

RIPE NCC

Relatório da Internet: Europa Mediterrânea

Junho 2021



Introdução

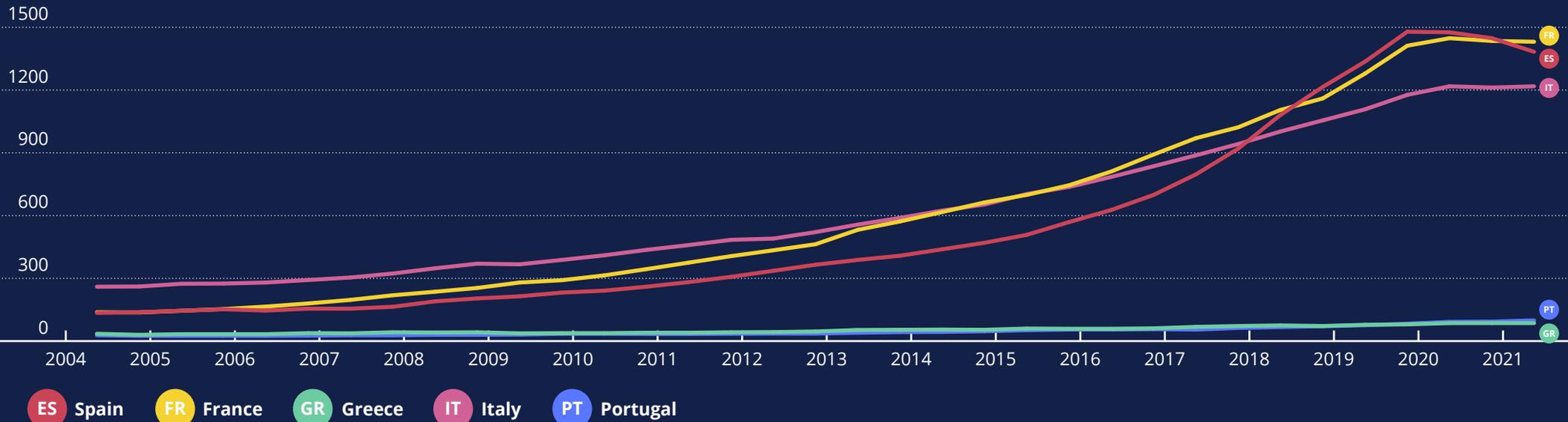
A Internet é uma rede global de redes. No entanto a relação de cada país com ela é diferente. Este relatório fornece uma perspectiva sobre o estado atual da Internet na Europa mediterrânea. Oferecemos uma análise do panorama de mercado da região e do seu estado de desenvolvimento, examinamos o encaminhamento da Internet na região, analisamos de perto o seu acesso ao sistema global de nomes de domínio e investigamos as suas ligações à Internet global. Esta análise baseia-se no que podemos observar a partir das ferramentas de medição do RIPE NCC, bem como de algumas fontes de dados externas.

Centramos as atenções em cinco países diferentes da região de serviço da RIPE NCC – Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia – e apresentamos uma análise abrangente do desenvolvimento da Internet na região e do potencial de crescimento futuro, a fim de informar a discussão, fornecer conhecimentos técnicos e facilitar a troca de informações e melhores práticas relativamente a desenvolvimentos relacionados com a Internet nesta parte do mundo. (Note-se que não incluímos os países ao longo da costa oriental do Mar Adriático, uma vez que foram abrangidos pelo Relatório de País do Sudeste da Europa RIPE NCC em 2020.) Este é o sétimo relatório de país que o RIPE NCC produziu como parte de um esforço contínuo para apoiar o desenvolvimento da Internet em toda a nossa região de serviços, disponibilizando os nossos dados e conhecimentos às comunidades técnicas locais e aos decisores.

Destaques

- t Todos estes cinco países mostram um elevado nível de desenvolvimento da Internet, concorrência saudável no mercado e uma infraestrutura de Internet robusta e resiliente
- t Embora a escassez do IPv4 seja menos problemática nesta região do que noutras partes do mundo, ainda é necessária uma maior implementação do IPv6 para atingir as metas de conectividade em toda a UE, bem como o crescimento futuro
- t O nível de implementação do IPv6 varia muito na região, com vários países na vanguarda, enquanto outros ficam significativamente atrás
- t O encaminhamento nos cinco países é geralmente bastante otimizado, embora existam algumas anomalias suficientemente significativas para afetar os tempos de resposta
- t Os cinco países têm um número diversificado de rotas que os ligam ao resto da Internet global

Figura 1:
Número de Local Internet Registries ao longo do tempo



O Mercado da Europa Mediterrânica e Oportunidade de Crescimento

O Panorama do Mercado

Os países incluídos neste relatório abrangem uma vasta gama de dimensões geográficas, populações e PIBs. Como resultado, os seus panoramas da Internet também diferem uns dos outros. No entanto, como parte da União Europeia (UE), todos os cinco países têm alguns objetivos comuns em matéria de TCI, tais como as metas de banda larga da UE para 2025,¹ e, em grande medida, partilham um quadro regulamentar comum, fazendo parte do mercado interno da UE.

Todos os cinco países têm uma longa história de crescimento e desenvolvimento da Internet e, embora

os fornecedores estabelecidos mantenham uma grande presença, os mercados evoluíram para serem bastante abertos e competitivos, proporcionando um bom nível de escolha para as empresas e consumidores. Estes países beneficiam de infraestruturas robustas e de altas taxas de penetração da Internet. Alguns dos fornecedores desta região são atores globais, como o Grupo Orange de França, que tem uma presença significativa em toda a Europa, Médio Oriente e África. Na altura da redação, quatro dos cinco países lançaram redes 5G, com a exceção de Portugal.²

Número de Fornecedores e Outras Organizações a Gerir as suas Próprias Redes

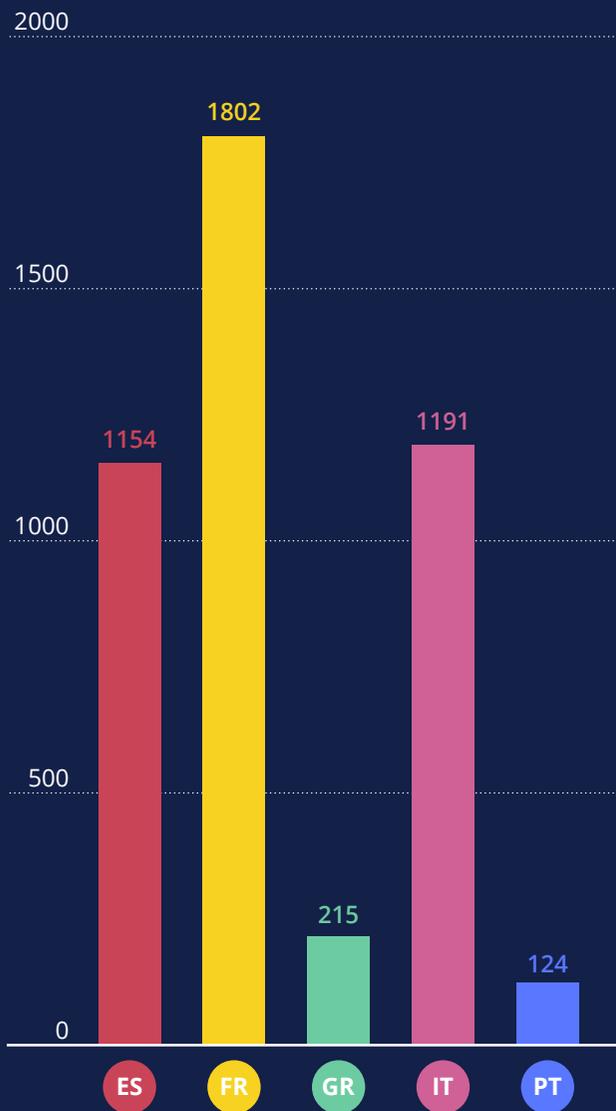
Enquanto Regional Internet Registry para a Europa Mediterrânica, o RIPE NCC pode acompanhar o desenvolvimento da Internet local ao longo do tempo através do crescimento do número de membros do RIPE NCC e dos

Local Internet Registries (LIRs). Embora o crescimento nos três países maiores - Espanha, França e Itália - seja mais óbvio (e mesmo, maior) na figura 1, as diferenças não são tão notórias quando se olha para o crescimento percentual (em vez de números absolutos) na Grécia e em Portugal, que ainda mostraram um aumento significativo no número de LIRs.

É interessante notar que o número de LIRs em Espanha, depois de ter disparado entre 2016 e 2020, começou na realidade a diminuir após 2020. Mesmo assim, o número mantém-se ao nível dos da França e Itália, embora a população de Espanha seja significativamente mais pequena do que nesses dois países. Em geral, um maior número de redes sinaliza frequentemente um mercado mais diversificado, com um maior número de fornecedores de serviços a operarem as suas próprias redes; no entanto, nem sempre é este o caso.

¹ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>
² Observatório Europeu do 5G

Figura 2:
Número de redes



Membros do RIPE NCC e Local Internet Registries (LIRs)

Os membros do RIPE NCC incluem fornecedores de serviços Internet, fornecedores de alojamento de conteúdos, agências governamentais, instituições académicas e outras organizações que gerem as suas próprias redes na região de serviço do RIPE NCC na Europa, Médio Oriente e Ásia Central. O RIPE NCC distribui espaço de endereços Internet a estes membros, que podem ainda atribuir endereços IP aos seus próprios utilizadores finais. É possível aos membros abrirem mais do que uma conta, chamada Local Internet Registry (LIR).

Durante muito tempo, a maioria dos membros do RIPE NCC eram grandes fornecedores de serviços e acesso à Internet. Mais recentemente, no entanto, assistimos a um aumento significativo de outros tipos de organizações que requerem endereços IP para gerir as suas próprias redes, incluindo fornecedores de alojamento, agências governamentais, universidades, empresas, etc. Isto permitiu que mais organizações exercessem mais controlo sobre os seus recursos de endereços Internet e as formas como encaminham o seu tráfego. Como resultado, um aumento do número de LIRs não se traduz necessariamente num aumento do número de fornecedores de acesso à Internet.

Além disso, é possível que a mesma organização possua várias contas LIR. Esta prática tornou-se uma tendência significativa após 2012, quando a quantidade de espaço de endereços IPv4 a ser alocada foi restringida à medida que o restante espaço de endereços IPv4 se tornou cada vez mais pequeno (como explicado com mais detalhe na secção IPv4 abaixo). De facto, vemos isto a acontecer na Europa Mediterrânica – especialmente em Espanha, onde 175 LIRs fecharam entre o início de 2020 e a altura da redação, 93 das quais eram “contas adicionais” (as pertencentes a membros com mais de uma conta cada). Durante o mesmo período, apenas 81 novos LIRs foram abertos em Espanha, criando uma tendência descendente em termos de crescimento global. No total, Espanha tem 242 contas

LIR “adicionais”, França tem 168, a Itália tem 77, Portugal tem 16 e a Grécia tem 5.

Crescimento e Diversidade da Rede

Em geral, um maior número de Local Internet Registries corresponde a um maior número de redes operadas independentemente, denominadas Sistemas Autónomos, cada uma das quais representada por um Autonomous System Number, ou ASN. (Um Sistema Autónomo é um grupo de redes IP que são geridas de acordo com uma política de encaminhamento única e claramente definida. Existem atualmente cerca de 70 000 ASNs ativos na Internet.)

O número de redes num determinado país é uma indicação da maturidade do mercado. Quanto maior for a diversificação, mais oportunidades existem de interconexão entre redes, o que aumenta a resiliência.

O RIPE NCC é responsável pela alocação (allocation) de ASNs na sua região. Esta situação proporciona-nos um conhecimento único da distribuição e implementação destas redes através da Internet. Mais uma vez, vemos os países maiores a dominarem aqui, embora com resultados ligeiramente diferentes dos que vimos no número de LIRs. Embora a Itália tenha cerca de 90% da população de França, tem apenas cerca de 66% do número de redes da França. E, embora Grécia e Portugal tenham populações comparáveis, a Grécia tem muito mais redes do que Portugal.

Curiosamente, a diversidade nas redes que vemos nestes cinco países não se traduz diretamente em mais concorrência e preços de acesso mais baixos. Em termos de preços de banda larga móvel, pelo menos, a Itália é um dos seis países menos caros da UE, enquanto França é um dos 11 países da UE considerados “relativamente baratos”. Espanha, Grécia e Portugal são três dos sete países da UE que se enquadram na categoria “relativamente caros”. Nenhum dos cinco países é considerado “caro” pelos padrões da UE.³

³ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-connectivity>

Figura 3:
Allocations e assignments de IPv4

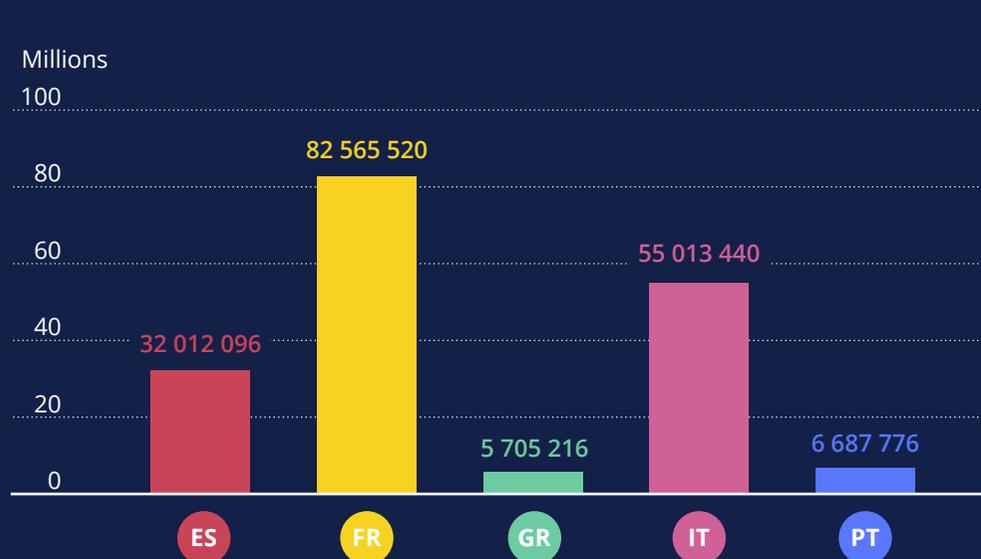
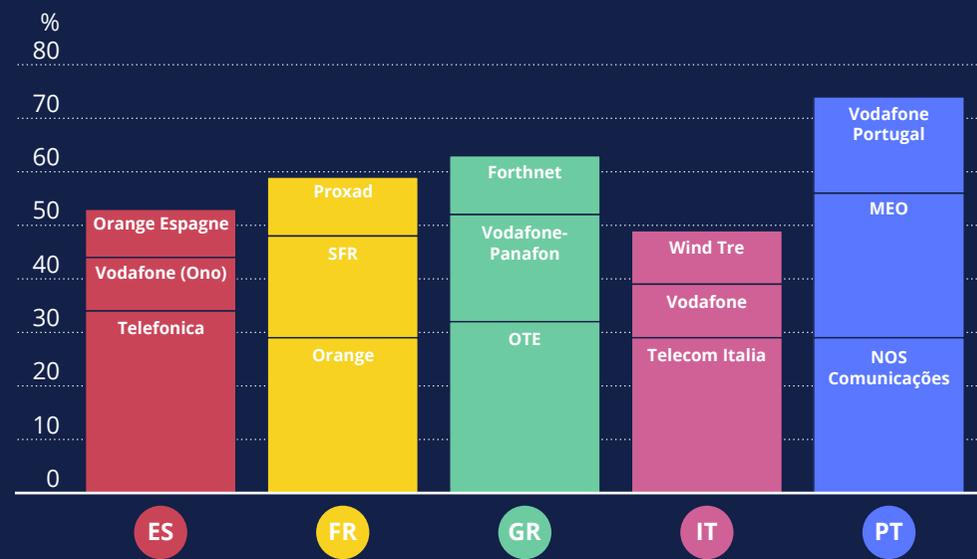


Figura 4:
Allocations e assignments de IPv4 por organização



Espaço de Endereços IPv4 na Europa Mediterrânica

Até 2012, os membros do RIPE NCC podiam receber maiores quantidades de espaço de endereços IPv4 com base na necessidade demonstrada. Quando o RIPE NCC atingiu o último /8 do espaço de endereços IPv4 em 2012, a comunidade RIPE instituiu uma política que permite aos novos LIRs receberem uma pequena allocation de endereços IPv4 (1024 endereços) a fim de os ajudar a fazer a transição para o IPv6, o protocolo da próxima geração que inclui endereços IP suficientes para o futuro previsível. Em novembro de 2019, o RIPE NCC fez a última destas allocations e agora existe um sistema pelo qual as organizações que nunca receberam IPv4 do RIPE NCC podem receber uma allocation ainda mais pequena de um conjunto de espaço de endereços recuperado (ocasionalmente, as contas dos membros são fechadas e o espaço de endereços é devolvido ao RIPE NCC).

De facto, nenhum dos cinco países incluídos neste relatório continuou a acumular qualquer quantidade significativa de espaço de endereços IPv4 após 2012. Mesmo até essa altura, vimos muito pouco crescimento na quantidade de espaço IPv4 em Portugal e na Grécia, enquanto que houve um crescimento moderado em Espanha, um crescimento significativo em Itália e a maior taxa de crescimento em França – tudo o que vemos hoje refletido nas allocations e assignments de IPv4 de cada país. Note-se que mesmo em países onde um grande número de organizações abriu contas LIR adicionais para receber mais allocations IPv4, as quantidades foram tão pequenas que não aumentaram significativamente o total de allocations e assignments de IPv4 dos países.

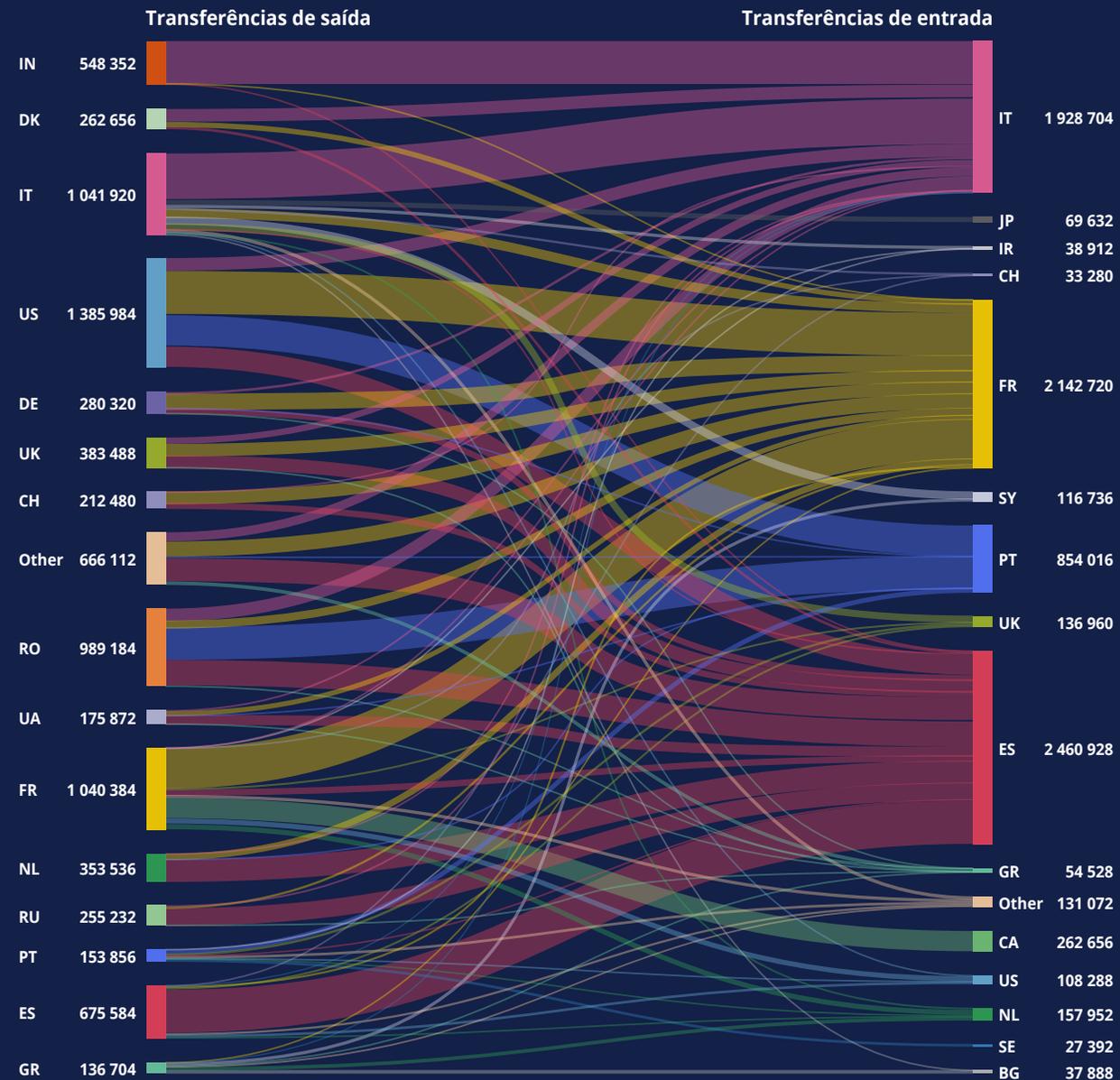
Observamos também uma quantidade bastante elevada de consolidação do IPv4; em cada um dos cinco países, entre 50% e 75% dos endereços IPv4 são detidos por apenas três organizações. Embora tenha sido difícil obter dados claros

e consistentes sobre a quota de mercado, acreditamos que estas conclusões são geralmente representativas na medida em que estes fornecedores detêm uma quota significativa dos mercados de acesso à Internet nestes países. A figura 4 mostra as organizações com as três maiores quantidades de IPv4 em cada país.

Mercado Secundário do IPv4

Para satisfazer a procura de mais espaço de endereços IPv4, surgiu nos últimos anos um mercado secundário, com o IPv4 a ser comprado e vendido entre diferentes organizações. O RIPE NCC não desempenha qualquer papel nestas transações financeiras, assegurando apenas que a RIPE Database – o registo de qual espaço de endereço foi registado para que membros do RIPE NCC – se mantém o mais precisa possível.

Figura 5:
Transferências IPv4 entre, para dentro e para fora de cada país da Europa Mediterrânea entre dezembro de 2016 e maio de 2021



Na medida em que a procura de IPv4 continua apesar da diminuição do espaço disponível, muitos fornecedores e outras organizações voltaram-se para o mercado secundário. A figura 5 mostra as transferências IPv4 que tiveram lugar entre, para dentro e para fora de cada país da região desde que o mercado se tornou ativo.

Vemos um mercado secundário ativo nesta parte do mundo, com endereços IPv4 a serem transferidos tanto de como para cada um dos cinco países. Sem surpresa, o mercado é dominado pelos três países maiores, Espanha, França e Itália, todos eles incluindo um grande número de transferências nacionais (em que os endereços são transferidos entre duas partes no mesmo país). As maiores organizações destinatárias foram:

- t OVH SAS (França): 917 504 endereços
- t Vodafone Portugal: 720 896 endereços
- t Vodafone Espanha: 646 144 endereços
- t Sky Italia: 524 288 endereços
- t Orange Espanha: 489 216 endereços

Digno de nota é uma transferência /13 da Índia para Itália (524 288 endereços) que teve lugar entre a Reliance Communications Limited e a Sky Italia em agosto de 2018. Embora a natureza comercial desta transação seja desconhecida, a Reliance Communications declarou falência em fevereiro de 2019.⁴ No entanto, a quantidade de IPv4 transferida para cada um dos cinco países constitui apenas uma pequena fração do seu total de allocations e assignments de IPv4, pelo que nenhum deles depende significativamente do mercado secundário IPv4.

Penetração da Internet e Potencial de Crescimento Futuro

Todos os cinco países incluídos neste relatório têm quantidades relativamente grandes de espaço IPv4 para as suas populações. Em França, especialmente, vemos o caso invulgar de haver mais endereços IPv4 do que habitantes,

⁴ <https://www.reuters.com/article/rcom-debt/rcom-goes-to-bankruptcy-court-to-resolve-debt-burden-idINKCN1PQ4WT?edition-redirect=in>

Figura 6:
Percentagem de agregados familiares com acesso à Internet

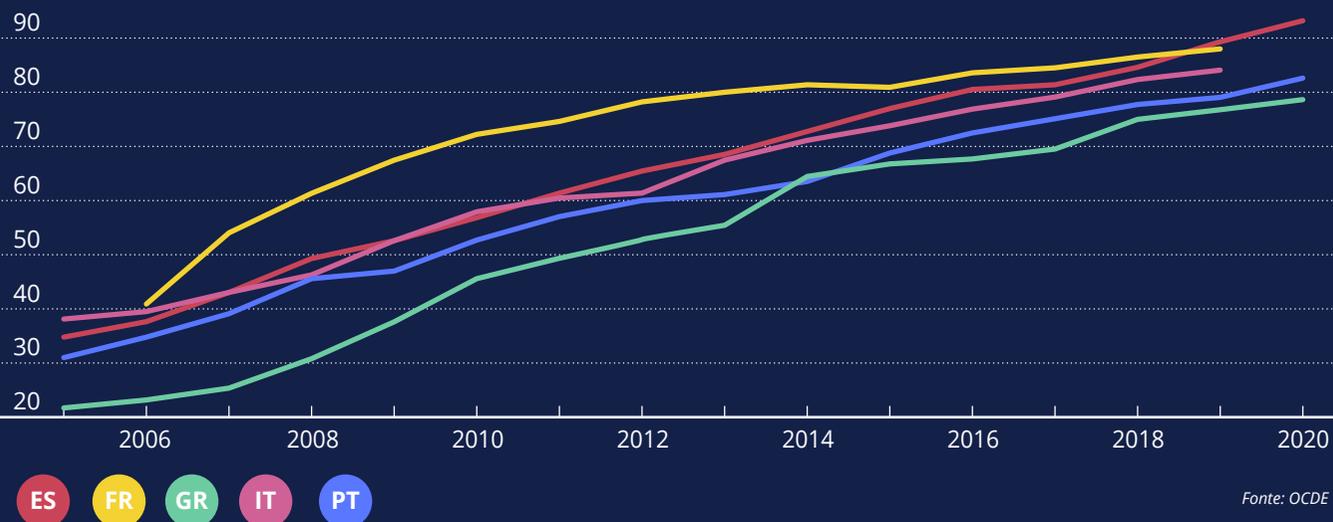


Figura 7:
Subscrições de banda larga fixa por 100 pessoas ao longo do tempo



com 1,2 endereços per capita. Nos outros países, este valor varia de 0,9 em Itália a 0,5 na Grécia, com Espanha e Portugal a situarem-se no meio, cada um com 0,7 endereços per capita. Esta é uma a duas ordens de magnitude de endereços IPv4 per capita a mais do que vimos em alguns outros países da região de serviço do RIPE NCC, e pode provavelmente ser atribuída ao desenvolvimento inicial da Internet que teve lugar na Europa Mediterrânica em comparação com muitas outras partes do mundo.

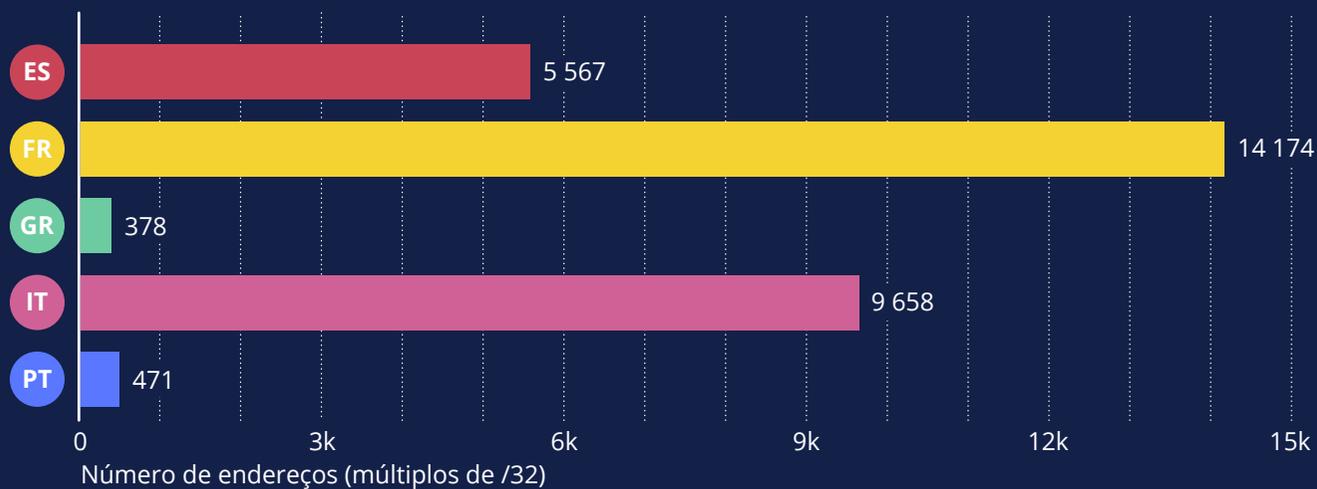
Com rácios tão elevados de endereços-para-população em toda a região, deveria ser possível uma cobertura de conectividade de primeira classe para as populações destes países. De facto, isto é o que vemos na figura 6. Embora Portugal e a Grécia tenham algumas das taxas mais baixas de acesso à Internet na UE, estas percentagens ainda são muito elevadas à escala global, e vemos que os cinco países continuam a melhorar a conectividade.

Curiosamente, as tarifas para subscrições de banda larga não seguem o mesmo padrão. Embora Espanha tenha as pontuações mais altas no acesso à Internet, Grécia e Portugal têm taxas de subscrições de banda larga per capita mais elevadas do que Espanha (ou Itália). Isto explica-se provavelmente, pelo menos em parte, pelo facto de a Espanha e a Itália terem a maioria das subscrições móveis per capita, sugerindo que as pessoas nesses países dependem mais dos seus dispositivos móveis para a conectividade à Internet do que das subscrições de banda larga fixa.

Figura 8:
Subscrições móveis por 100 pessoas ao longo do tempo



Figura 9:
Allocations e assignments de IPv6



Em particular, o número de subscrições móveis em Itália pode ser atribuído, pelo menos parcialmente, aos seus preços baratos de banda larga móvel (como mencionado anteriormente). Todos os cinco países têm taxas elevadas de subscrição móvel, com uma média superior a uma por pessoa, embora a maioria recaia na extremidade inferior da média da UE. Vemos um ligeiro declínio em Itália nos últimos anos, possivelmente sinalizando saturação do mercado. Vemos também Portugal a destacar-se em termos de crescimento da banda larga nos últimos 7-8 anos. Isto pode ser devido, pelo menos em parte, a um esforço concertado por parte do seu regulador e das suas principais operadoras, que investiram em infraestruturas partilhadas num esforço conjunto para expandir a cobertura.⁵

Embora todos os cinco países tenham grandes quantidades de espaço de endereços IPv4, as elevadas taxas de subscrições móveis significam que as operadoras móveis, em particular, dependem provavelmente de técnicas de partilha de endereços para servir o seu crescente número de clientes. As soluções técnicas que permitem que vários utilizadores partilhem um único endereço IP, tais como a carrier-grade network address translation (CGN), são amplamente utilizadas na conectividade de banda larga móvel. No entanto, existem inconvenientes bem documentados para as tecnologias de partilha de endereços, e a implementação do IPv6 continua a ser a única estratégia sustentável para acomodar o crescimento futuro e alcançar a meta da UE de equipar cada agregado familiar europeu com uma ligação de 100 Mbps até 2025⁶ – para não falar do apoio a tecnologias emergentes, como o 5G, a Internet das Coisas e mais.

O IPv6 na Europa Mediterrânica

Quando se trata de allocations e assignments de IPv6, os cinco países apresentam um padrão semelhante ao que vimos com o IPv4. França domina a região, seguida pela Itália e Espanha, com Portugal e Grécia a ocuparem apenas uma fração do espaço que estes países maiores têm.

⁵ Artigo de fundo da ITU: *Partilha de infraestruturas e co-desenvolvimento na Europa: boas práticas baseadas na regulamentação colaborativa*

⁶ <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/broadband-strategy-policy>

Figura 10:
Allocations e assignments de IPv6 por organização



Em termos de distribuição dentro dos países, a figura 10 mostra as organizações com as três maiores quantidades de IPv6 em cada país. Tanto em França como em Itália, um único fornecedor representa uma grande fração (58% e 42%, respetivamente) dos endereços IPv6, enquanto que vemos uma distribuição muito mais uniforme em Portugal e na Grécia. Ao contrário do IPv4, os endereços IPv6 estão amplamente disponíveis (embora grandes allocations sejam baseadas em necessidades demonstradas), pelo que o açambarcamento não é importante aqui. Vale a pena notar que só porque as organizações detêm grandes quantidades de espaço de endereços IPv6 não significa que tenham realmente implementado o IPv6 e que os endereços estejam a ser utilizados. Algumas redes podem conter uma grande quantidade de espaço de endereços sem a utilizar (possivelmente tendo apresentado planos para crescimento futuro ao solicitar grandes allocations), enquanto outras podem ter implementado o IPv6 em redes inteiras e ser capazes de servir toda a sua base de clientes com uma allocation relativamente pequena. Este é o caso da Sky Italia, por exemplo, que detém apenas 1,33% dos endereços IPv6 registados em Itália, mas conseguiu mais de 90% de implementação dentro da sua rede.

Figura 11:
Taxas de implementação do IPv6



Fontes: Akamai: <https://www.akamai.com/us/en/resources/our-thinking/state-of-the-internet-report/state-of-the-internet-ipv6-adoption-visualization.jsp>. APNIC: <https://stats.labs.apnic.net/ipv6>. Facebook: <https://www.facebook.com/ipv6>. Google: <https://www.google.com/intl/en/ipv6/statistics.html#tab=per-country-ipv6-adoption>.

Porque são feitas maiores allocations de IPv6 de acordo com as necessidades, esperaríamos ver as taxas de implementação refletirem aproximadamente as diferentes quantidades de espaço de endereços IPv6 que vemos em cada país, mas este não é definitivamente o caso. Por exemplo, a Itália detém 68% da quantidade de espaço de endereços IPv6 como França, mas a sua taxa de implementação é uma pequena fração de França (5-6% versus 47-51% respetivamente). A situação é semelhante para Espanha. (Note-se que incluímos uma gama de fontes de dados, uma vez que diferentes organizações têm diferentes métodos de medição que resultam em números ligeiramente diferentes.)

Na tentativa de compreender melhor a situação, olhamos para o Inquérito RIPE NCC 2019,⁷ que sondou mais de 4000 operadoras de rede e outros membros da comunidade técnica, incluindo 674 inquiridos totais de Portugal, Espanha, França, Itália e Grécia.

Embora apenas 40% dos inquiridos em Portugal, França e Grécia tenham indicado que acreditam que as suas organizações necessitarão de mais IPv4 nos próximos 2-3 anos, 54% em Espanha e Itália fizeram o mesmo (o que está de acordo com a média total entre todos os inquiridos de 53%). Quando questionados sobre o estado atual da implementação do IPv6 nas suas redes, 25% dos inquiridos em Portugal, França e Grécia disseram que estavam totalmente implementados, em comparação com apenas 8% que disseram o mesmo em Espanha e Itália (a média total entre todos os inquiridos foi de 22%). Adicionalmente, 32% dos inquiridos em

Espanha e Itália disseram não ter planos para implementar o IPv6, em comparação com uma média de 23% entre todos os inquiridos. Ao analisar a razão pela qual os inquiridos de Espanha e Itália ainda não tinham implementado o IPv6, as principais razões apresentadas foram a falta de necessidade ou exigência de negócios, a falta de conhecimento ou experiência e a falta de tempo. No entanto, para além dos 8% dos inquiridos em Espanha e Itália que disseram estar totalmente implementados, outros 47% disseram que ou tinham um plano, estavam atualmente a testar o IPv6 ou tinham acabado de começar a implementação, por isso talvez vejamos melhorias na implementação do IPv6 nestes países nos próximos anos.

Governos, reguladores, Internet exchange points (IXPs) e grupos de operadoras de rede local (NOG) têm todos um papel a desempenhar na implementação do IPv6. Em França, por exemplo, o regulador de telecomunicações, Arcep, tem estado ativo na promoção da implementação do IPv6, lançando uma task force IPv6 em 2019 e publicando relatórios do regulador sobre a sua adoção. Na Grécia, onde também vemos um nível elevado de implementação do IPv6, o GR-IX, o principal IXP do país, também tem sido muito ativo em encorajar os seus membros a implementar o IPv6, e a comunidade técnica local, através do GRNOG, é extremamente ativa no apoio às operadoras de rede do país nas suas próprias implementações do IPv6. Estes fatores podem contribuir significativamente para o desenvolvimento global da Internet de um país e para a capacidade de transição para o protocolo da próxima geração.

⁷ Inquérito RIPE NCC 2019: <https://www.ripe.net/survey>

2. Conectividade Nacional e Internacional

Conectividade Nacional entre Redes

Para compreender as relações existentes entre as diferentes redes, podemos investigar as interligações dentro de cada um dos países utilizando dados do Routing Information Service (RIS) do RIPE NCC, que emprega um conjunto globalmente distribuído de recoletores de rotas para recolher e armazenar dados de encaminhamento na Internet. Isto mostra-nos os caminhos disponíveis que existem entre as redes (por oposição aos caminhos reais percorridos).

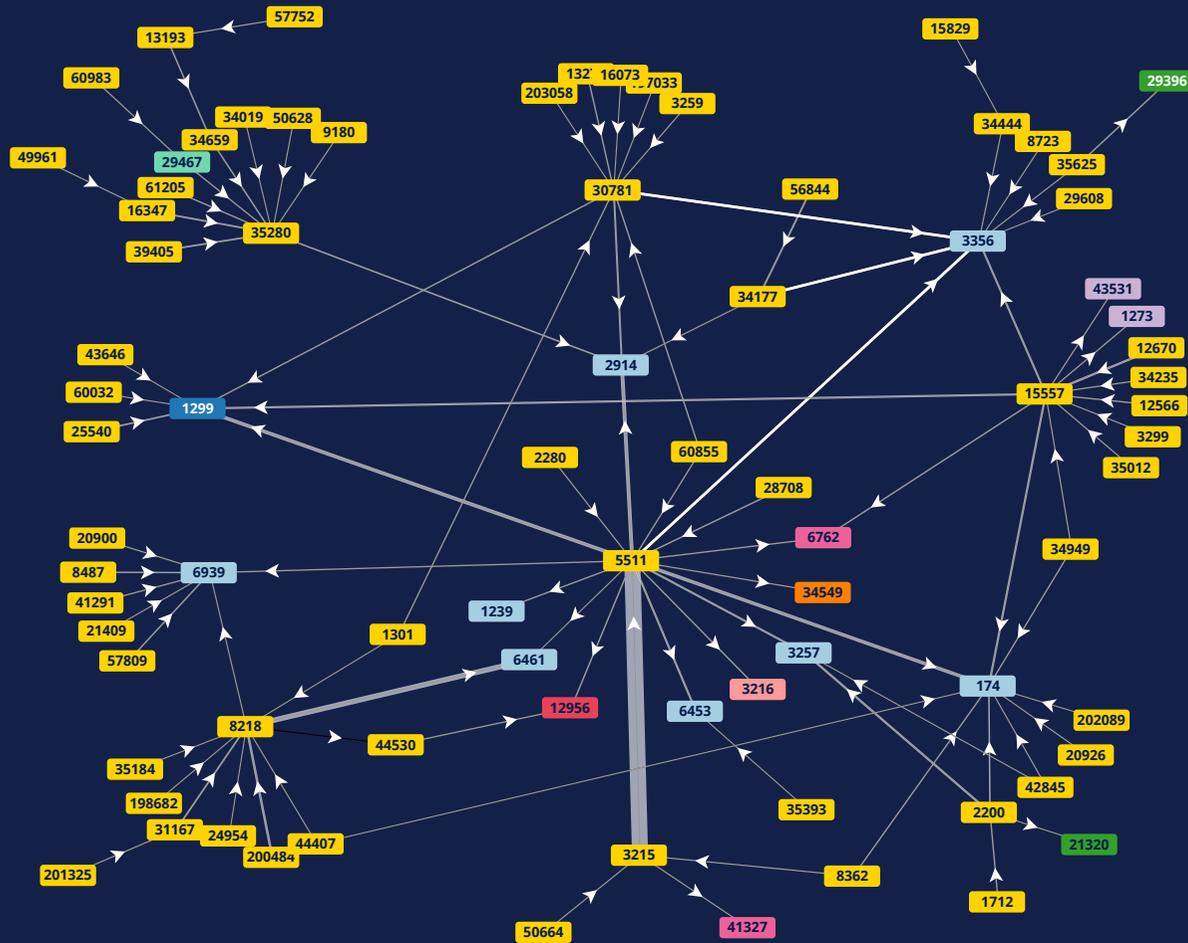
Para cada país, traçamos a forma como as rotas se propagam de uma rede para outra (as setas indicam a direção do fluxo do BGP, que é oposta ao fluxo de tráfego) até ao ponto em que o caminho chega a uma rede estrangeira. Para cada caminho, descartamos os primeiros saltos que detalham a forma como as rotas se propagam através de redes internacionais; o nosso foco é o encaminhamento dentro de cada país e as ligações para o mundo exterior. Os nós em cada figura são codificados por cores de acordo com o país onde a rede (ASN) está registada, e a largura das linhas é determinada pelo número de caminhos em que vemos a ligação entre os diferentes ASNs. Note-se que a posição das diferentes redes não corresponde a qualquer tipo de disposição geográfica; em vez disso, estas figuras são apenas uma representação visual das interligações entre as redes em cada país.

Devido à natureza do Border Gateway Protocol (BGP) e aos processos de recolha de rotas RIS, a nossa visão limita-se às rotas seguidas pelo tráfego internacional. Observaremos apenas relações de peering entre dois fornecedores de

serviços num país quando um ou ambos os parceiros anunciarem as rotas do outro a um terceiro que propague ainda mais a rota. Mais especialmente, não veremos peerings nos IXPs regionais, onde a intenção é manter o tráfego local dentro do país ou região. Não obstante, a representação gráfica das ligações que podemos detetar fornece um conhecimento valioso da conectividade nacional.

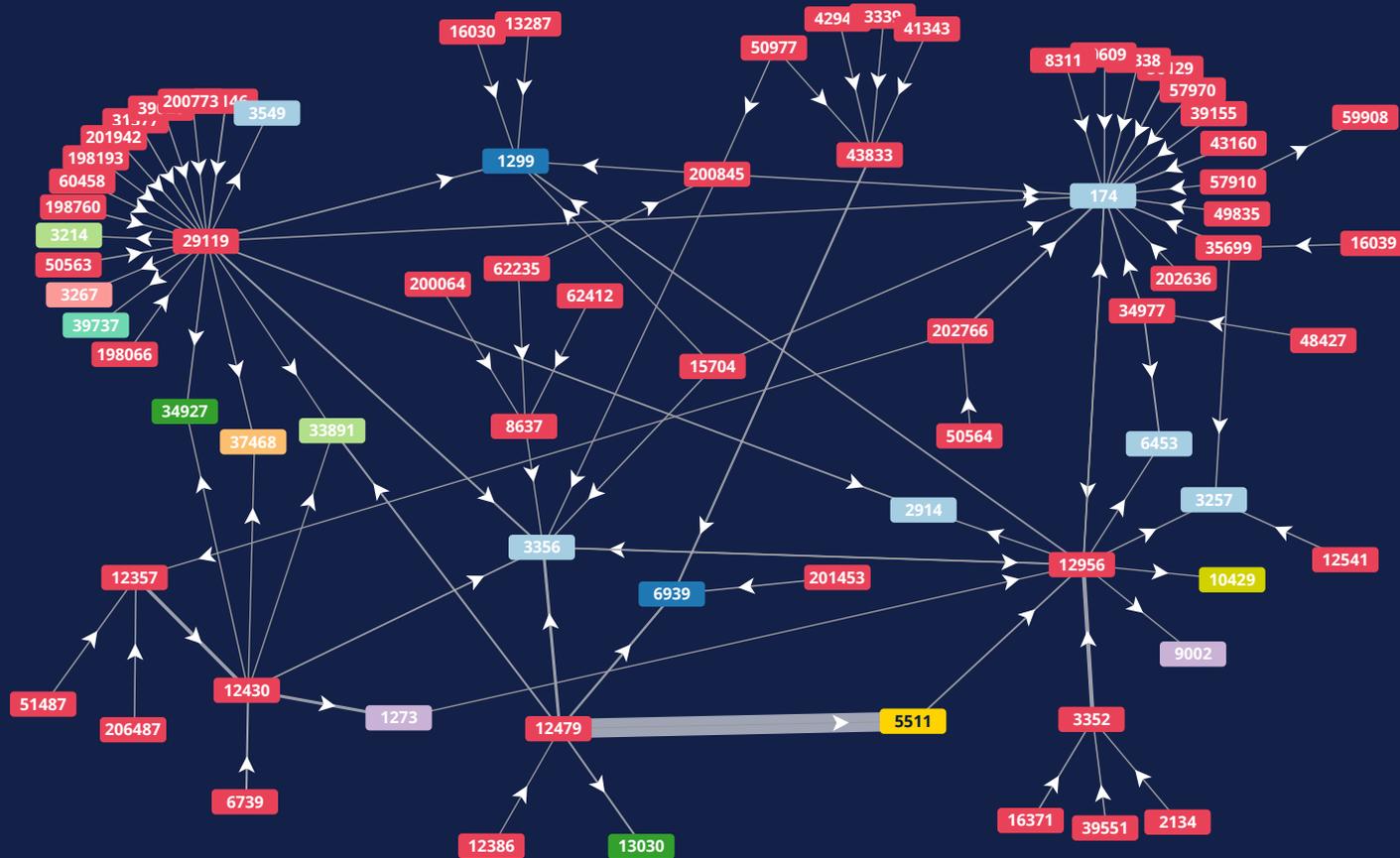
Com mais de mil ASNs registados em Espanha, França e Itália, e uma a duzentas em Portugal e na Grécia, não é infelizmente possível visualizar todas as ligações entre cada rede nestes países. Para obter uma imagem de padrões de alto nível, no entanto, restringimos os seguintes números para incluir os 100 segmentos mais frequentemente observados nos percursos do BGP.

Figura 12:
Conectividade entre redes em França



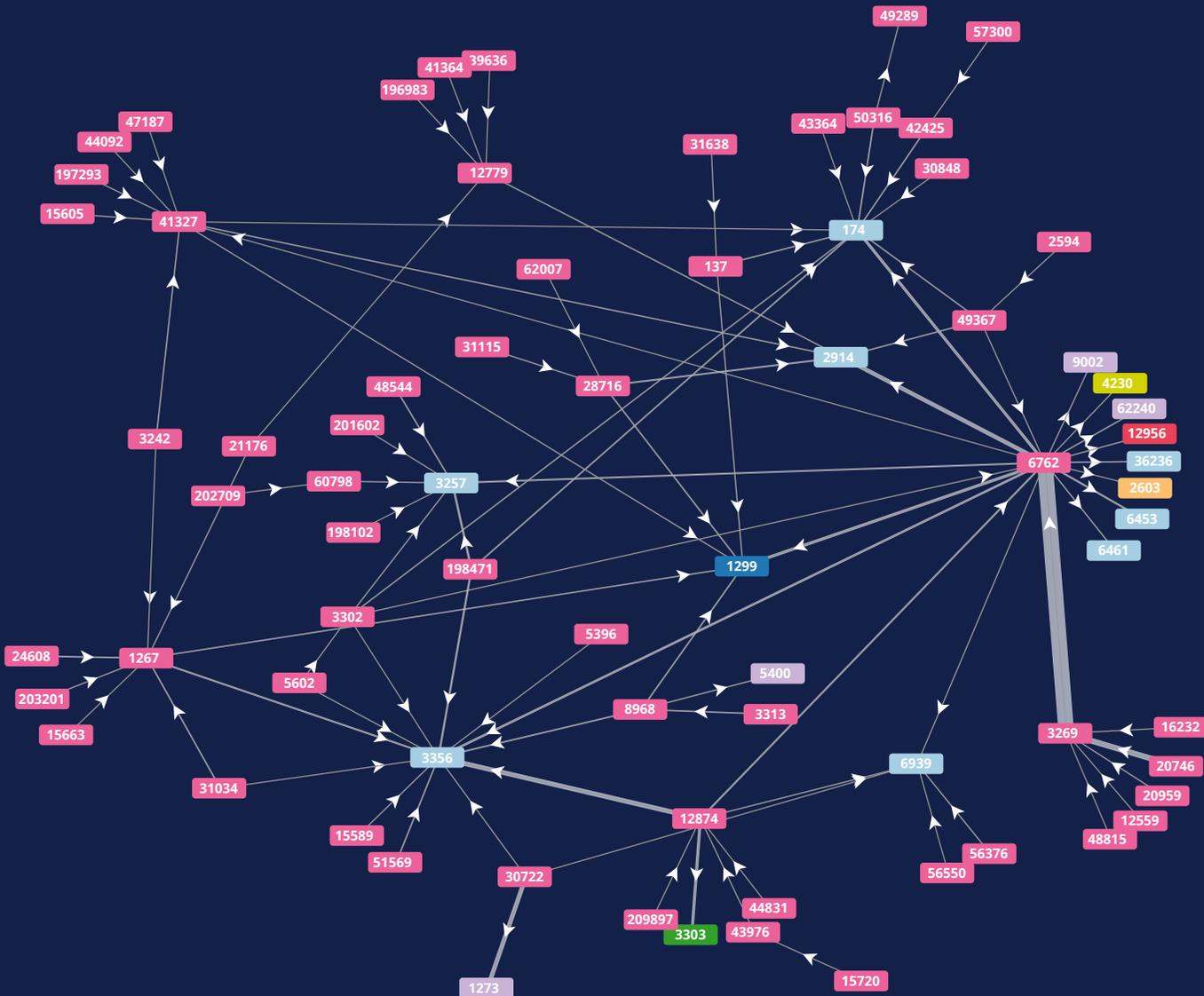
Em França, podemos ver nove clusters em torno de várias redes, o que indica o papel significativo que desempenham na conectividade nacional do país através da ligação de uma série de outras redes ao resto da Internet. Cinco destes estão registados em organizações francesas: Acorus (AS35280), Jaguar Network SAS (AS30781), Zayo France (AS8218), SFR (AS15557) e OpenTransit (AS5511). Os outros quatro são fornecedores internacionais com sede fora de França: Telia (AS1299), Hurricane Electric (AS6939), Level3 (AS3356) e Cogent (AS174). Também podemos ver claramente como a rede nacional da Orange (AS3215) depende da OpenTransit – a espinha dorsal internacional da Orange – para a sua principal conectividade.

Figura 13:
Conectividade entre redes em Espanha



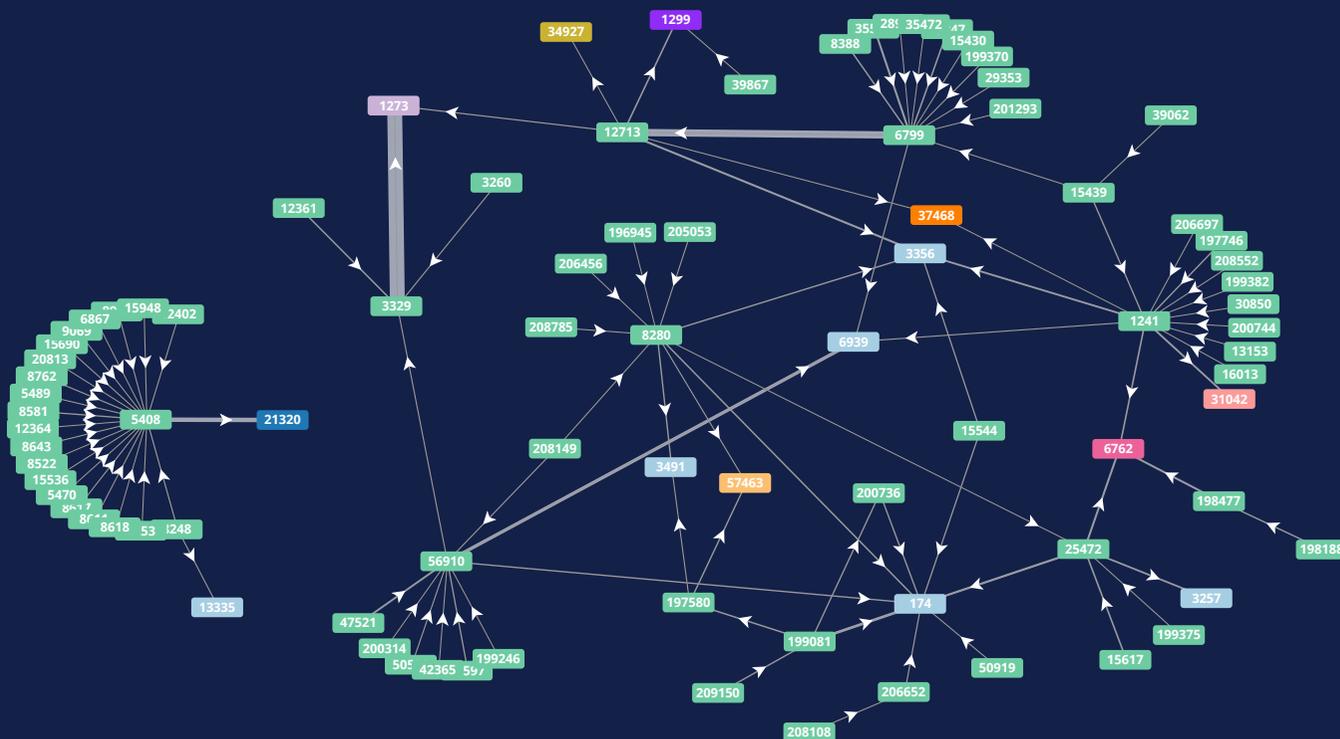
A conectividade nacional de Espanha é dominada por duas redes: ServiHosting Networks (AS29119) e Cogent com rede nos Estados Unidos (AS174). Muitas das redes de Espanha recebem conectividade através destes fornecedores. Notamos também clusters menos proeminentes mas ainda importantes em torno da Vodafone España (AS12430), Producmia (AS43833) e Telefónica Global Solutions (AS12956), que está a montante da Telefónica de España (AS3352) e das redes que serve. À semelhança da situação em França, também podemos ver como a Orange España (AS12479) depende predominantemente da OpenTransit (AS5511) para a sua conectividade internacional.

Figura 14:
Conectividade entre redes em Itália



Em Itália, vemos a Telecom Italia Sparkle (AS6762) a servir muitas ligações internacionais. Esta rede é também o principal fornecedor a montante da rede nacional da Telecom Italia (AS3269). Destacam-se também os clusters mais pequenos em torno das operadoras internacionais Level3 (AS3356), GTT (AS3257), Cogent (AS174), NTT (AS2914), Telia (AS1299) e Hurricane Electric (6939), para além das redes italianas Wind (AS1267), Fiber Telecom (AS41327), IT.Gate (AS12779) e Fastweb (AS12874).

Figura 15:
Conectividade entre redes na Grécia



O papel da GRNET, a rede nacional de investigação e ensino (NREN), destaca-se na Grécia, onde vemos como a GRNET (AS5408) liga muitas redes académicas ao mundo exterior via GÉANT (AS21320), a rede europeia de investigação que está sediada nos Países Baixos.

Vemos também clusters em torno de Forthnet (AS1241), OTE (AS6799) e Lambda Hellix (AS56910). A Lambda Hellix obtém conectividade da Hurricane Electric (AS6939) e da Vodafone-Panafon (AS3329), que por sua vez depende da Vodafone GlobalNet (AS1273) para a conectividade externa. Também digno de nota é o cluster em torno da Cogent (AS174), que é visto como um fornecedor directo a montante para várias redes gregas.

Figura 17:
Conectividade internacional de França

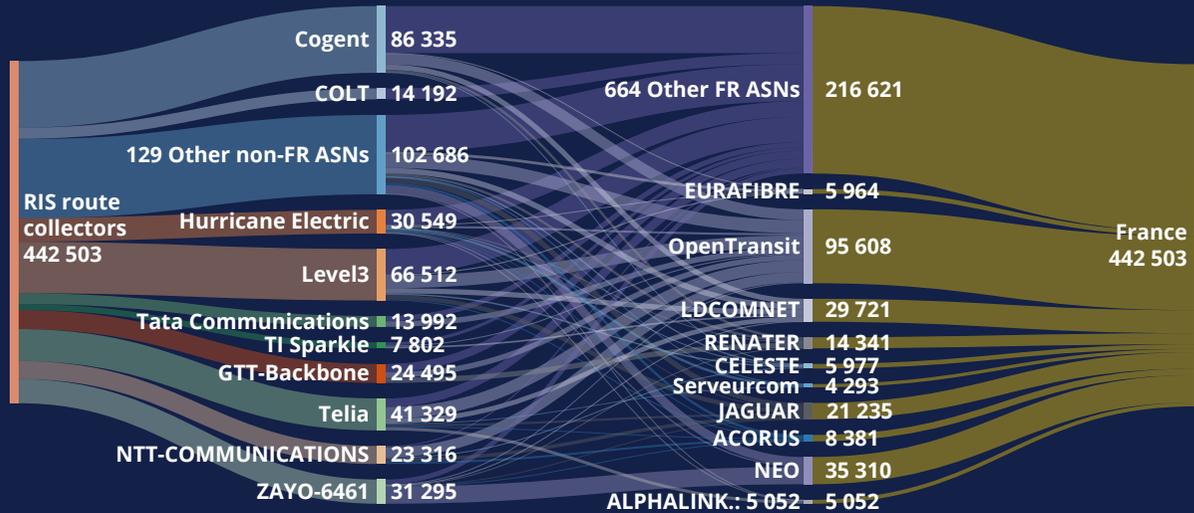
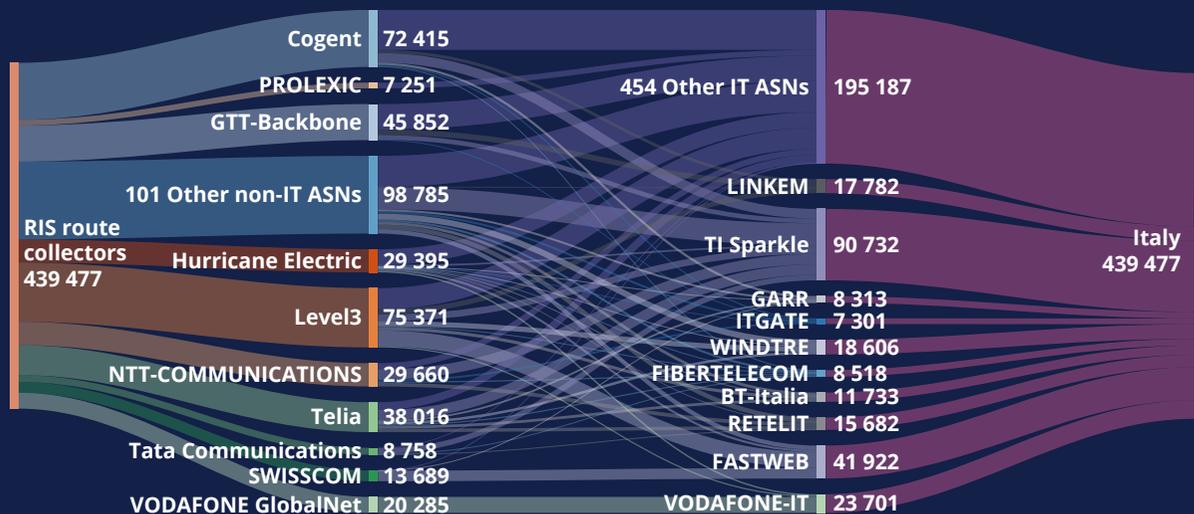


Figura 18:
Conectividade internacional de Itália



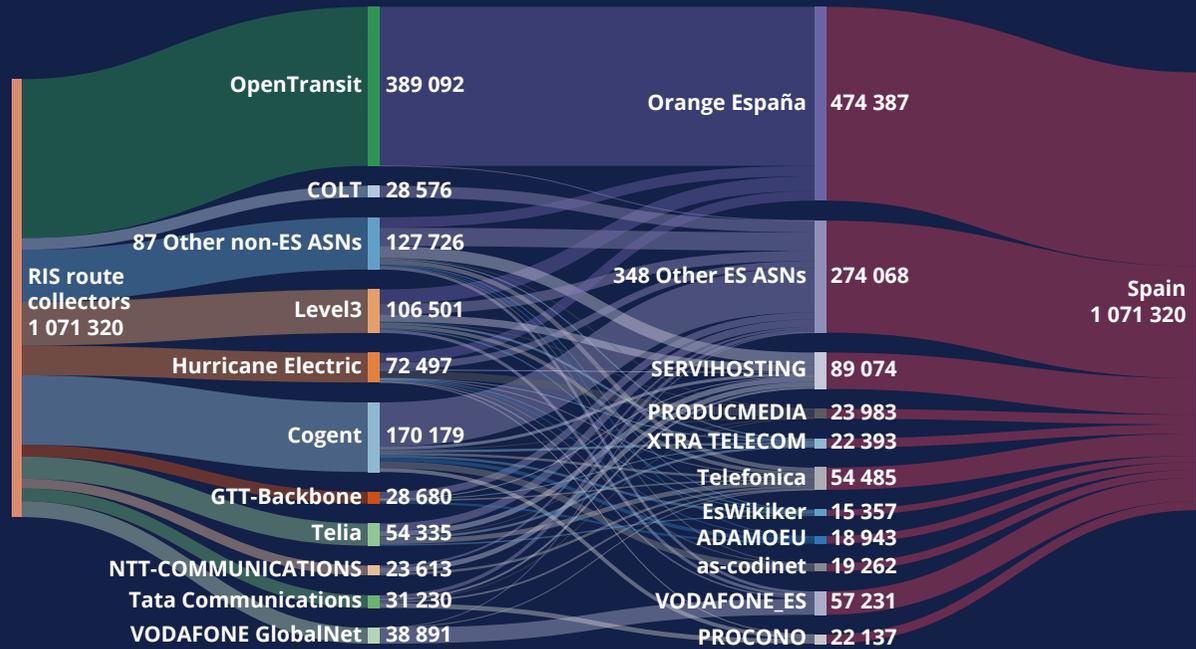
Conectividade Internacional

Estendendo a nossa vista, olhamos agora para além da conectividade nacional para examinar a forma como a Europa Mediterrânea se liga ao resto do mundo. Para investigar isto, voltamo-nos novamente para o Routing Information Service (RIS) do RIPE NCC. Olhamos para as rotas recolhidas pelos RIS para redes IP em cada país e identificamos a última rede estrangeira e a primeira rede nacional encontrada nestes caminhos. Isto dá-nos uma visão geral de quais as operadoras que fornecem conectividade internacional em cada país.

Em França, vemos a OpenTransit, a espinha dorsal internacional da Orange, num grande número de caminhos de ligação às redes francesas. No entanto, também vemos a forma como grandes operadoras internacionais como a Cogent, a Level3, a Telia e outras servem diretamente centenas de outras redes francesas sem passar pela operadora estabelecida ou por um punhado de grandes fornecedores nacionais. Isto é um sinal de um mercado aberto e competitivo.

A Itália mostra um padrão semelhante, com muitas redes diferentes a serem servidas por diferentes fornecedores a montante, e uma escolha diversificada de grandes fornecedores a montante que servem diretamente as redes nacionais italianas.

Figura 19:
Conectividade internacional de Espanha



Em Espanha, a conectividade internacional é dominada pela ligação da Orange España via OpenTransit (espinha dorsal da Orange). No entanto, embora a relação entre as duas seja clara, a dimensão relativa não é representativa da quota de mercado real. A representação sobredimensionada na figura 19 é provavelmente causada por a Orange España anunciar o seu espaço de endereços em fragmentos mais pequenos, criando um maior número de prefixos na tabela de encaminhamento e, por conseguinte, mais caminhos – apesar do facto de a Telefónica deter mais espaço de endereços IPv4 anunciados do que a Orange España detém.

Figura 20:
Conectividade internacional de Portugal

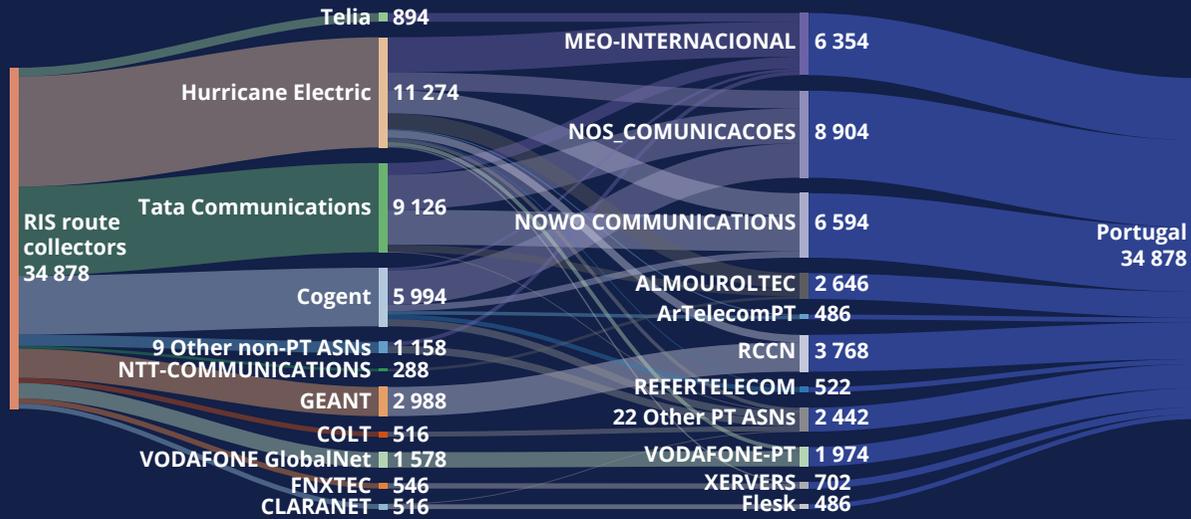
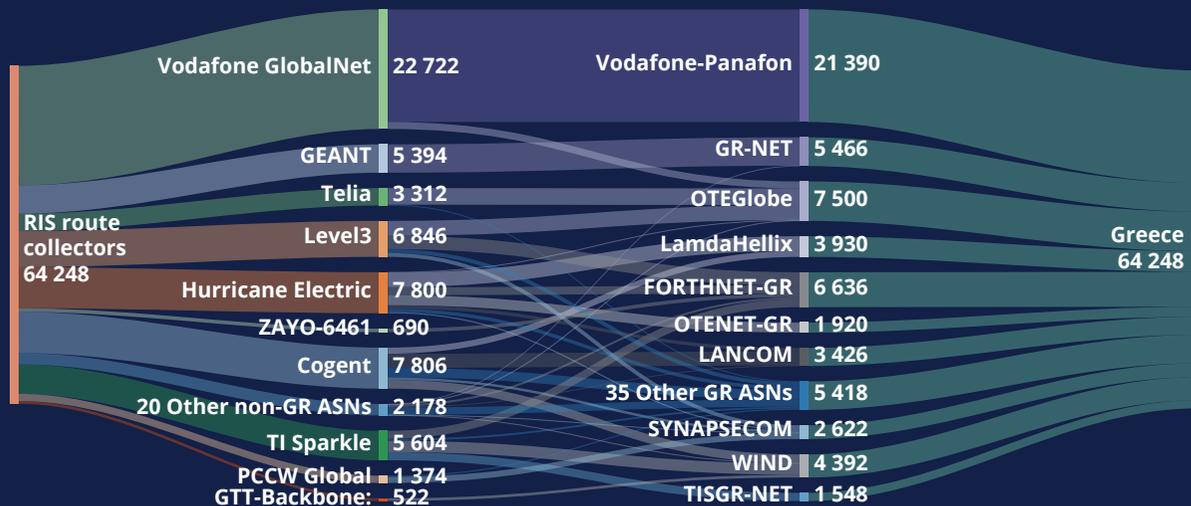


Figura 21:
Conectividade internacional da Grécia



Em Portugal e na Grécia, a situação é diferente. Como referido previamente, estes países têm uma ordem de magnitude de menos redes do que os três países maiores. Como resultado, os principais fornecedores em Portugal e na Grécia desempenham um papel numa fração muito maior dos caminhos de encaminhamento para dentro e para fora do país. Na Grécia, vemos outro caso de sobre-representação da Vodafone-Panafon em termos da sua quota de mercado real, uma vez que tem simplesmente um maior número de prefixos anunciados, apesar de a OTE ter mais espaço total de endereços. Embora a Vodafone GlobalNet seja o único fornecedor a montante da Vodafone-Panafon, a primeiro provavelmente tem diversos peerings com outras redes principais. Dependendo de onde ocorre a transferência de tráfego entre a Vodafone “local” e “global” (ou seja, quão distante isto está da rede nacional), isto pode ainda fornecer ligações resilientes à Internet global.

Em geral, quanto maior for o número de diferentes rotas disponíveis para dentro e para fora de um país, melhor. Isto porque confiar num pequeno número de fornecedores nacionais dominantes para fornecer a grande maioria das ligações para dentro e para fora de um país cria o potencial de estrangulamentos e pontos únicos de falha, afetando negativamente a estabilidade da Internet desse país, independentemente do número de ligações a montante que tenham. Na Europa Mediterrânea, as visualizações da conectividade internacional dos países criam uma imagem positiva. Em França, Espanha e Itália vemos um nível especialmente elevado de diversidade nas ligações internacionais. Embora isto seja ligeiramente menos robusto em Portugal e na Grécia, o ambiente de interligação é ainda relativamente desenvolvido e diversificado nestes dois países.

3. Sistema de Nomes de Domínio, Caminhos de Tráfego e Segurança do Encaminhamento

Alcançar o Sistema de Nomes de Domínio

Passando agora a investigar a forma como o tráfego é encaminhado para, de, e dentro da região, primeiro examinamos quais as instâncias locais de K-root que são consultadas a partir de pedidos provenientes dos diferentes países.

K-root e DNS

K-root é um dos 13 servidores de nomes raiz do mundo que formam o núcleo do sistema de nomes de domínio (DNS), que traduz URLs legíveis por humanos (tais como <https://www.ripe.net>) em endereços IP. O RIPE NCC opera o servidor de nomes K-root. Uma constelação globalmente distribuída destes servidores de nomes raiz consiste em “instâncias” locais que são réplicas exatas. Esta configuração acrescenta resiliência e resulta em tempos de resposta mais rápidos para os clientes DNS e, em última análise, para os utilizadores finais.

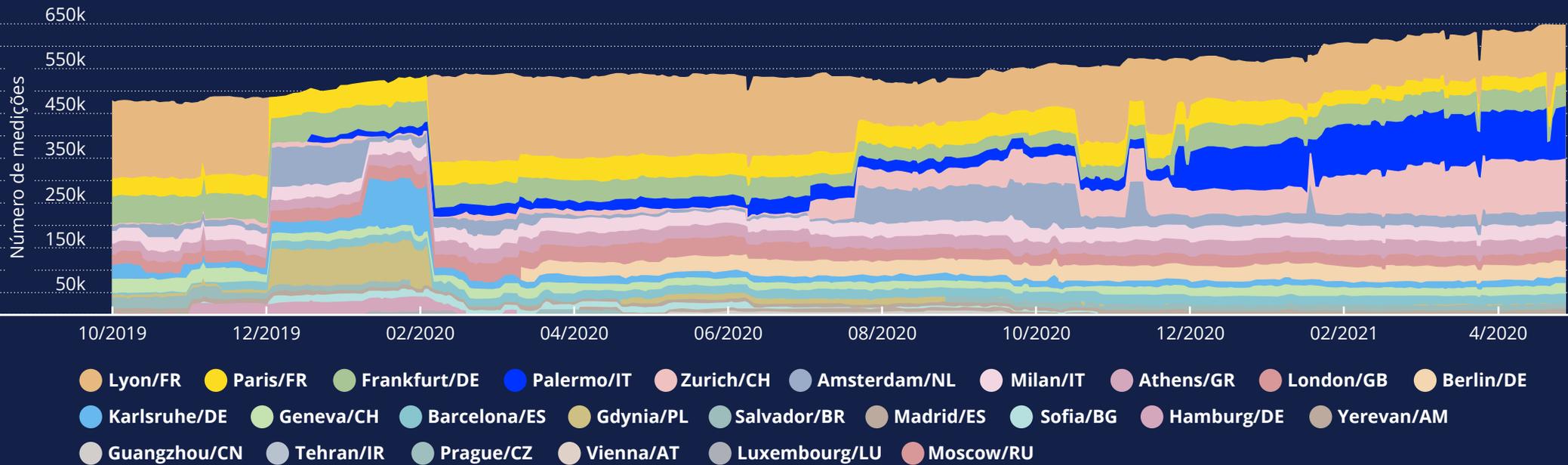
Estas medições baseiam-se na plataforma de medição RIPE Atlas do RIPE NCC, que emprega uma rede global de sondas para medir a conectividade com a Internet e a acessibilidade (ver a secção sobre a RIPE Atlas no final do relatório para mais informações sobre como se envolver). Note-se que o K-root é apenas um dos 13 servidores de nomes raiz do mundo, e cada cliente do sistema de nomes de domínio (DNS) tomará as suas próprias decisões sobre qual o servidor de nomes raiz a utilizar. Em casos em que o tempo de resposta ao K-root seria relativamente lento, é altamente provável que os clientes optassem por alternativas mais rápidas entre os outros servidores de nomes raiz.

Mesmo assim, confinando as nossas medições para olharmos apenas para o K-root e as escolhas que as diferentes sondas da RIPE Atlas na região fazem sobre qual a instância de K-root a consultar fornece algum conhecimento sobre a forma como o sistema de encaminhamento considera as várias opções e decide quais as redes e localizações que fornecerão os melhores resultados.

Border Gateway Protocol e Anycast

O servidor de nomes K-root, como muitos outros servidores DNS, utiliza uma técnica chamada anycast em que cada instância individual de K-root está independentemente ligada à Internet através de um Internet exchange point local ou qualquer número de redes a montante disponíveis na sua localização. Cada instância comunica utilizando o BGP (Border Gateway Protocol), que foi concebido para seleccionar o melhor caminho entre todas as opções disponíveis. Inicialmente, o critério mais importante aqui é o comprimento do caminho, e o sistema escolherá o caminho com o menor número de redes intermediárias. No entanto, as operadoras de rede podem anular o processo de tomada de decisões do BGP, frequentemente por razões relacionadas com custos ou propriedade. Não é invulgar as redes preferirem rotas que podem ser mais longas mas são menos dispendiosas devido a disposições de peering através de um Internet exchange point ou de uma empresa-mãe.

Figura 22:
Localizações K-root alcançadas a partir do interior da Europa Mediterrânea (IPv4)

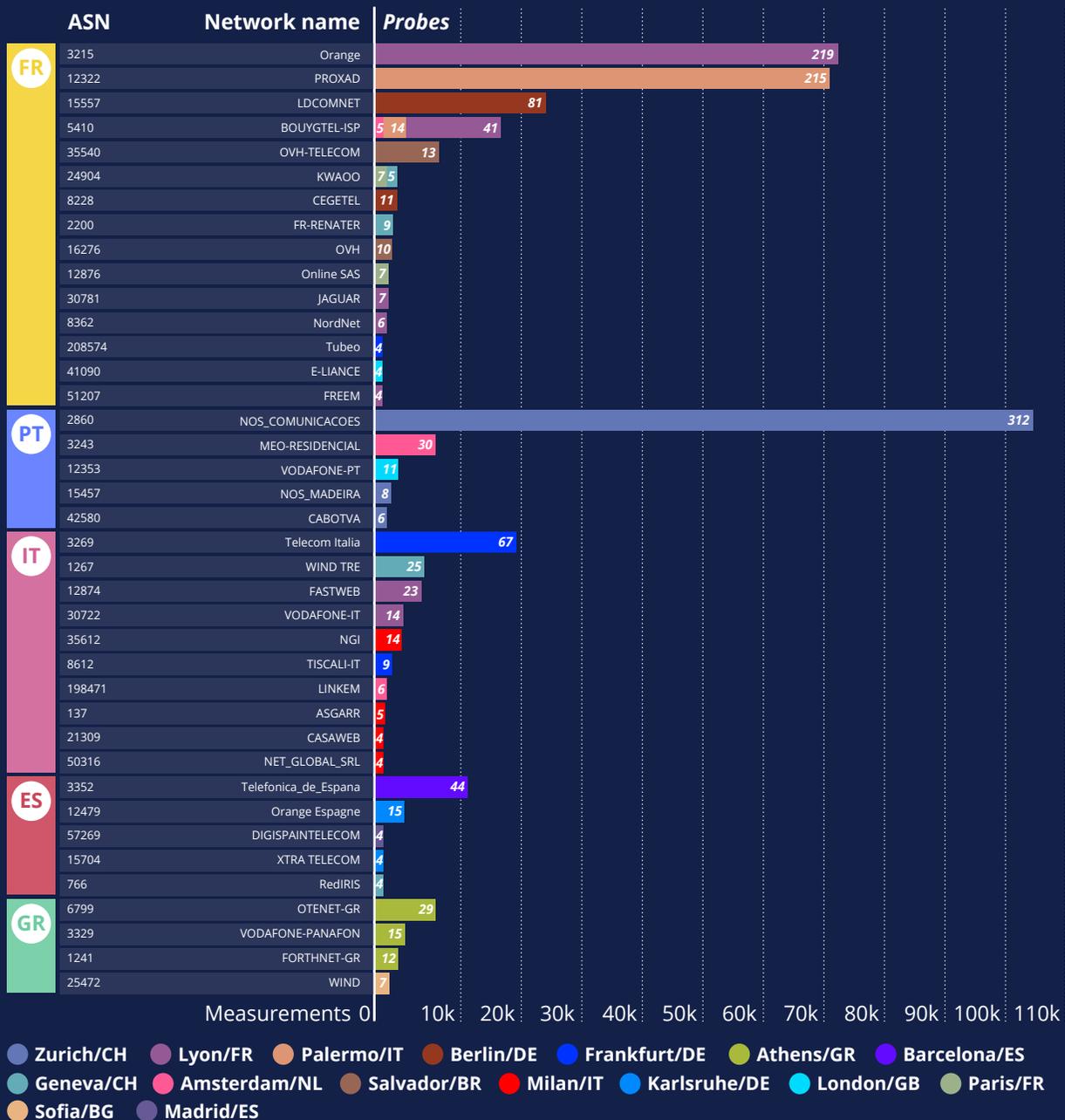


Existem oito instâncias de K-root alojadas nesta região, em Madrid, Barcelona, Lyon, Paris, Prato (nos arredores de Florença), Milão, Palermo e Atenas. A figura 22 mostra quais as instâncias de K-root alcançadas pelas sondas da RIPE Atlas nos cinco países da Europa Mediterrânea de outubro de 2019 a maio de 2021. Das 10 principais instâncias alcançadas, metade estava localizada na região, enquanto a outra metade estava ligeiramente mais longe mas ainda dentro da Europa, incluindo Frankfurt, Amsterdão, Londres, Zurique e Berlim. Vemos sete das oito instâncias de K-root na região a serem alcançadas em geral, com exceção da instância em Prato, Itália. Um pequeno número de consultas chegou a instâncias de K-root tão distantes como o Brasil, a Armênia, a China e o Irão – todas elas são escolhas subótimas que resultarão em tempos de resposta mais longos.

A figura 22 também mostra como é dinâmico o sistema de nomes de domínio, uma vez que podemos ver várias mudanças que ocorreram. Desde o início de dezembro de 2019 até ao início de fevereiro de 2020, a instância de K-root em Lyon esteve indisponível uma vez que a rede do host foi reenumerada. Graças a anycasting, isto não teve impacto no desempenho do serviço de nomes raiz, uma vez que o Border Gateway Protocol encontrou automaticamente alternativas disponíveis em Amsterdão, Karlsruhe e Gdynia – todas elas suficientemente próximas para manter os tempos ideais de ida e volta. Após o trabalho ter sido concluído na rede do host em Lyon, a instância de K-root aí alojada foi reativada e as consultas DNS foram automaticamente retomadas. Estes tipos de eventos ilustram a resiliência e flexibilidade do sistema do servidor raiz.

Também analisámos quais as instâncias de K-root consultadas pelas sondas da RIPE Atlas nos diferentes países num determinado dia. Em Portugal, que não hospeda uma instância de K-root, vimos a maioria das sondas alcançar a instância em Zurique, enquanto outras alcançaram Amsterdão, Londres e Genebra. A maioria das sondas em Espanha alcançou as instâncias em Barcelona ou Madrid, com um número mais pequeno a alcançar Karlsruhe na Alemanha. Em França, vimos mais sondas alcançarem a instância de K-root em Lyon do que qualquer outra instância; no entanto, curiosamente, muito mais sondas alcançaram a instância em Palermo do que a localizada em Paris. Cerca de metade das sondas em Itália alcançou instâncias em Milão ou Palermo, mas a maioria das restantes foi enviada para Frankfurt, com um número

Figura 23:
Localizações K-root alcançadas a partir de diferentes redes em toda a Europa Mediterrânea (IPv4)



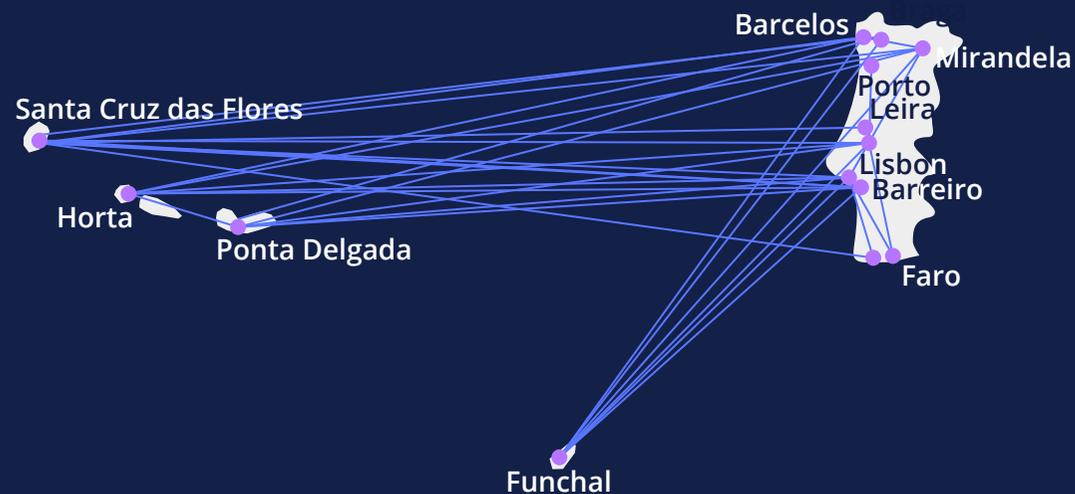
mais pequeno a alcançar Genebra e Amesterdão. Por último, vimos a melhor otimização na Grécia, onde a grande maioria das sondas alcançou a instância de K-root em Atenas. Em geral, os tempos de ida e volta em toda a região foram razoáveis, com algumas exceções de sondas em França a alcançar uma instância em Salvador, Brasil, que resultou em tempos de resposta mais longos e um caso de uma sonda em Espanha que levou um tempo involuntariamente longo a alcançar uma instância em Madrid, talvez devido a um congestionamento da rede ou a um encaminhamento subótimo, embora a razão precisa seja desconhecida.

Também podemos ver quais são as instâncias de K-root consultadas por sondas em diferentes redes, por oposição a diferentes países. Como dispomos de sondas RIPE Atlas em centenas de redes nesta região, um gráfico incluindo todas as redes seria ilegível; como compromisso, incluímos redes que têm pelo menos quatro sondas ativas.

Tradicionalmente, o processo de tomada de decisões do BGP asseguraria que, uma vez identificado um determinado caminho como sendo a melhor opção, houvesse consistência em todos os routers que fazem parte dessa rede em particular. De facto, isto é muito o que vemos na figura 23, onde todas as sondas em quase todas as redes acabam por consultar a mesma instância de K-root. No entanto, há bastantes casos em que vemos redes que favorecem uma instância de K-root mais longe do que a opção (geográfica) mais próxima, como a NOS Comunicações em Portugal que favorece a instância de K-root em Zurique em relação à instância em Madrid ou Barcelona. Na maioria dos casos, isto deve-se às disposições de peering ou outras relações que existem entre redes, incluindo com os seus fornecedores a montante. Por exemplo, vemos a rede da OVH Télécom alcançar uma instância de K-root em Salvador, Brasil, onde a OVH tem presença. Mais uma vez, vemos que a Grécia está particularmente otimizada, com todas as sondas a alcançarem uma instância de K-root em Atenas ou nas proximidades de Sofia.

Vale a pena notar que o caminho mais curto (de uma perspetiva de encaminhamento) para uma rede na Europa Mediterrânea para um servidor de nomes raiz pode muito bem ser através de Frankfurt ou Zurique se a rede fizer peering numa das

Figura 24:
Caminhos entre a origem e o destino em Portugal (IPv4)



trocas nesses locais. As operadoras mais pequenas têm geralmente menos controlo sobre o seu encaminhamento e serão mais afetadas pelas políticas de encaminhamento dos seus fornecedores a montante, a menos que tomem as suas próprias disposições de peering e decisões individuais de encaminhamento. Para a maior parte, as distâncias adicionais que vemos aqui não afetarão significativamente os tempos de resposta; no entanto, o uso de IXPs locais é geralmente preferido. Vale a pena lembrar também que estes resultados são apenas para o K-root, e que os clientes DNS na região estão provavelmente a alcançar também outros servidores de nomes raiz que podem fornecer melhores tempos de resposta.

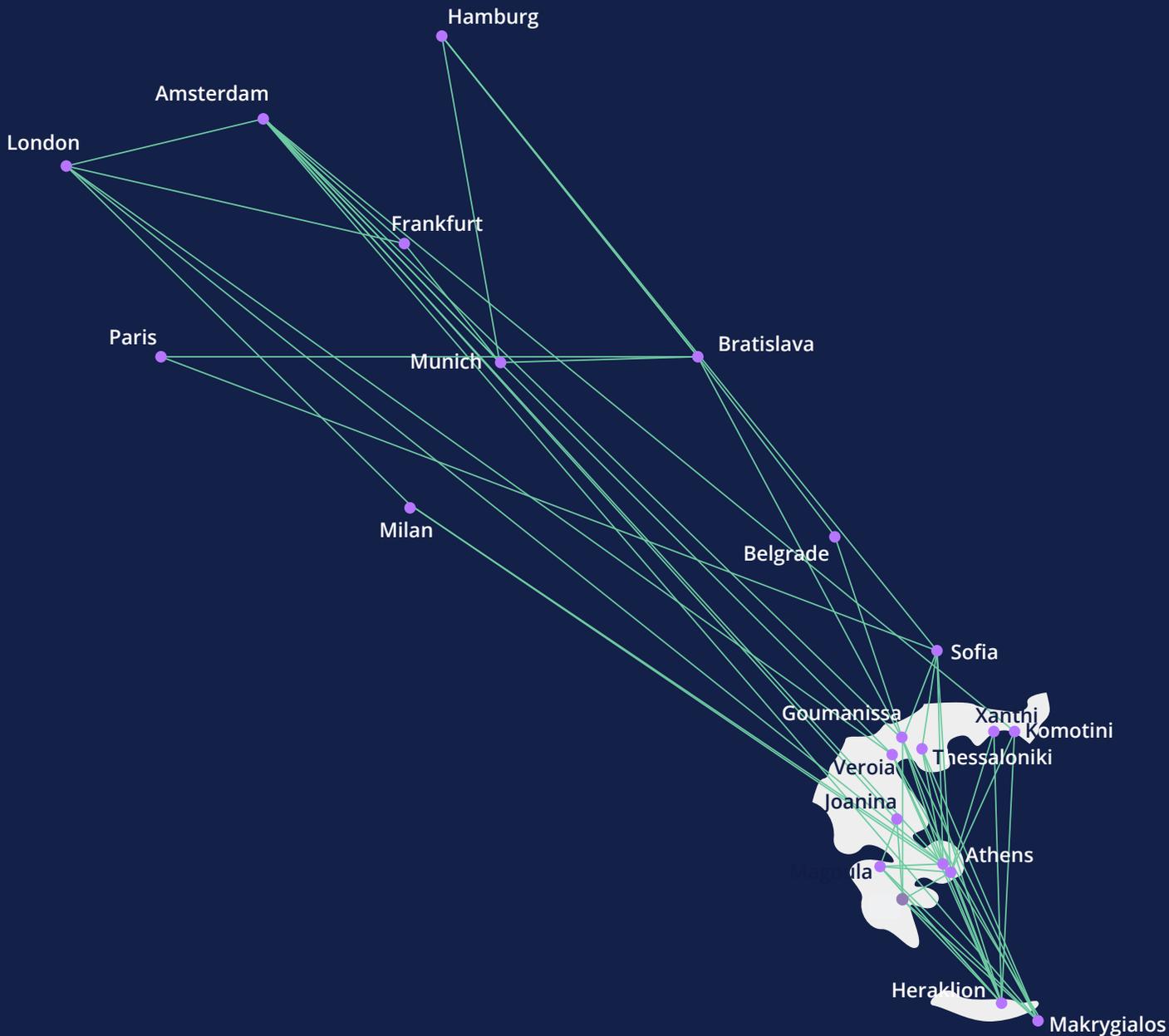
Devemos também notar que estes resultados, embora considerados geralmente representativos, oferecem apenas um instantâneo das medições efetuadas num único dia em maio de 2021. Dada a natureza dinâmica do BGP, os resultados podem mudar constantemente devido a alterações subtis no encaminhamento.

Troca de Tráfego Regional

Utilizando novamente os dados da rede de medição da RIPE Atlas, podemos investigar a forma como algumas das redes nos cinco países trocam tráfego entre si e obter alguma indicação sobre onde ocorrem essas trocas. Para esta experiência, realizámos traceroutes de cada sonda da RIPE Atlas para todas as outras sondas do país, para cada um dos cinco países. Porque essas medições revelam os endereços IP dos routers envolvidos, utilizámos então o RIPE IPmap para geolocalizar esses recursos de rede. Isto dá algum conhecimento dos caminhos disponíveis para o tráfego, embora não meça diretamente o tráfego.

O encaminhamento de pacotes num longo caminho até um IXP, apenas para que eles viajem de volta para um destino próximo à origem, é referido como “tromboning”. Quanto mais longe um caminho se estende da origem/destino, mais ineficiente é o caminho. Além disso, estes desvios aumentam geralmente os custos para a operadora de rede e, mais importante ainda, a distância adicional percorrida aumenta desnecessariamente o risco de interrupções. Cria também dependências adicionais de fornecedores externos, o que poderá ter implicações regulamentares.

Figura 25:
Caminhos entre a origem e o destino na Grécia (IPv4)



Em todos os cinco países, vemos a maioria dos caminhos que permanecem dentro do território de um país, e o papel dos IXP locais é visível. Em Portugal, nenhum local estrangeiro é detetado. Para os outros, um subconjunto de caminhos faz um desvio para locais fora do país antes de regressar ao seu destino nacional. Frankfurt, Amsterdão e Londres são todos grandes IXP e são escolhas compreensíveis para a troca de tráfego, embora do ponto de vista do desempenho não sejam necessariamente as melhores. Isto é especialmente verdade para distâncias mais longas, como vemos acontecer com o tráfego local na Grécia que é trocado em locais mais distantes, em vez de depender mais do GR-IX, o Exchange Point da Internet grega.

Com França, isto é ainda mais extremo. Embora Paris e Marselha (ambas as quais acolhem grandes IXP) sejam exchange points muito utilizados, alguns dos caminhos que observamos são realmente subótimos, estendendo-se até tão longe quanto São Francisco a oeste e Kiev e Moscovo a leste. Isto aumenta significativamente os tempos de ida e volta, embora o quão significativo isto seja para os utilizadores da Internet em França dependa da quantidade de tráfego que flui nestes caminhos, que é algo que não podemos medir – em vez disso, só podemos descobrir qual a rota que o tráfego tomaria se um dispositivo de uma rede quisesse chegar a um dispositivo de outra rede dentro do país.

Figura 26:
Caminhos entre a origem e o destino em França (IPv4)

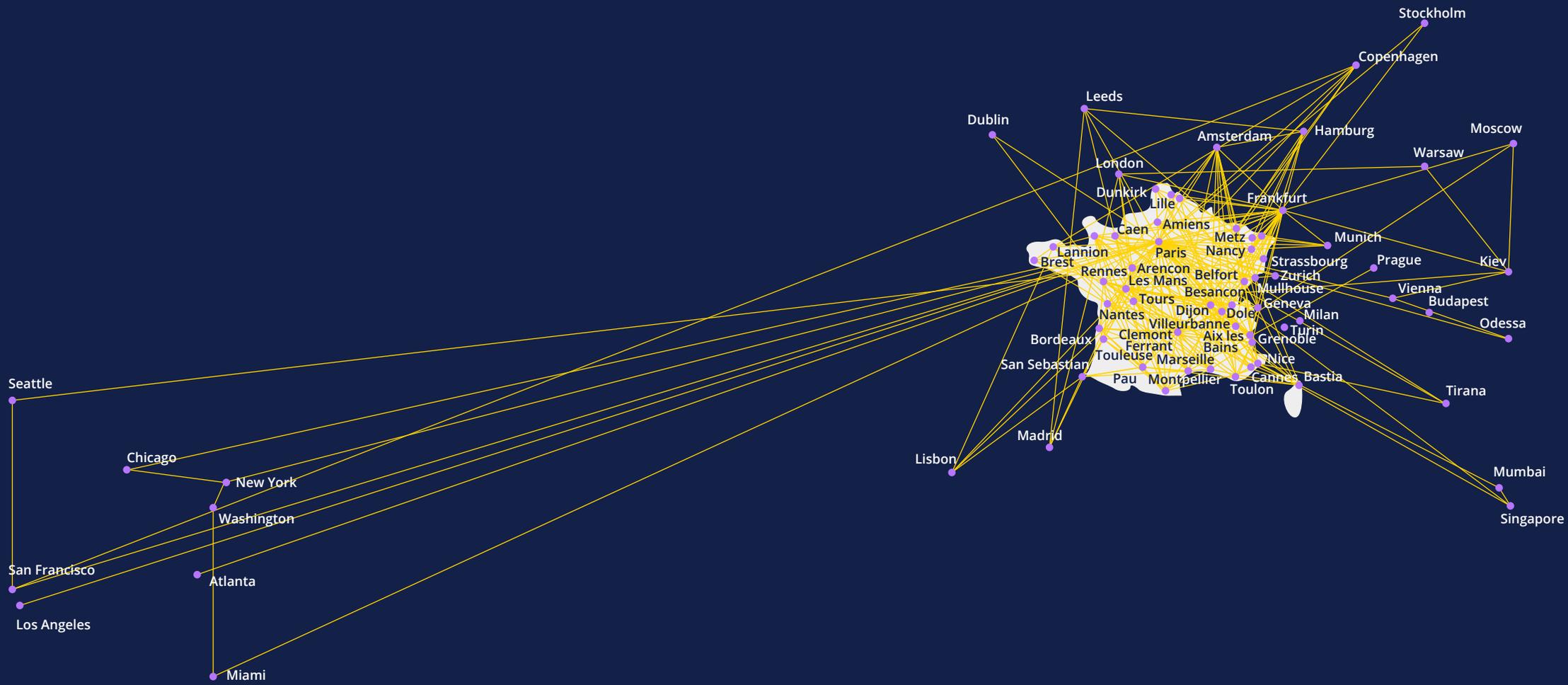


Figura 27:
Caminhos entre a origem e o destino em Espanha (IPv4)

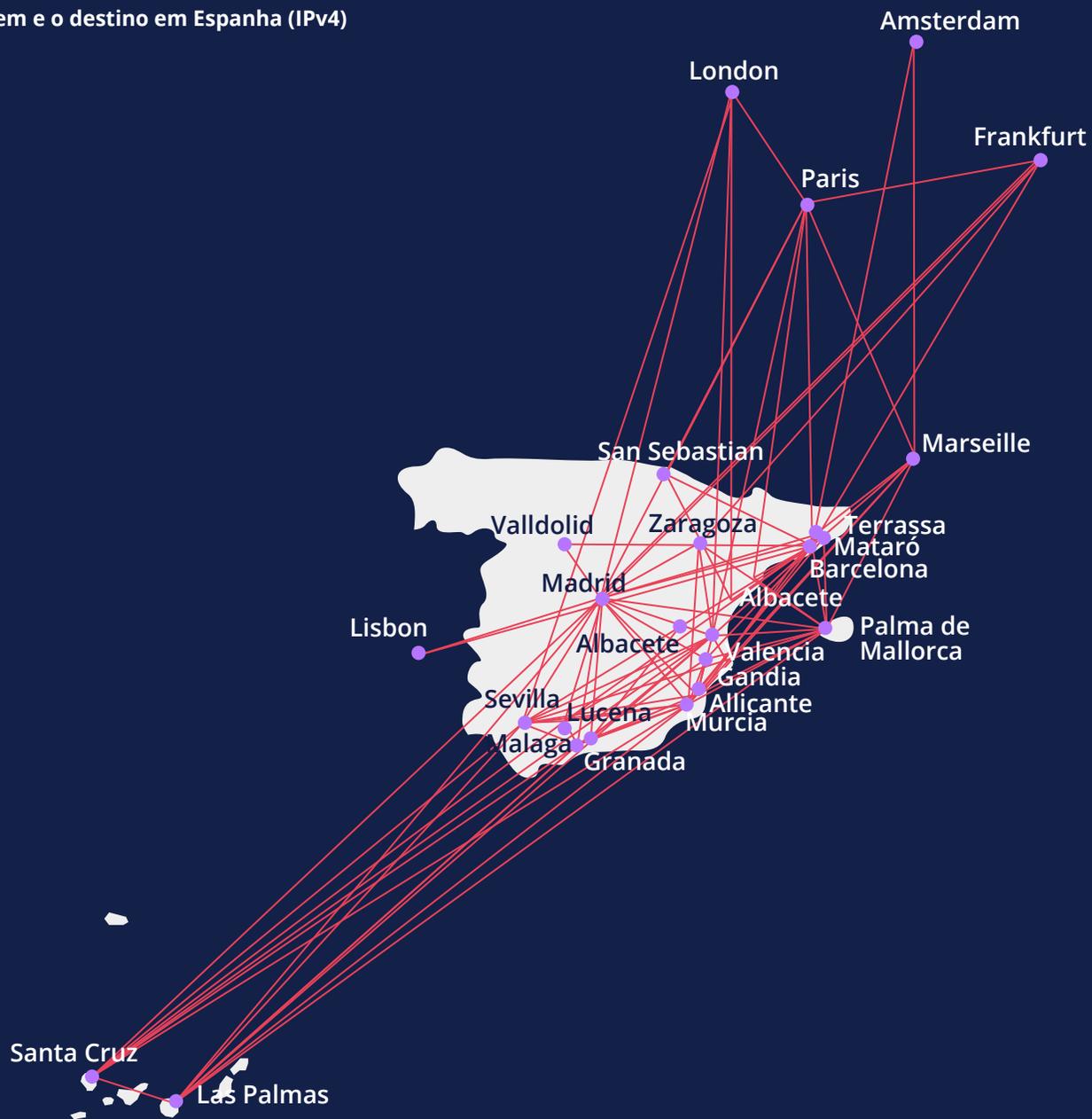


Figura 28:
Caminhos entre a origem e o destino em Itália (IPv4)

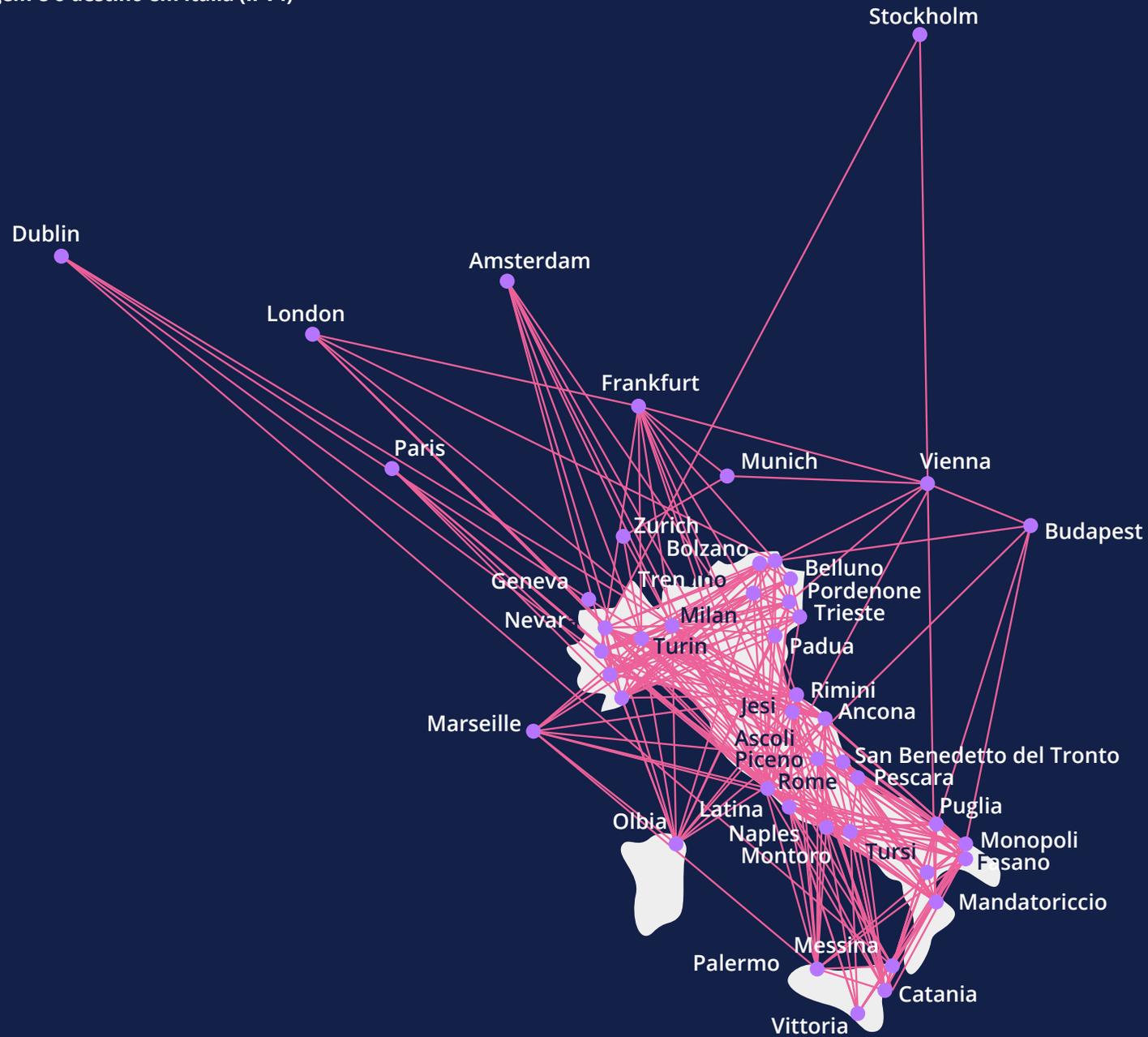
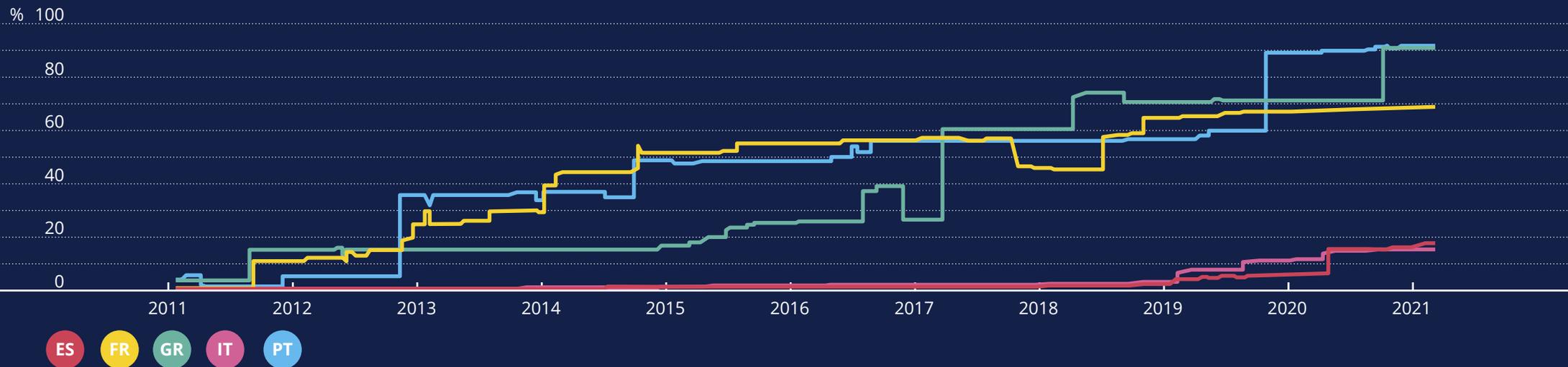


Figura 29:
Espaço de endereços IPv4 coberto pela RPKI



Segurança de Encaminhamento

Além de analisarmos as diferentes rotas disponíveis para o tráfego com origem na região, também podemos investigar a segurança de encaminhamento nos cinco países, analisando a eficácia com que o espaço de endereços IP é protegido pela Resource Public Key Infrastructure (RPKI), uma estrutura de segurança que ajuda as operadoras de rede a tomar decisões de encaminhamento mais seguras.

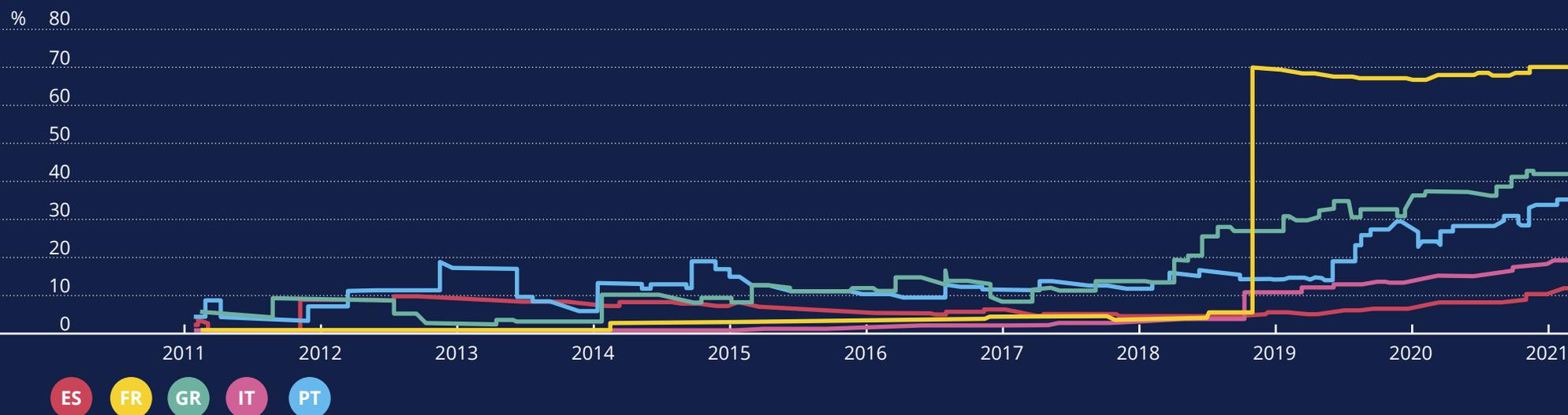
A RPKI utiliza certificados digitais chamados ROAs (Route Origin Authorisations) para provar o direito do detentor do recurso a anunciar prefixos IP (ou seja, certificando que os recursos foram alocados ou atribuídos ao detentor do recurso por um Regional Internet Registry). Isto ajuda a evitar o erro de encaminhamento mais comum na Internet:

o anúncio acidental de um prefixo IP por alguém que não é o detentor legítimo desse espaço de endereços. Utilizando a ferramenta RIPEstat do RIPE NCC – que fornece todas as informações disponíveis sobre espaço de endereços IP, ASNs e informação relacionada para nomes de hosts e países – podemos ver que percentagem do espaço de endereços IPv4 de um país é coberta por ROAs.

Em Portugal e na Grécia, mais de 90% do espaço de endereços IPv4 registado para organizações nesses países está coberto por ROAs. No caso da Grécia, pelo menos, sabemos que o GR-IX encoraja fortemente os seus membros a adotarem a RPKI e que a maioria dos fornecedores do país, mesmo os mais pequenos, estão presentes no IXP, o que poderá ajudar a explicar a elevada taxa de adoção

que vemos para o país. O gráfico mostra vários aumentos acentuados para todos os países, que acontecem quando um único e grande fornecedor adota RPKI e cria ROAs para o seu espaço de endereços. O exemplo mais recente é a Vodafone-Panafon na Grécia criando ROAs, que dispararam a percentagem até mais de 90%.

Figura 30:
Espaço de endereços IPv6 coberto pela RPKI



Com espaço de endereços IPv6, as percentagens cobertas por ROAs são significativamente mais baixas. França é a única exceção, com cerca de 70% de cobertura – isto deveu-se em grande parte a um único grande fornecedor, Orange, criando uma ROA para a sua grande allocation /19 de espaço de endereços IPv6.

Governos, reguladores, IXPs e grandes fornecedores de serviços podem todos ajudar a encorajar os atores mais pequenos a certificar os seus recursos de Internet. Também podem encorajar as melhores práticas operacionais atuais em torno da segurança do encaminhamento em geral para melhor salvaguardar a Internet e reduzir a oportunidade de os maus atores se apropriarem de recursos e atacarem o sistema de encaminhamento.

Conclusão

A Europa Mediterrânea tem uma longa história de desenvolvimento da Internet que se reflete hoje nos mercados abertos e competitivos da região, em infraestruturas sofisticadas, em comunidades técnicas qualificadas e em elevadas taxas de penetração. As empresas e os cidadãos têm acesso a uma vasta gama de serviços digitais e a uma conectividade de banda larga fixa e móvel a preços amplamente acessíveis, oferecidos por uma gama de fornecedores maiores e mais pequenos. Fluxos de tráfego entre fornecedores e através de múltiplos exchange points – o resultado do trabalho conjunto de reguladores e operadoras, dando prioridade à infraestrutura partilhada e ao acesso aberto.

As redes nacionais em cada um dos cinco países estão altamente interligadas, proporcionando um bom nível de resiliência e redundância. Do mesmo modo, cada país está ligado ao resto da Internet global por um grande número de rotas diversas para dentro e para fora do país, acrescentando mais estabilidade e reduzindo o potencial para interrupções ou falhas.

O encaminhamento é geralmente otimizado para tempos de resposta rápidos, embora exista uma série de casos em que os exchange points mais distantes parecem ser favorecidos em relação às opções nacionais, o que aumenta desnecessariamente os custos, as dependências estrangeiras e o risco de interrupção.

Os países da Europa Mediterrânea desfrutam de elevadas taxas de penetração da Internet e de grandes quantidades de espaço de endereços IPv4. No entanto, uma maior implementação do IPv6 será crucial para ligar os milhões de agregados familiares que ainda não estão ligados

como parte das metas de conectividade da UE para 2025 e mais além. Será também necessário para apoiar a implementação do 5G e o desenvolvimento da IoT e outras tecnologias emergentes.

Vale a pena notar que todas as observações neste relatório se baseiam em caminhos ativos, e não podemos saber que mundo “oculto” de backups existe que assumiria automaticamente no caso de quaisquer interrupções. Qualquer que seja a redundância existente, proporcionaria ao sistema uma resiliência ainda maior.

Sobre o RIPE NCC

O RIPE NCC serve como Regional Internet Registry para a Europa, Médio Oriente e partes da Ásia Central. Como tal, alocamos e registamos blocos de registo de recursos de números de Internet a fornecedores de serviços Internet (ISPs) e outras organizações.

O RIPE NCC é uma organização sem fins lucrativos que trabalha para apoiar a comunidade aberta RIPE e o desenvolvimento da Internet em geral.

Fontes dos Dados

As informações apresentadas neste relatório e a análise fornecida são extraídas de vários recursos chave:

Registo RIPE

Este é o registo de todos os recursos de números de Internet (endereços IP e números AS) e detentores de recursos que o RIPE NCC registou. O registo destas informações destinado ao público está contido na RIPE Database, que pode ser acedida a partir de <https://www.ripe.net>

RIPE Atlas

A RIPE Atlas é a principal plataforma de medição da Internet do RIPE NCC. É uma rede global de milhares de sondas que medem ativamente a conectividade à Internet. Qualquer pessoa pode aceder a estes dados através de mapas de tráfego na Internet, visualizações de dados de transmissão em fluxo e uma API. Os utilizadores da RIPE Atlas também podem realizar medições personalizadas para obter informações valiosas sobre as suas próprias redes. <https://atlas.ripe.net>

Routing Information Service (RIS)

O Routing Information Service (RIS) tem vindo a recolher e armazenar dados de encaminhamento da Internet a partir de locais em todo o mundo desde 2001.

<https://www.ripe.net/ris>

Os dados obtidos através da RIPE Atlas e do RIS são a base de muitas das ferramentas que oferecemos. Estamos sempre a procurar formas de ligar mais sondas RIPE Atlas e de encontrar operadoras de rede dispostas a alojar recoletores RIS. Consulte os websites da RIPE Atlas e do RIS para saber mais.

Outras ferramentas e serviços RIPE NCC

- t RIPEstat: <https://stat.ripe.net/>
- t RIPE IPmap: <https://ipmap.ripe.net/>
- t K-root: <https://www.ripe.net/analyse/dns/k-root>

Fontes de Dados Externos

Gostaríamos de agradecer a Michalis Oikonomakos, Chefe do GR-IX e membro da direção do Euro-IX e do GRNOG, por fornecer informações de base incluídas neste relatório sobre o panorama da Internet na Grécia.