceleram o processo ao otimizar a conexão entre si e os servidores de origem.

Além disso, é possível programar o servidor de borda CDN para executar as computações lógicas que simplificam a comunicação entre o cliente e o servidor. Por exemplo, o servidor pode fazer o seguinte:

- Inspeccionar as requisições do usuário e modificar o comportamento de armazenamento em cache.
- Validar e lidar com as requisições incorretas do usuário.
- Modificar ou otimizar o conteúdo antes de responder.

A distribuição da lógica da aplicação entre os servidores Web e a borda de rede ajuda os desenvolvedores a aliviar a carga nos requisitos computacionais dos servidores de origem e melhorar a performance do site.

2.2 Amazon S3

O Amazon S3 ou Amazon Simple Storage Service é um serviço da AWS para armazenamento de arquivos em nuvem que conta com diversas subclasses de qualidade de acordo com a necessidade do projeto. A opção genérica conta com 99,99% de disponibilidade, mas opções mais baratas de armazenamento podem ter uma disponibilidade de 99,5%². Além disso, esse serviço provê controle de acesso e segurança e também uma escolha de qual região o arquivo estará hospedado [4].

Para este trabalho, foram utilizadas as regiões sa-east-1 (Brasil), us-east-1 (Estados Unidos), af-south-1 (África do Sul), ap-northeast-1 (Japão), eu-west-1 (Irlanda) e ap-southeast-2 (Austrália), uma região por continente.

2.3 CDK

Os provedores de soluções cloud oferecem maneiras de automatizar a criação, remoção e edição de estruturas que estão criadas. Uma maneira é você usar a interface gráfica oferecida pelo provedor para manualmente criar, editar e remover serviços. No entanto, essa tarefa mostra-se tediosa e muito suscetível ao erro humano, podendo inclusive ser uma fonte de grandes despesas devido à uma má configuração.

Pensando em resolver esse problema, soluções de Infrastructure as Code (IaC) tornaram-se populares, e a mais moderna solução de IaC disponível na AWS é o AWS Cloud Development Kit (AWS CDK). Com o CDK você pode escrever sua infraestrutura em linguagens como: JavaScript, TypeScript, Python, Java, C, e Go. Note inclusive que algumas dessas

²<https://aws.amazon.com/s3/faqs/>

linguagens podem ser compiladas e mostrar erros de configuração antes mesmo de tentar criar algo na cloud.

Para esse projeto, utilizamos CDK com TypeScript e o código está sendo mantido no seguinte repositório de acesso livre, <https://github.com/gpspelle/cdk-s3-cdn-experiment>.

2.4 Traceroute

O Traceroute é uma ferramenta de diagnóstico de rede presente nos principais sistemas operacionais, geralmente acessada através do terminal ou linha de comando. Ele é utilizado para rastrear em tempo real a rota percorrida por um pacote de rede da origem até o endereço de destino, exibindo os endereços IP de cada roteador/enlace por onde o pacote passou no caminho. O resultado exibe também o tempo que cada roteador levou para retornar uma resposta relacionada ao pacote enviado.

Geralmente o traceroute opera enviando pacotes ICMP³, os quais podem ser configurados com um tempo limite de vida (TTL) e um número máximo de "hops"⁴ que o pacote pode levar para chegar ao destino. E para garantir uma assertividade maior nos resultados, ele opera enviando múltiplos pacotes por vez (geralmente três). No caso de não receber o retorno de algum ponto, seja por configurações de segurança naquele ponto ou por perda de pacotes, o traceroute exibe aquele ponto como um timeout, mas ainda continuando com os endereços seguintes. Um exemplo de retorno desse comando está presente na seção Metodologia deste relatório.

3 Metodologia

3.1 Configuração do ambiente na Nuvem

Cada membro do projeto utilizou a sua própria conta na AWS, pois há um pequeno custo mensal para as operações realizadas, e também, um script ou configuração defeituosa poderia levar a uma alta cobrança. Selecionamos uma região por continente e criamos um bucket por região. A CDN é criada globalmente, ou seja, criamos uma CDN para todas as regiões e ligamos caminhos específicos do endereço da CDN para cada bucket. Por exemplo, uma requisição feita para `endereço-da-cdn/us-east-1/` será encaminhada para o bucket localizado na região `us-east-1` da AWS.

Além disso, contratamos a hospedagem Do domínio `gpspelle.click`, então uma requisição para `gpspelle.click/us-east-1/1kb` irá requisitar um arquivo de 1kb vindo de um bucket na região `us-east-1` passando pela CDN. Para requisitar esse arquivo sem passar pela CDN, utilizamos o endereço do bucket propriamente, `https://us-east-1-latency-test-pfg-unicamp.s3.amazonaws.com/us-east-1/1kb`.

³Internet Control Message Protocol

⁴Salto, de um roteador/enlace para outro

3.2 Preparação dos testes de performance

Após instanciar as estruturas na cloud da AWS usando CDK, temos buckets e uma CDN configurada. Utilizando JavaScript criamos um script para fazer o envio de arquivos para esses buckets, arquivos de 1kb, 10kb, 100kb e 1000kb. Com outro script em JavaScript, realizamos 10 requisições uma em seguida da outra em série para acessar esses arquivos diretamente do bucket ou passando pela CDN. O tempo de resposta para cada requisição é armazenado em um arquivo csv para posterior análise utilizando um jupyter-notebook em Python 3.9.5.

Os dados podem ser analisados de duas maneiras, na forma de mapas de calor e gráficos de linha com métricas agregadas. Na seção seguinte, encontraremos esses resultados e as suas respectivas análises.

Um aspecto importante a ser ressaltado é de que as requisições foram feitas a partir de duas regiões distintas, Campinas/Brasil e Luxemburgo/Luxemburgo.

3.3 Preparação dos testes de rota de acesso

Para realizar os testes de comparação de rotas, foi utilizada principalmente a linguagem Python na versão 3.9.5, utilizando-se de algumas bibliotecas padrões para a execução de comandos no terminal e processamento de arquivos. Utilizamos também a API ip-api [5] para obter a localização geográfica de cada IP, e da biblioteca plotly [6] para exibir as rotas no mapa.

A primeira etapa foi desenvolver um script para executar via terminal o comando trace-route e guardar os resultados num arquivo texto. Para isso foi utilizado o utilitário de linha de comando Popen, repetindo a execução para cada região da AWS utilizada e também para a url da CDN, e obtendo um retorno no modelo abaixo:

```
tracert to d17ks6vl6q5ax4.cloudfront.net (13.227.127.191), 50 hops max, 60 byte packets
 1  _gateway (10.0.2.2)  0.641 ms  0.494 ms  0.473 ms
 2  menuvivo fibra (192.168.15.1)  2.771 ms  2.763 ms  2.756 ms
 3  * * *
 4  187-100-84-168.dsl.telesp.net.br (187.100.84.168)  8.949 ms  9.305 ms  9.297 ms
 5  152-255-178-54.user.vivozap.com.br (152.255.178.54)  12.305 ms  12.737 ms  12.729 ms
 6  * * *
 7  * * *
 8  52.93.146.137 (52.93.146.137)  14.553 ms  15.337 ms  15.279 ms
 9  52.93.146.104 (52.93.146.104)  11.502 ms  14.453 ms  14.447 ms
10  150.222.70.206 (150.222.70.206)  17.528 ms  17.889 ms  17.868 ms
11  52.93.146.49 (52.93.146.49)  14.367 ms  8.146 ms  8.627 ms
12  52.93.146.185 (52.93.146.185)  8.513 ms  8.884 ms  8.878 ms
13  * * *
14  * * *
15  * * *
16  * * *
17  * * *
18  server-13-227-127-191.gru1.r.cloudfront.net (13.227.127.191)  7.691 ms  5.993 ms  9.619 ms
```

Como não é possível analisar com facilidade este retorno por ele exibir apenas os endereços IP, tempos de resposta e em alguns casos o nome DNS associado, o arquivo foi então

tratado e limpo de forma que fossem mantidos apenas os endereços IP de cada rota numa lista sequencial. Esta lista foi então utilizada como parâmetro de entrada em requisições API para obter a localização geográfica de cada endereço IP retornado pelo traceroute, levando em consideração ainda que alguns roteadores não retornam o endereço IP.

Com a localização de cada ponto, foi então utilizada a biblioteca plotly para desenhar essas rotas no mapa a fim de facilitar a visualização dos resultados e analisá-los detalhadamente. Para isto, foi utilizada a ferramenta Scattermapbox⁵ inclusa na classe Graph Objects. Os trechos de código de cada etapa estão inclusos no repositório utilizado⁶ e os resultados obtidos nessas análises serão discutidos abaixo.

Um aspecto importante a ser ressaltado é de que as requisições foram feitas a partir de Campinas, São Paulo, Brasil e Luxemburgo, Luxemburgo.

4 Resultados

4.1 Testes de performance

Um primeiro aspecto interessante da análise dos resultados é o overhead gerado pela CDN ao analisarmos o gráfico de calor da figura 1, pois não utilizar a CDN resultou em desempenho melhor para arquivos de 1kb localizados na região sa-east-1 a partir de uma requisição oriunda da região sa-east-1. No entanto, o mesmo não acontece para as requisições feitas a partir de Luxemburgo em relação ao servidor da AWS localizado na Irlanda (eu-west-1).

Nos mapas de calor vemos uma tendência geral de que o gráfico da direita, onde não é utilizada a CDN, é um gráfico mais quente, ou seja, onde o tempo de resposta médio é maior. E o gráfico da esquerda, onde é utilizada a CDN, o gráfico é mais frio, pois o tempo de resposta médio é menor.

Quanto maior o tamanho do arquivo, maior o tempo de resposta, observe as cores amarelas e vermelhas na parte direita da figura 7. Em contraste, observe a predominância da cor preta (menos de 200ms) no gráfico da esquerda para as figuras 1, 3, 5 e 7. O tamanho da diferença é ainda maior quando fazemos as requisições com origem em Luxemburgo, tome a figura 2 como exemplo.

As figuras 9, 10 e 11 agrupam por métrica estatística os resultados de todas as regiões e todos os tamanhos de arquivo, utilizando ou não a CDN. A figura 9 analisa o tempo médio; 10 o tempo máximo e 11 o tempo mínimo. Note que a mesma análise é feita para as requisições feitas a partir de Luxemburgo, nas respectivas figuras na seção adequada.

Observe que em cada uma dessas figuras, os gráficos da esquerda e da direita possuem a mesma escala vertical, e temos a tendência de que o gráfico da esquerda tem valores menores do que o gráfico da direita. Mostrando o ganho em tempo para todas essas métricas ao utilizarmos a CDN, desconsiderando-se a exceção supracitada.

Note que as curvas em muito se parecem para arquivos de tamanho 1kb, 10kb e 100kb, e há uma diferença maior para as requisições relacionadas ao arquivo de tamanho 1000kb. Podemos observar também que utilizando a CDN o tempo mínimo de resposta para muitas das regiões se aproxima do 0, o que acontece quando temos um cache hit.

⁵<https://plotly.com/python/scattermapbox/>

⁶<https://github.com/gpspelle/cdk-s3-cdn-experiment>

Dos resultados, observamos que não há diferença notável entre o tempo médio de resposta para arquivos de 1000kb nas requisições com origem em Luxemburgo, o que pode indicar uma configuração diferente de cache por parte da AWS. Já que o serviço de cache foi eficaz para arquivos de 100kb, mostrando que existe sim uma cache e ela está próxima o suficiente para em muito reduzir o tempo médio de resposta, como mostrado na figura 12.

4.1.1 Arquivo de 1kb

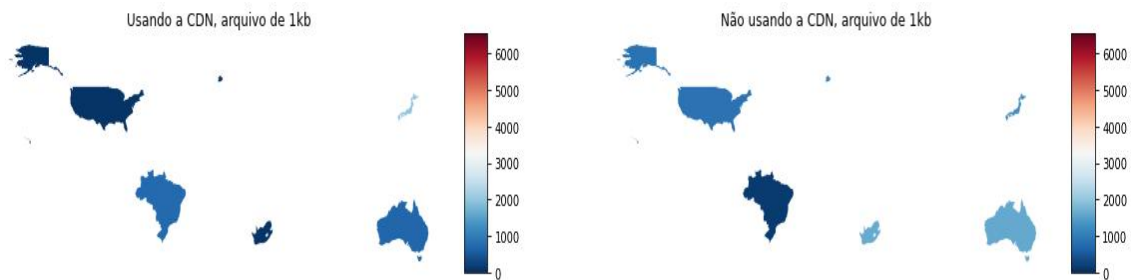


Figura 1: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Campinas, de um arquivo de 1kb, tempo em ms.

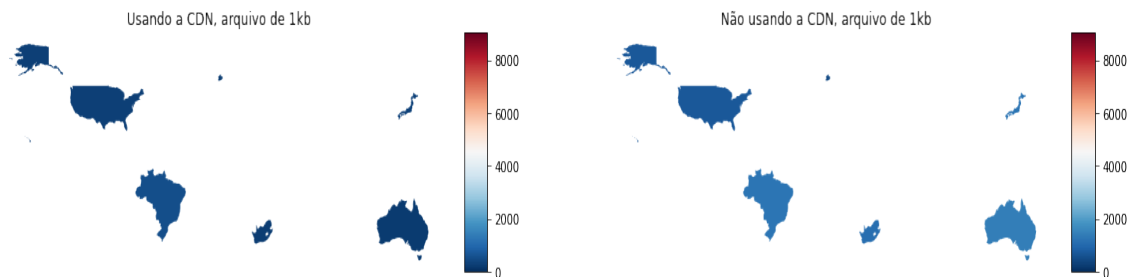


Figura 2: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Luxemburgo, de um arquivo de 1kb, tempo em ms.

4.1.2 Arquivo de 10kb

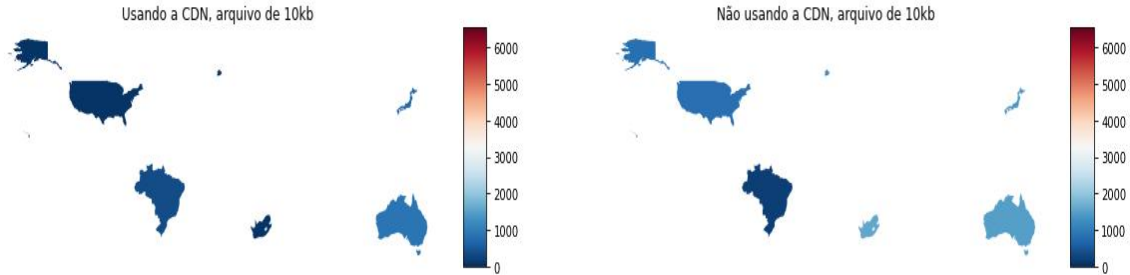


Figura 3: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Campinas, de um arquivo de 10kb, tempo em ms.

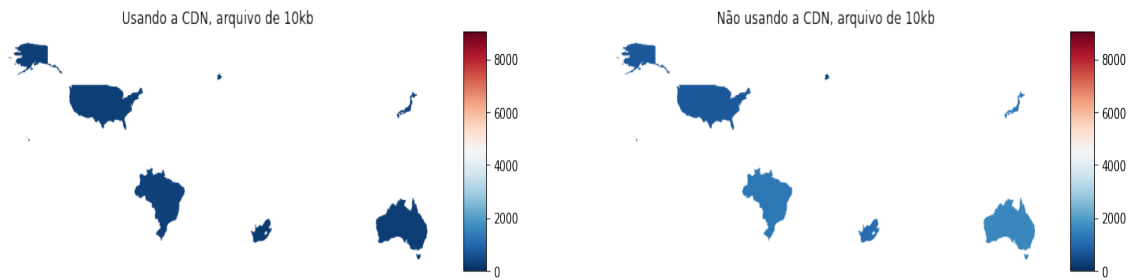


Figura 4: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Luxemburgo, de um arquivo de 10kb, tempo em ms.

4.1.3 Arquivo de 100kb

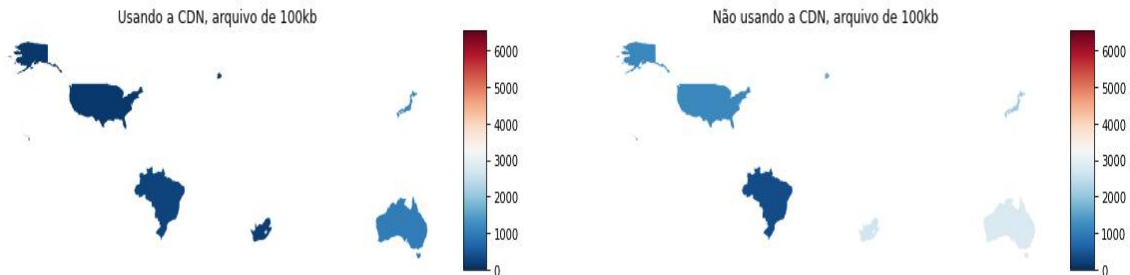


Figura 5: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Campinas, de um arquivo de 100kb, tempo em ms.

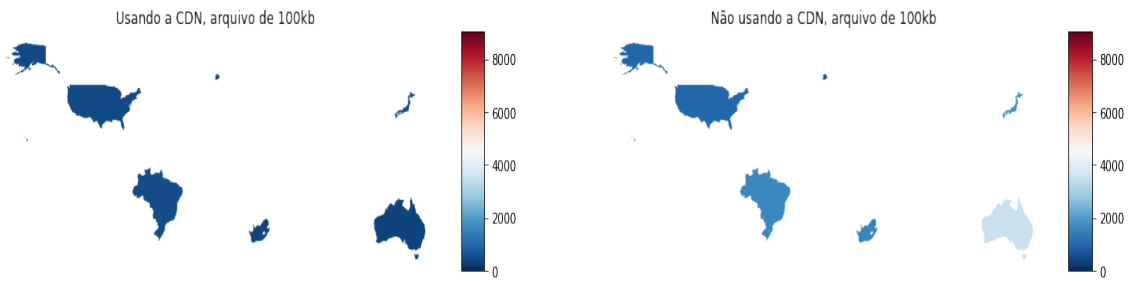


Figura 6: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Luxemburgo, de um arquivo de 100kb, tempo em ms.

4.1.4 Arquivo de 1000kb

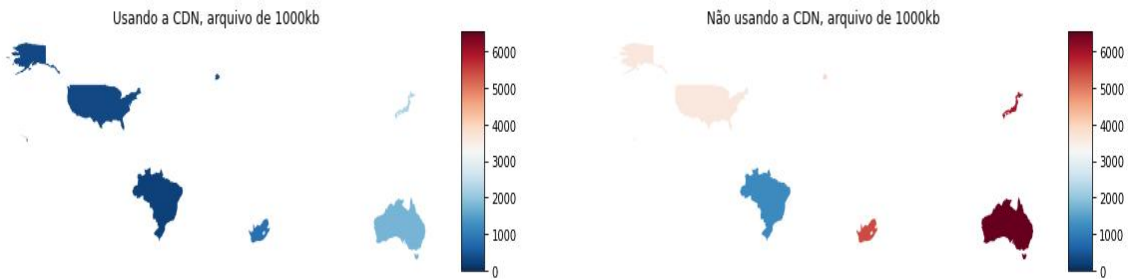


Figura 7: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Campinas, de um arquivo de 1000kb, tempo em ms.

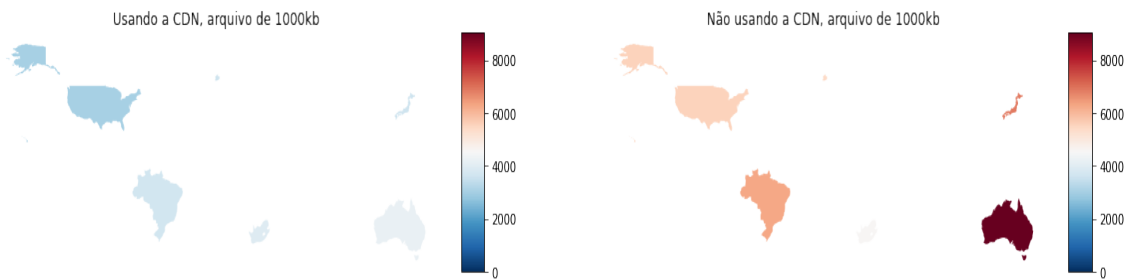


Figura 8: Mapa de calor do tempo de resposta médio para realizar uma requisição, com origem em Luxemburgo, de um arquivo de 1000kb, tempo em ms.

4.2 Resultados agrupados para todos os tamanhos de arquivo e regiões

4.2.1 Origem da requisição em Campinas

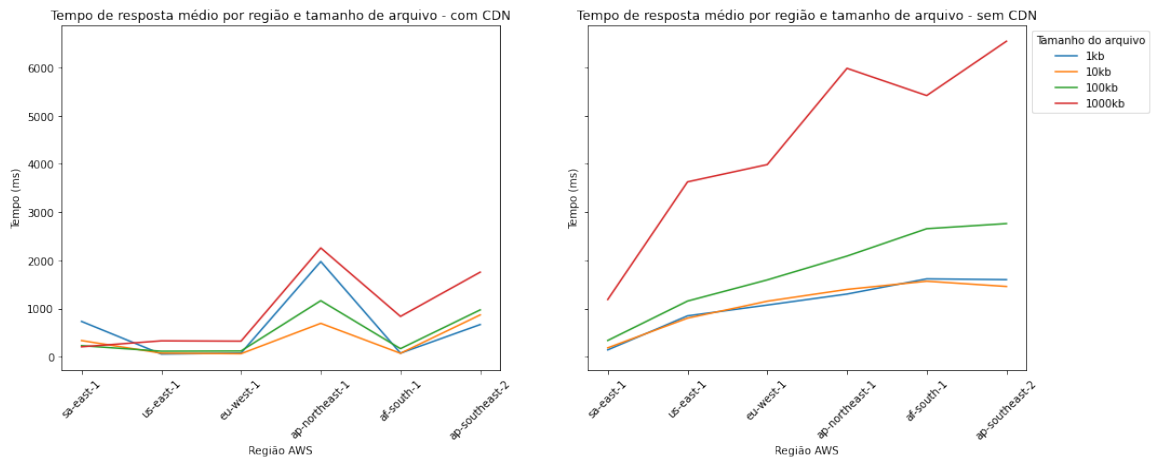


Figura 9: Gráficos de tempo de resposta médio utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita).

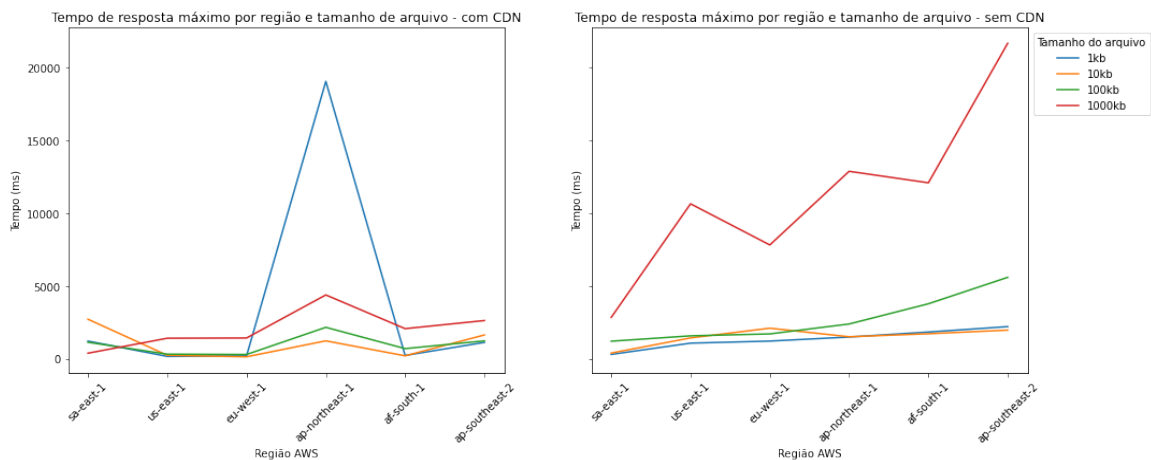


Figura 10: Gráficos de tempo máximo de resposta utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita).

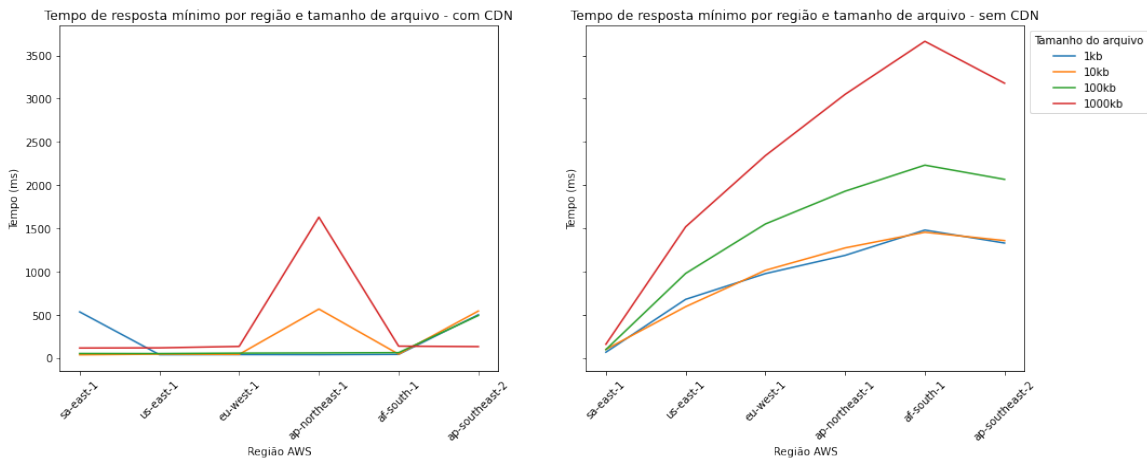


Figura 11: Gráficos de tempo mínimo de resposta utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita)

4.2.2 Origem da requisição em Luxemburgo

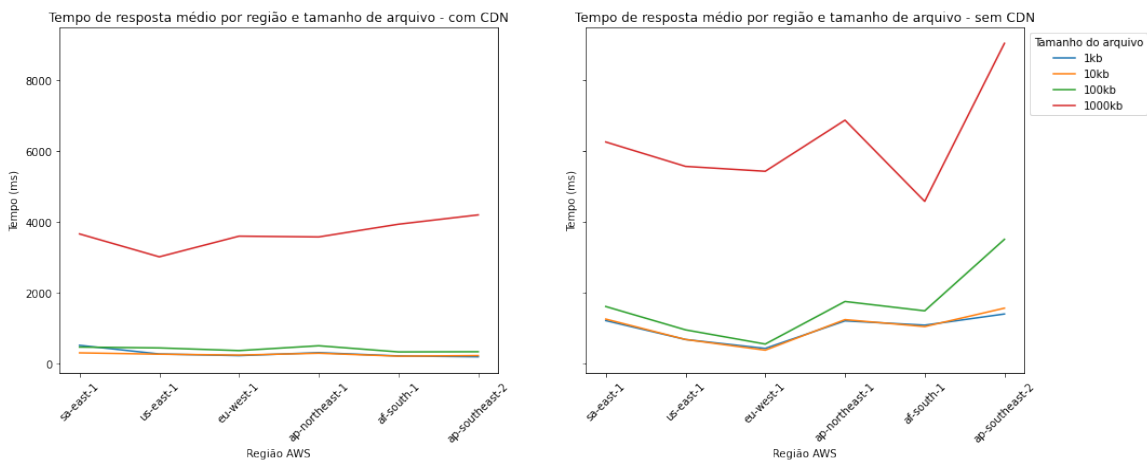


Figura 12: Gráficos de tempo de resposta médio utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita).

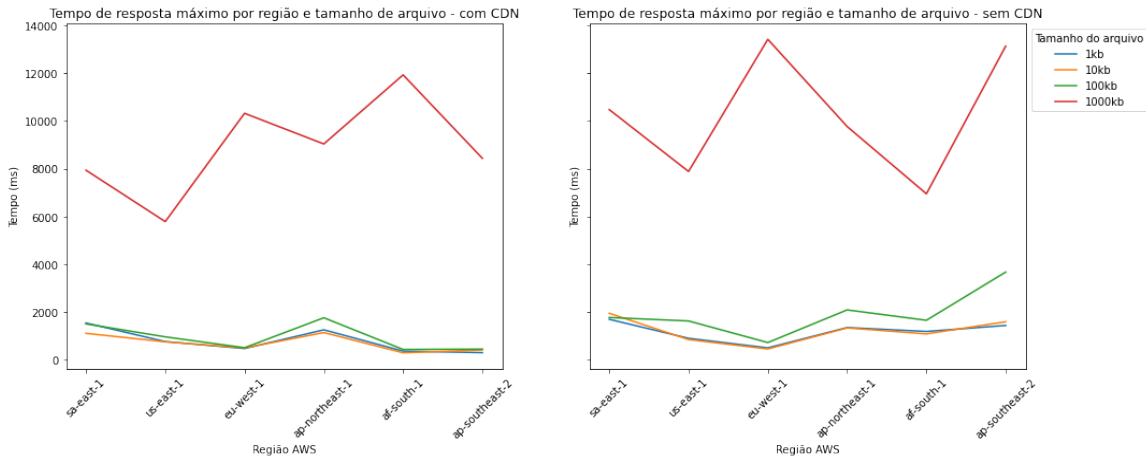


Figura 13: Gráficos de tempo máximo de resposta utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita).

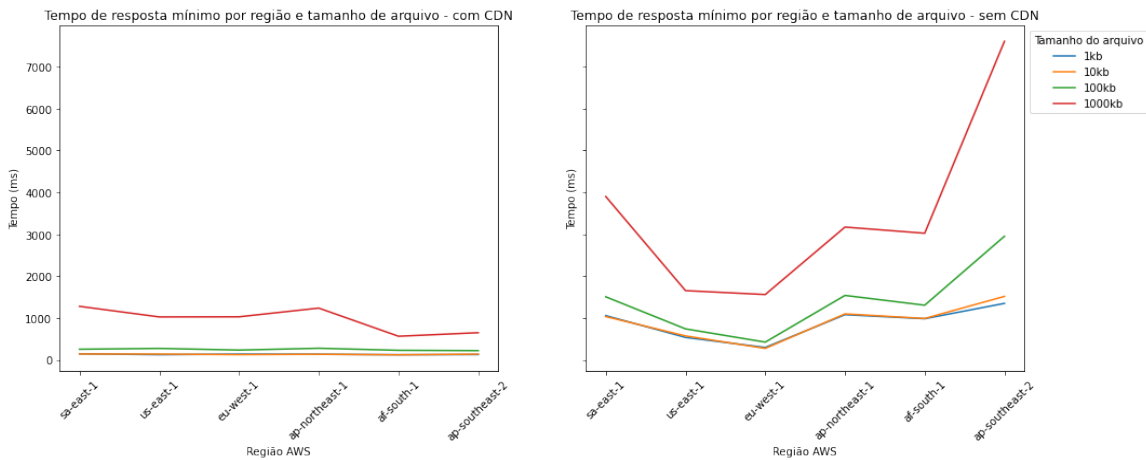


Figura 14: Gráficos de tempo mínimo de resposta utilizando a CDN (esquerda) e não utilizando a CDN (direita)

4.3 Testes de rotas de acesso

Como as rotas por onde passam os pacotes independem do tamanho dos arquivos, os testes a seguir usaram como parâmetros apenas os endereços url base da CDN e dos buckets. E como variação nos testes, estes foram repetidos utilizando regiões de origem distintas e provedores de internet diferentes dentro de uma mesma região, pois diferentes provedores utilizam rotas próprias de acordo com sua infra-estrutura interna. Para este trabalho realizamos testes de Campinas-SP utilizando os provedores Vivo e Desktop, e depois repetimos os mesmos testes

de Luxemburgo, analisando o comportamento da CDN de uma região diferente. Nesta seção discutiremos os resultados e diferenças notáveis entre os provedores e regiões, apresentando-os através de mapas após o tratamento dos endereços IP.

4.3.1 Rota 1: sa-east-1

Primeiramente, iniciamos os testes utilizando o endereço do bucket do S3 configurado anteriormente na região sa-east-1, executando o comando traceroute e tratando os resultados de forma a obter os endereços IP. Os resultados obtidos nos provedores utilizados foram os seguintes:

Route 1: sa-east-1

```
Hop 1: 187.100.84.170 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 2: 152.255.181.68 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 3: 52.93.146.147 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
Hop 4: 52.93.44.89 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
Hop 5: 177.72.240.193 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 6: 16.12.2.6 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
```

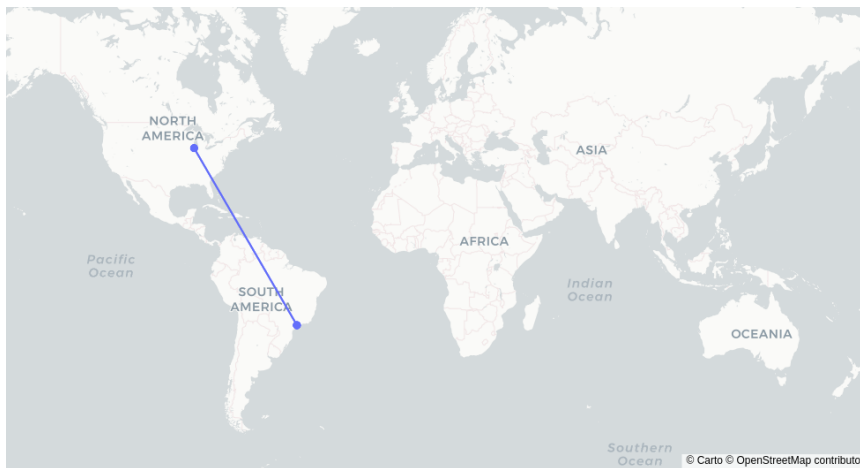


Figura 15: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região sa-east-1 (35ms)

Route 1: sa-east-1

```
Hop 2: 201.77.113.238 - Desktop Sigmanet Comunica??o Multim?dia SA - Sumaré - Sao Paulo/Brazil [-22.8213,-47.2616]
Hop 5: 54.240.244.11 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 6: 52.95.165.122 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
```



Figura 16: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região sa-east-1 (25ms)

Route 1: sa-east-1

Hop 1: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 2: 81.52.186.121 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 3: 193.251.129.124 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 4: 81.52.187.238 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 5: 177.72.240.195 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
 Hop 6: 52.95.164.23 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]



Figura 17: Rota utilizada para acessar a região sa-east-1 a partir de Luxemburgo (243ms)

Com este primeiro teste, foi possível perceber a diferença de rotas adotadas pelos provedores. Mesmo que ambos acabem obtendo um endereço final localizado em São Paulo, temos que o provedor 1 (Vivo) utiliza de um endereço da Amazon localizado nos Estados Unidos como intermediário. Questionando isso, ao consultar o IP 52.93.146.147 em outra fonte [8] é possível ver que a localização de cada IP depende da base de dados que está

sendo consultada, sendo exibidas como opções para o mesmo IP Chicago, Seattle e São Paulo. Tendo isso em mente, outro parâmetro que pode ser utilizado na análise da rota correta é o tempo de resposta, pois como veremos nos próximos testes, o tempo de 35ms é muito baixo, sendo impossível para um pacote chegar até os EUA e voltar ao Brasil nesse tempo. Nesse caso podemos assumir que se trata de um IP registrado pela AWS nos EUA mas atribuído a um servidor na América do Sul, e que a fonte utilizada na obtenção dos dados de Geolocalização [5] não possui esse registro atualizado em sua base, retornando então endereços em Chicago.

Já o provedor 2 (Desktop) acaba ocultando muitos enlaces em sua rota, ou utilizando intervalos de IP privados que não são possíveis de obter dados geográficos, isto pode ser percebido por serem exibidos na rota apenas os enlaces de número 2, 5 e 6 na rota. Ainda assim, vemos que o provedor 2 obteve um tempo de resposta similar o do provedor 1. Nos próximos testes começamos a perceber um diferença maior entre as rotas escolhidas pelos provedores.

No teste realizado a partir de Luxemburgo, observamos uma rota direta da Europa até o Brasil, com uma latência similar a que veremos a seguir nas rotas no sentido oposto, nos testes da região eu-west-1.

4.3.2 Rota 2: us-east-1

A próxima região na lista a ser acessada foi a us-east-1, localizada nos Estados Unidos:

Route 2: us-east-1

```
Hop 1: 187.100.84.170 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 2: 152.255.178.56 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 3: 84.16.7.218 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
Hop 4: 213.140.43.206 - Telefonica International Wholesale Network - Madrid - Madrid/Spain [40.5149,-3.66524]
Hop 5: 216.184.113.139 - Telefonica Global Solutions SL - Miami - Florida/United States [25.7964,-80.38]
Hop 6: 52.93.236.51 - Amazon Technologies Inc. - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
Hop 7: 52.93.37.64 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
Hop 8: 52.93.28.244 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
Hop 9: 52.217.224.242 - Amazon.com, Inc. - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
```

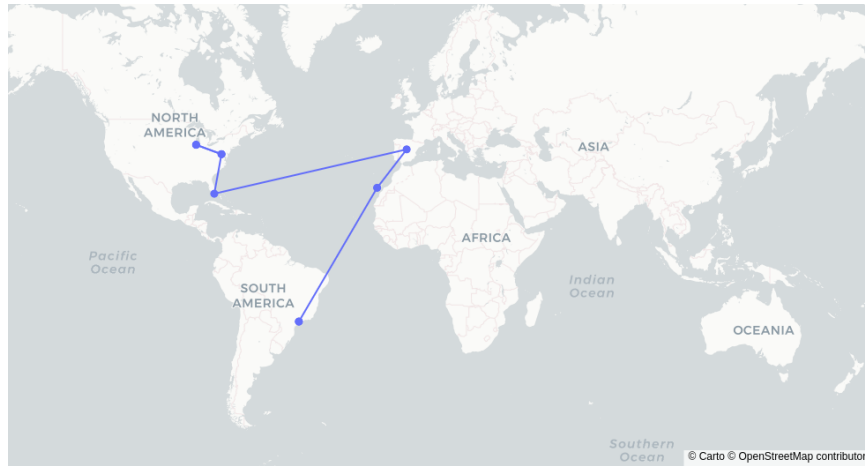



Figura 18: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região us-east-1 (150ms)

Route 2: us-east-1

Hop 2: 201.77.113.238 - Desktop Sigmanet Comunicação Multimídia SA - Sumaré - Sao Paulo/Brazil [-22.8213,-47.2616]
 Hop 3: 99.83.95.22 - Amazon.com - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 4: 52.93.236.229 - Amazon Technologies Inc. - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 5: 52.93.37.26 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
 Hop 6: 52.93.28.126 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
 Hop 7: 54.231.171.90 - Amazon.com, Inc. - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]



Figura 19: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região us-east-1 (134ms)

Route 2: us-east-1

Hop 1: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 2: 81.52.186.121 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 3: 193.251.129.124 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 4: 81.52.166.169 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8566,2.35222]
 Hop 5: 81.52.187.214 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 6: 52.216.177.254 - Amazon.com, Inc. - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]

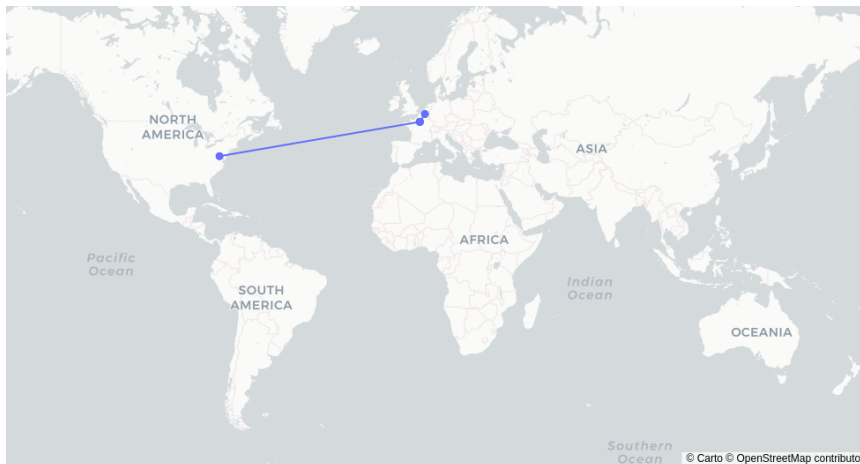


Figura 20: Rota utilizada para acessar a região us-east-1 a partir de Luxemburgo (113ms)

Aqui podemos ver mais claramente a diferença entre rotas adotadas pelos provedores. Enquanto o provedor 2 utiliza uma rota direta até os Estados Unidos, o provedor 1 opta por utilizar sua própria infra-estrutura passando pela Europa, ocasionando um tempo de resposta um pouco maior do que o obtido pelo provedor 2. No teste de Luxemburgo observamos uma rota direta até os Estados Unidos.

4.3.3 Rota 3: af-south-1

A região a ser acessada foi a af-south-1, localizada na África do Sul:

Route 3: af-south-1

```
Hop 1: 187.100.84.170 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 2: 152.255.178.56 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 3: 152.255.176.173 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 4: 84.16.7.218 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
Hop 5: 94.142.99.177 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.5156,-3.66234]
Hop 6: 213.140.49.81 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.4168,-3.70379]
Hop 7: 176.52.248.172 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.5147,-3.66333]
Hop 8: 213.140.50.127 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
Hop 9: 150.222.26.13 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
Hop 10: 52.93.17.125 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
Hop 11: 150.222.94.228 - Amazon Technologies Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]
Hop 12: 150.222.94.233 - Amazon Technologies Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]
Hop 13: 150.222.93.200 - Amazon Technologies Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]
Hop 14: 52.95.175.9 - Amazon.com, Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]
```

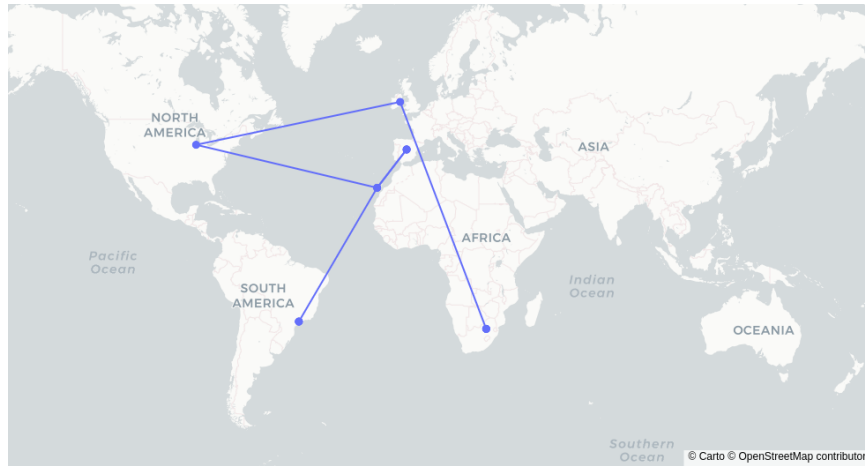


Figura 21: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região af-south-1 (350ms)

Route 3: af-south-1

Hop 2: 201.77.113.238 - Desktop Sigmanet Comunica??o Multim?dia SA - Sumaré - Sao Paulo/Brazil [-22.8213,-47.2616]
 Hop 3: 149.3.183.67 - TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A. - Rome - Lazio/Italy [41.8645,12.4965]
 Hop 4: 149.3.183.107 - TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A. - Rome - Lazio/Italy [41.8645,12.4965]
 Hop 5: 52.95.175.13 - Amazon.com, Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]

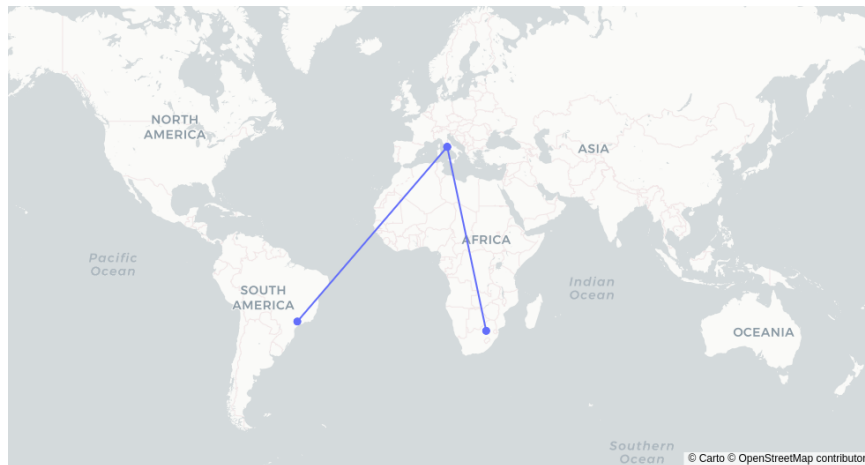


Figura 22: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região af-south-1 (250ms)

Route 3: af-south-1

Hop 1: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 2: 99.83.70.208 - Amazon.com - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 3: 150.222.98.51 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 4: 150.222.98.34 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 5: 52.95.175.13 - Amazon.com, Inc. - Johannesburg - Gauteng/South Africa [-26.2041,28.0473]

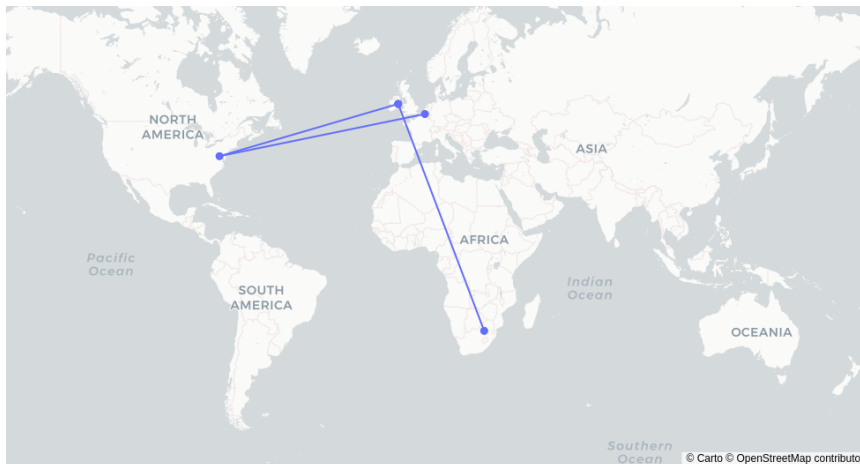


Figura 23: Rota utilizada para acessar a região af-south-1 a partir de Luxemburgo (285ms)

Aqui temos uma influência maior na escolha de rotas do provedor 1, tendo que ir até a Espanha, voltar aos Estados Unidos, para então seguir para Europa e África acabou resultando num atraso de 100ms em relação ao provedor 2, que utilizou uma rota mais direta, apesar de a maioria dos enlaces serem privados ou protegidos e não serem exibidos na lista. Nos testes de Luxemburgo observamos novamente um endereço da Amazon nos Estados Unidos sem aumento significativo no tempo de resposta, caso similar ao discutido anteriormente.

4.3.4 Rota 4: ap-northeast-1

A próxima região a ser acessada foi a ap-northeast-1, localizada no Japão:

Route 4: ap-northeast-1

```
Hop 1: 187.100.84.168 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
Hop 2: 152.255.181.64 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 3: 152.255.163.230 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
Hop 4: 84.16.7.218 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
Hop 5: 94.142.118.184 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.4168,-3.70379]
Hop 6: 66.110.72.30 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Miami - Florida/United States [25.7824,-80.1931]
Hop 7: 63.243.152.34 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Miami - Florida/United States [25.7824,-80.1931]
Hop 8: 63.243.152.62 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Miami - Florida/United States [25.7824,-80.1931]
Hop 9: 66.110.57.145 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Dallas - Texas/United States [32.8003,-96.8195]
Hop 10: 66.110.59.2 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Los Angeles - California/United States [34.0479,-118.255]
Hop 11: 64.86.252.33 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Los Angeles - California/United States [34.0479,-118.255]
Hop 12: 180.87.3.130 - TATA Communications - Toyohashi - Aichi/Japan [34.7689,137.392]
Hop 13: 180.87.181.206 - TATA Communications - Chiyoda - Tokyo/Japan [35.694,139.754]
Hop 14: 180.87.181.22 - TATA Communications - Chiyoda - Tokyo/Japan [35.694,139.754]
Hop 15: 150.222.90.35 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 16: 15.230.160.33 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 17: 15.230.129.161 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 18: 15.230.154.117 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 19: 52.219.9.18 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
```



Figura 24: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região ap-northeast-1 (300ms)

Route 4: ap-northeast-1

```
Hop 2: 4.68.110.158 - Level 3 Communications, Inc. - Monroe - Louisiana/United States [32.5896,-92.0669]
Hop 3: 66.110.72.46 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Miami - Florida/United States [25.7824,-80.1931]
Hop 4: 66.110.57.145 - TATA COMMUNICATIONS (AMERICA) INC - Dallas - Texas/United States [32.8003,-96.8195]
Hop 5: 180.87.3.130 - TATA Communications - Toyohashi - Aichi/Japan [34.7689,137.392]
Hop 6: 180.87.181.206 - TATA Communications - Chiyoda - Tokyo/Japan [35.694,139.754]
Hop 7: 52.93.251.209 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 8: 150.222.90.23 - Amazon Technologies Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 9: 52.95.30.208 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
Hop 10: 52.219.68.167 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
```

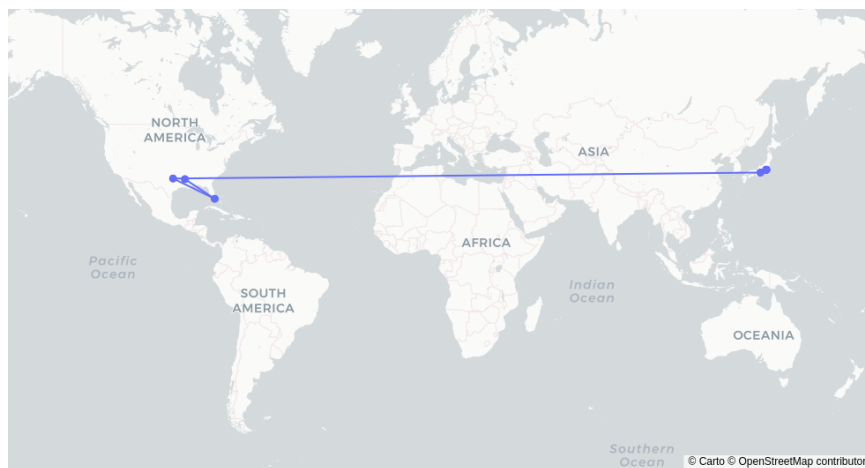


Figura 25: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região ap-northeast-1 (310ms)

Route 4: ap-northeast-1

Hop 2: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 3: 81.52.186.121 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 4: 193.251.129.124 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 5: 81.52.166.54 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8566,2.35222]
 Hop 6: 81.52.186.166 - Orange S.A. - Palo Alto - California/United States [37.4419,-122.143]
 Hop 7: 52.95.31.31 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
 Hop 8: 52.95.31.165 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
 Hop 9: 52.95.31.168 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]
 Hop 10: 52.95.31.98 - Amazon.com, Inc. - Tokyo - Tokyo/Japan [35.6895,139.692]

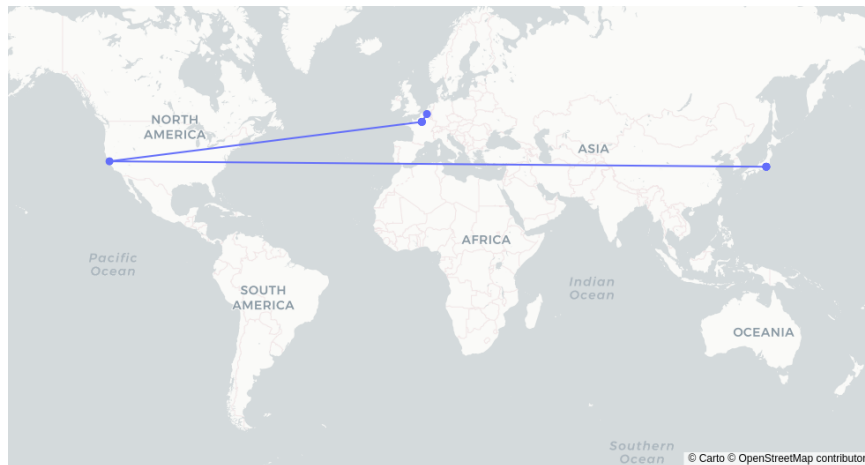


Figura 26: Rota utilizada para acessar a região ap-northeast-1 a partir de Luxemburgo (498ms)

Especificamente neste teste, por uma limitação da biblioteca utilizada para exibição das rotas, não foi possível exibir o último trecho passando pelo pacífico e ligando os Estados Unidos ao Japão, então temos esse último trecho cruzando o mapa. No caso do provedor 2, a rota se inicia nos Estados Unidos pois o primeiro enlace utilizado no Brasil era de um intervalo privado do provedor, não sendo possível obter dados geográficos sobre ele. Tendo em mente estas restrições, temos que novamente o provedor 1 utiliza sua infraestrutura própria passando pela Espanha antes de ir aos Estados Unidos, mas desta vez não houve uma grande diferença de latência entre as duas rotas. O teste realizado a partir de Luxemburgo, no entanto, apresenta uma latência um pouco maior.

4.3.5 Rota 5: eu-west-1

A seguir temos a região eu-west-1, localizada na Irlanda:

Route 5: eu-west-1

Hop 1: 187.100.84.170 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
 Hop 2: 152.255.181.68 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
 Hop 3: 84.16.7.218 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
 Hop 4: 94.142.99.177 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.5156,-3.66234]
 Hop 5: 213.140.49.81 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.4168,-3.70379]
 Hop 6: 176.52.248.172 - Telefonica Global Solutions SL - Madrid - Madrid/Spain [40.5147,-3.66333]

Hop 7: 213.140.50.127 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
 Hop 8: 150.222.26.7 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
 Hop 9: 52.93.17.83 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 10: 52.218.36.155 - Amazon.com, Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]

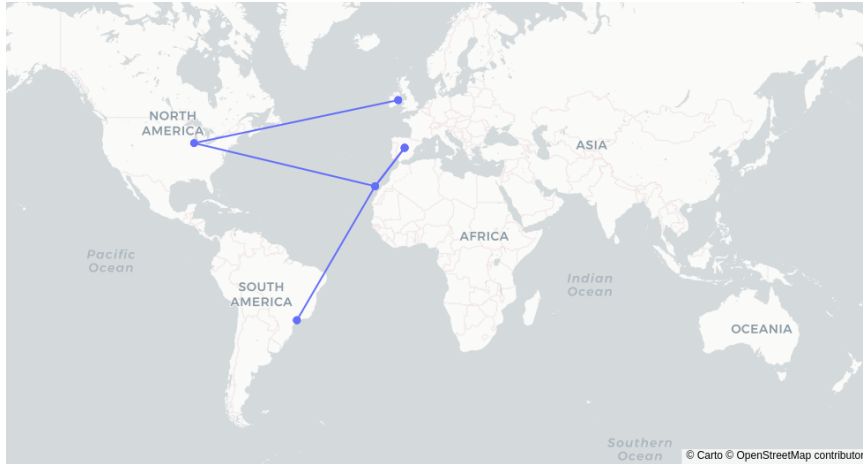


Figura 27: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região eu-west-1 (249ms)

Route 5: eu-west-1

Hop 2: 201.77.113.238 - Desktop Sigmanet Comunica??o Multim?dia SA - Sumaré - Sao Paulo/Brazil [-22.8213,-47.2616]
 Hop 4: 149.3.183.105 - TELECOM ITALIA SPARKLE S.p.A. - Rome - Lazio/Italy [41.8645,12.4965]
 Hop 5: 52.218.36.115 - Amazon.com, Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]



Figura 28: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região eu-west-1 (237ms)

Route 5: eu-west-1

Hop 1: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]

Hop 2: 99.83.70.208 - Amazon.com - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 3: 150.222.98.49 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 4: 150.222.98.32 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 5: 52.92.32.98 - Amazon.com, Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]

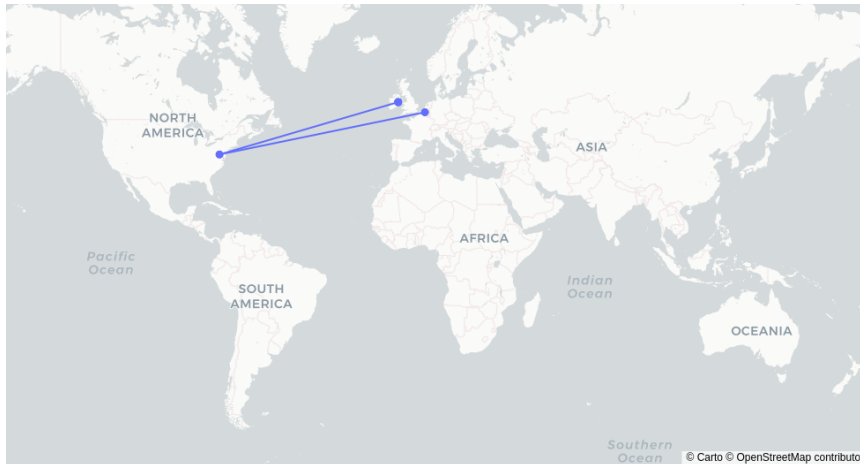


Figura 29: Rota utilizada para acessar a região eu-west-1 a partir de Luxemburgo (84ms)

Nesta rota novamente vemos a diferença entre as infra-estruturas, ocasionando numa latência um pouco maior para o provedor 1, mas ainda dentro do esperado. Não tivemos problemas na exibição das rotas em nenhum dos 2 provedores. Observamos também um tempo de resposta em torno de 240ms, similar ao observado ao acessar a região sa-east-1 a partir de Luxemburgo, onde aqui observamos novamente um caso de inconsistência na fonte de geolocalização com os endereços da Amazon, já que o tempo de resposta de 84ms é muito baixo para um pacote ir até os EUA e voltar, que podemos comparar com o tempo de 113ms observado no teste de Luxemburgo até us-east-1.

4.3.6 Rota 6: ap-southeast-2

A ultima região que testamos acesso diretamente foi a ap-southeast-2, localizada na Austrália, nesta rota, a rota exibida pelo provedor 2 ficou um pouco inconclusiva devido a maioria de seus enlaces serem privados ou protegidos, como veremos a seguir:

Route 6: ap-southeast-2

Hop 1: 187.100.84.170 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
 Hop 2: 84.16.7.218 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
 Hop 3: 94.142.98.83 - Telefonica Global Solutions SL - Seattle - Washington/United States [47.6034,-122.3414]
 Hop 4: 84.16.15.92 - Telefonica International Wholesale Network - Madrid - Madrid/Spain [40.5156,-3.66234]
 Hop 5: 213.140.35.126 - Telefonica International Wholesale Network - Madrid - Madrid/Spain [40.5149,-3.66524]
 Hop 6: 213.140.50.207 - Telefonica International Wholesale Network - Agüimes - Canary Islands/Spain [27.9018,-15.4463]
 Hop 7: 52.95.37.226 - Amazon Technologies Inc - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]
 Hop 8: 52.95.39.250 - Amazon Technologies Inc - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]
 Hop 9: 52.95.39.235 - Amazon Technologies Inc - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]
 Hop 10: 52.95.128.126 - Amazon.com, Inc. - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]

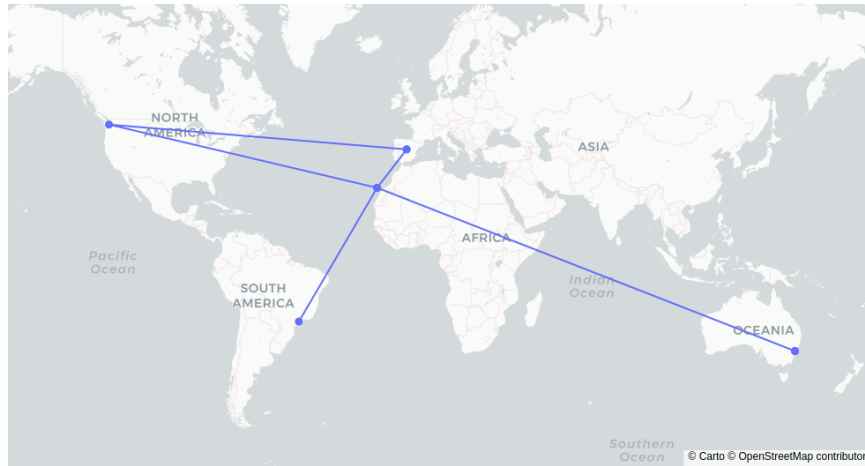


Figura 30: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a região ap-southeast-2 (357ms)

Route 6: ap-southeast-2

Hop 0: 52.95.131.46 - Amazon.com, Inc. - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]
 Hop 3: 99.82.180.186 - Amazon.com - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 4: 52.95.39.65 - Amazon Technologies Inc - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]
 Hop 5: 52.95.131.46 - Amazon.com, Inc. - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]

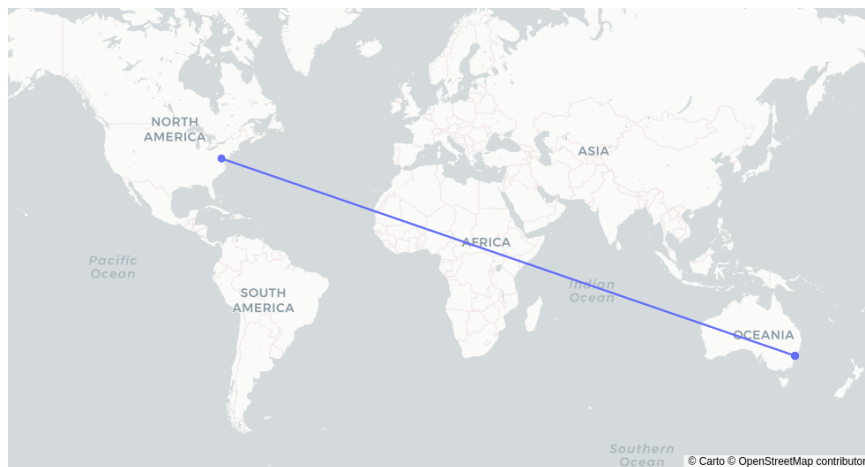


Figura 31: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a região ap-southeast-2 (417ms)

Route 6: ap-southeast-2

Hop 2: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 3: 81.52.186.121 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 4: 193.251.129.124 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 5: 193.251.133.23 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]

Hop 6: 81.52.166.236 - Orange S.A. - Paris - Île-de-France/France [48.8566,2.35222]
 Hop 7: 81.52.200.177 - Orange - Paris - Île-de-France/France [48.8621,2.35903]
 Hop 8: 193.251.128.14 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 9: 193.251.128.40 - France Telecom - Bagnolet - Île-de-France/France [48.8686,2.41473]
 Hop 10: 193.251.247.86 - France Telecom - Paris - Île-de-France/France [48.8627,2.35976]
 Hop 11: 52.95.129.118 - Amazon.com, Inc. - Sydney - New South Wales/Australia [-33.8591,151.2002]



Figura 32: Rota utilizada para acessar a região ap-southeast-2 a partir de Luxemburgo (668ms)

Apesar de termos latências no geral condizentes com a distância até o destino, não foi possível identificar o motivo do provedor 2 ter levado um tempo maior para esta região, pois o retorno exibido pelo traceroute apresentou muitos nós privados ou sem informação para podermos coletar os dados geográficos. Para o provedor 1, apesar da inconsistência na base de dados de geolocalização já observada anteriormente, podemos ver os principais pontos da rota. No teste de Luxemburgo novamente observamos uma latência maior do que as outros testes.

4.3.7 Rota 7: CDN

Finalmente, realizamos o mesmo teste utilizando o endereço da CDN:

Route 7: cdn

Hop 1: 187.100.84.168 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
 Hop 2: 152.255.178.54 - Vivo - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5558,-46.6396]
 Hop 3: 52.93.146.139 - Amazon Technologies Inc. - Chicago - Illinois/United States [41.8781,-87.6298]
 Hop 4: 150.222.70.147 - Amazon Technologies Inc. - São Paulo - São Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]
 Hop 5: 65.8.212.205 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]



Figura 33: Rota utilizada pelo Provedor 1 (Vivo) para acessar a CDN (38ms)

Route 7: cdn

Hop 2: 201.77.113.238 - Desktop Sigmanet Comunicação Multimídia SA - Sumaré - Sao Paulo/Brazil [-22.8213,-47.2616]
 Hop 6: 13.227.127.191 - Amazon.com, Inc. - São Paulo - Sao Paulo/Brazil [-23.5505,-46.6333]



Figura 34: Rota utilizada pelo Provedor 2 (Desktop) para acessar a CDN (8ms)

Route 7: cdn

Hop 1: 212.65.33.233 - be.mobistar - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.876,4.41458]
 Hop 2: 99.83.70.208 - Amazon.com - Ashburn - Virginia/United States [39.0438,-77.4874]
 Hop 3: 150.222.98.53 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 4: 150.222.98.7 - Amazon Technologies Inc. - Dublin - Leinster/Ireland [53.3498,-6.26031]
 Hop 5: 13.225.239.28 - Amazon.com, Inc. - Brussels - Brussels Capital/Belgium [50.8503,4.35171]

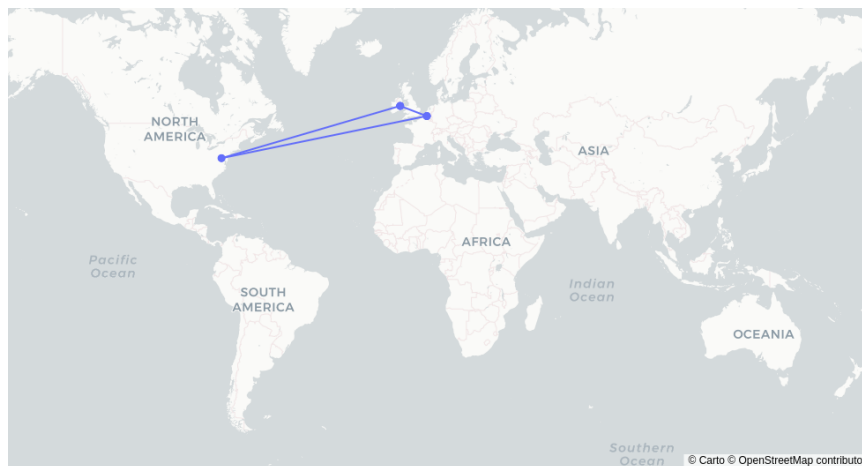


Figura 35: Rota utilizada para acessar a região CDN a partir de Luxemburgo (62ms)

Com este último teste, observamos um resultado bem similar com o obtido na região sa-east-1, mostrando que a CDN configurada na AWS adota a região mais próxima da localização de onde está partindo a requisição, após serem gerados os caches e réplicas necessários. Podemos ver então que a CDN redirecionou para um endereço em São Paulo em ambas as rotas, conforme esperado.

No teste realizado a partir de Luxemburgo, observamos que ao realizarmos uma consulta na CDN, vemos que esta aponta para um servidor de cache localizado na Bélgica, exibindo resultados similares aos observados na região eu-west-1, a mais próxima geograficamente da origem neste caso.

5 Conclusão

Neste trabalho foi realizado um estudo da ferramenta de CDN oferecida pela AWS, o Amazon Cloudfront. O objetivo deste estudo foi analisar os ganhos de performance obtidos ao utilizar uma CDN em um servidor ou aplicação web, quando comparados a um acesso direto aos arquivos.

Nas análises realizadas neste trabalho, foi observado um ganho de performance de até 70% em tempo de acesso aos arquivos, oferecendo uma grande vantagem quando acessados através de longas distâncias, devido ao sistema de cache utilizado. No entanto, foi possível observar que pode haver também um pequeno overhead quando o acesso é realizado da mesma região de onde estão hospedados os arquivos. O motivo disso está em que a CDN utiliza de uma cache para trazer o arquivo que está hospedado em uma região distante da origem da requisição para um região mais próxima dessa origem. Caso o a requisição venha da mesma região onde está hospedado o arquivo, a CDN é apenas uma etapa lógica a mais em relação ao acesso direto, explicando esse pequeno overhead notado.

Já nas análises de rotas, foi possível entender um pouco melhor como o CDN opera, ao invés de realizar um acesso direto com pacotes percorrendo uma rota considerável e com vários hops, a CDN sempre redireciona para a região mais próxima de onde a requisição

está sendo realizada, garantindo com isso que o tempo de resposta seja o menor possível, independente de qual região esteja sendo acessado.

No geral, foi possível concluir que apesar da mínima perda de performance em acessos na mesma região, o uso de uma CDN proporciona um ganho de performance significativo na grande maioria dos cenários. Com isso, se torna praticamente obrigatória a sua implementação em qualquer cenário que envolva o acesso e distribuição de conteúdo online, que compõe a grande maioria dos sites e servidores atualmente.

Referências

- [1] S. Dixon, *Media usage in an Internet Minute as of August 2021*, <https://www.statista.com/statistics/195140/> (Apr 28, 2022)
- [2] J. F. Kurose and K. W. Ross, *Computer Networking: A Top-Down Approach - 6th Ed*, Addison-Wesley, 602–608 (2013).
- [3] Amazon Cloudfront, <https://aws.amazon.com/cloudfront/>
- [4] Amazon Simple Storage Service (S3), <https://aws.amazon.com/s3/>
- [5] IP-API, <https://ip-api.com>
- [6] Plotly, <https://plotly.com/python/>
- [7] AWS Content Delivery Network, <https://aws.amazon.com/pt/what-is/cdn/>
- [8] IPLocation, <https://www.iplocation.net/ip-lookup>