

RPKI

Resource Public Key Infrastructure

ceptro.br nic.br egi.br

Licença de uso do material

Esta apresentação está disponível sob a licença

Creative Commons

Atribuição - Sem Derivações 4.0 Internacional (CC BY-ND 4.0)

<https://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/legalcode.pt>



Você tem o direito de:

- **Compartilhar** - copiar e redistribuir o **material** em qualquer suporte ou formato para qualquer fim, **mesmo que comercial**.
- *O licenciante não pode revogar estes direitos desde que você respeite os termos da licença.*

De acordo com os termos seguintes:

- **Atribuição** - Você deve dar o crédito apropriado, prover um link para a licença e indicar se mudanças foram feitas. Você deve fazê-lo em qualquer circunstância razoável, mas de nenhuma maneira que sugira que o licenciante apoia você ou o seu uso. Ao distribuir essa apresentação, você deve deixar claro que ela faz parte do **Curso de Boas Práticas Operacionais para Sistemas Autônomos do CEPTRO.br/NIC.br**, e que os originais podem ser obtidos em <http://ceptro.br>. Você deve fazer isso sem sugerir que nós damos algum aval à sua instituição, empresa, site ou curso.
- **Sem Derivações** - Se você remixar, transformar ou criar a partir do material, você não pode distribuir o material modificado.

Se tiver dúvidas, ou quiser obter permissão para utilizar o material de outra forma, entre em contato pelo e-mail: info@nic.br.

BGP Hijacking

- Anúncio de prefixos não autorizados
 - "Sequestro do prefixo"
- **Motivos:**
 - Erro de configuração
 - Fat finger
 - Proposital



Por que isso acontece?

- A Internet funciona com base na cooperação entre Sistemas Autônomos (ASes):
- É uma “*rede de redes*”
- São mais de **100.000** redes diferentes, sob gestões técnicas independentes
- A estrutura de **roteamento BGP** funciona com base em cooperação e confiança
- O BGP não tem validação dos dados



**Como resolver
esses problemas???**

ceptro.br nic.br egi.br



MANRS

***Resource Public Key
Infrastructure (RPKI)***
faz parte do MANRS!!!

O que é RPKI?

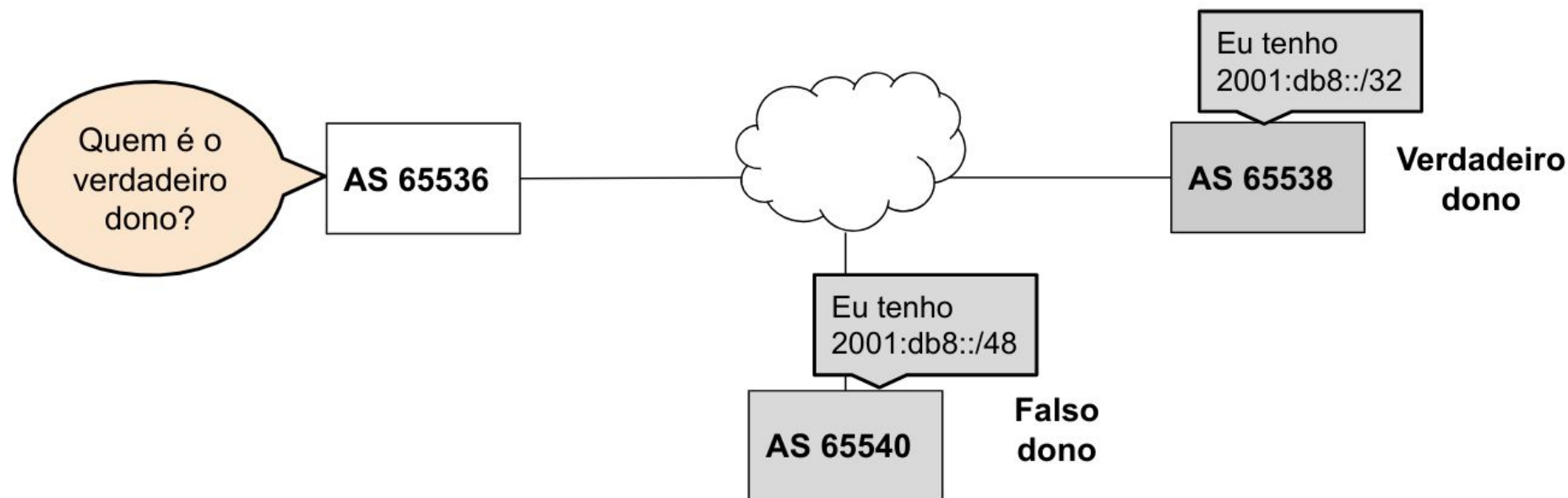
- Estrutura desenvolvida para validar recursos de numeração
 - ASN e Prefixos IPs
 - Alocados
 - Utilizado no BGP
- Previne os problemas de BGP Hijacking
- **A colaboração de todos os ASes é essencial!!!**

O que é RPKI?

- **ROTAS:**

- 2001:db8::/32 ... 65538 i

- 2001:db8::/48 ... 65540 i

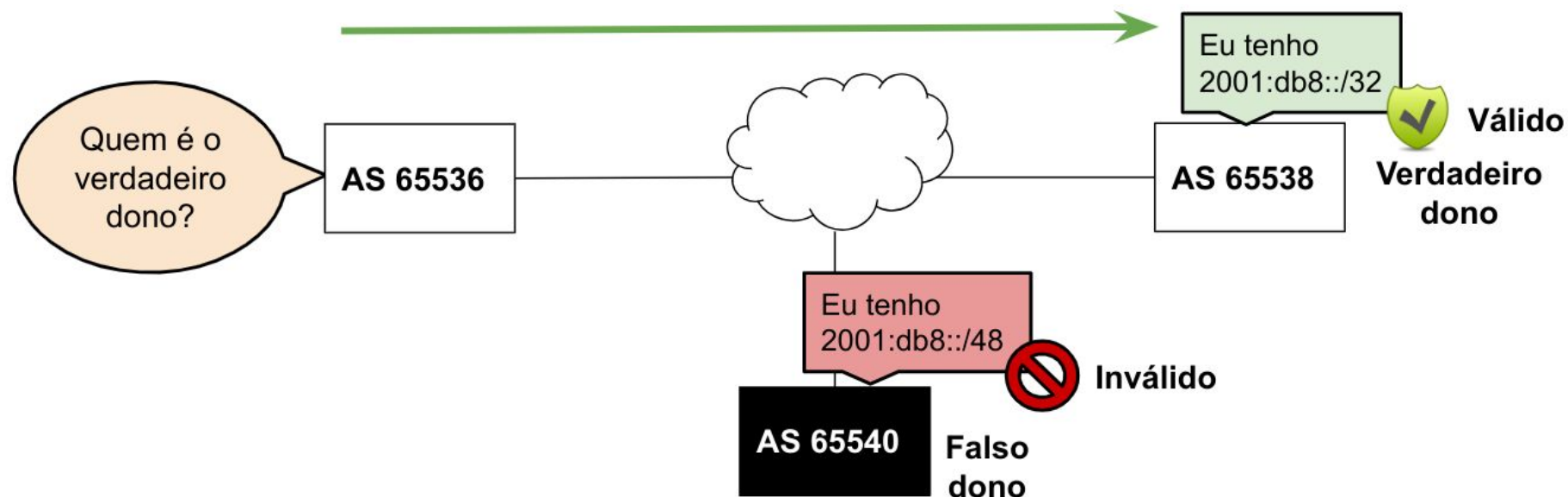


O que é RPKI?

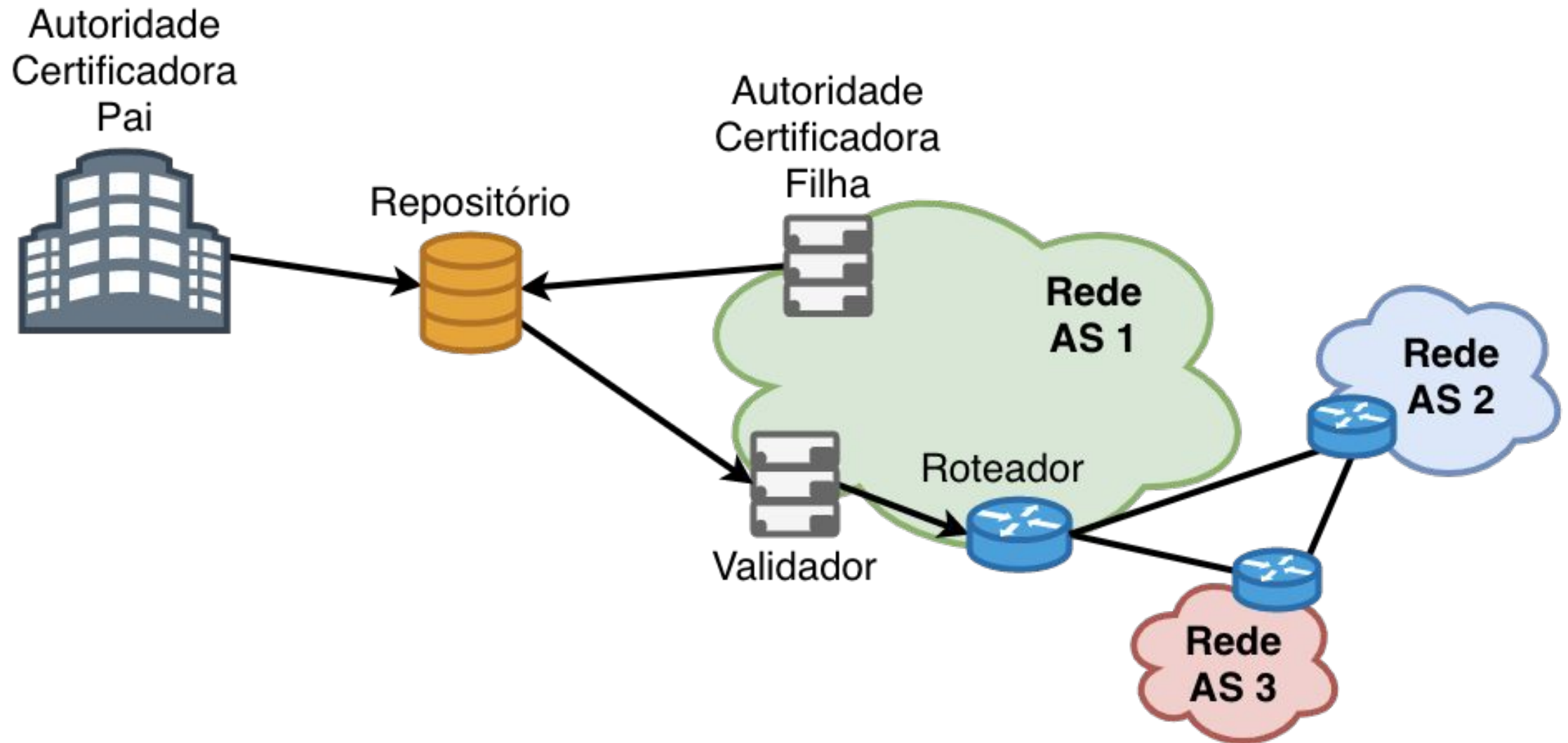
- ROTAS:

- 2001:db8::/32 ... 65538 i

- 2001:db8::/48 ... 65540 i



Estrutura do RPKI



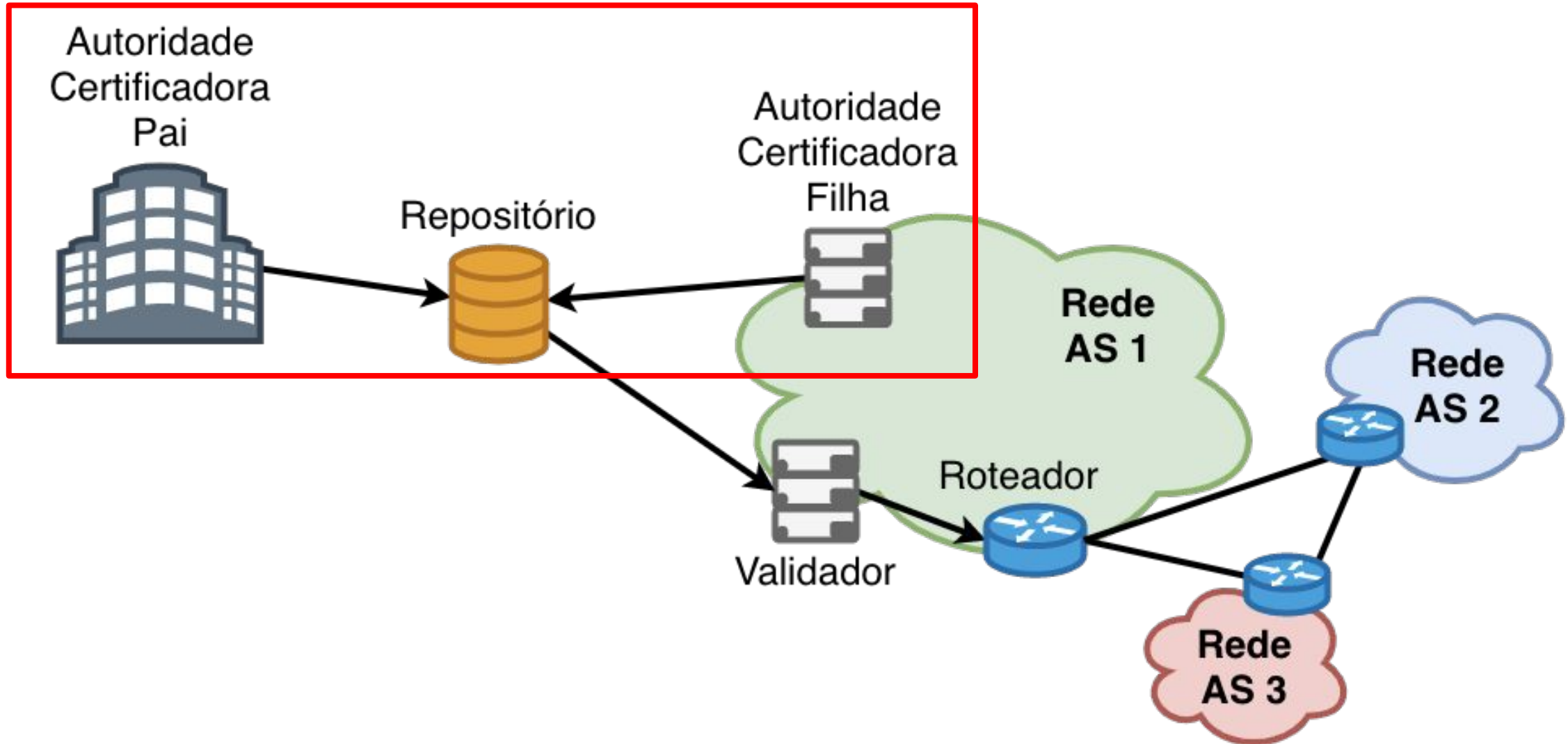
Estrutura do RPKI

- **Duas partes:**
 - **Certificação de recursos**
 - Anunciar os prefixos no RPKI
 - Qualquer um que possuir recursos de IP pode aderir
 - **Validação da Origem**
 - Consultar prefixos anunciados no RPKI
 - Necessita uso de roteador compatível

Parte I: Certificação de Recursos

ceptro.br nic.br egi.br

Certificação de Recursos



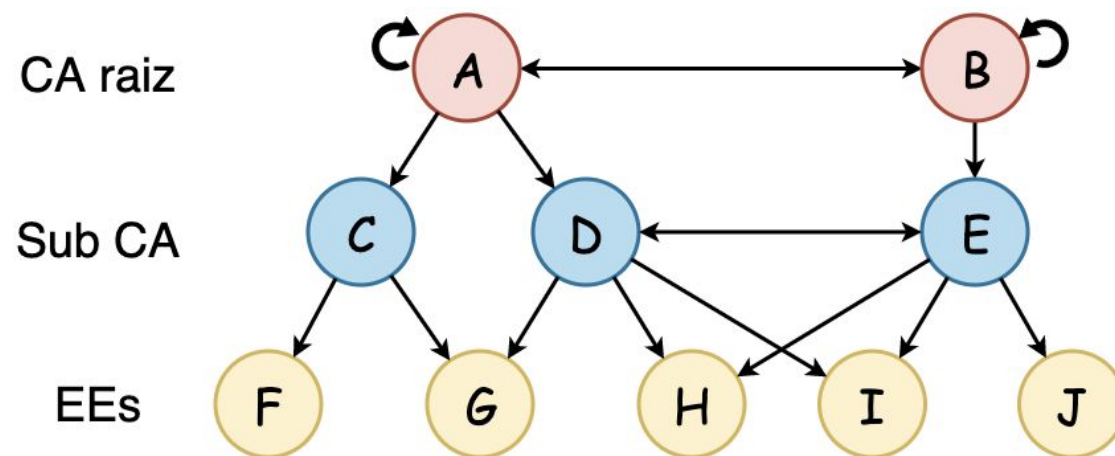
Certificação

- Certificação digital
 - Associa a chave pública com o seu dono
- Modelo **PKI (Public Key Infrastructure)**
 - certificado contém chave pública assinada por uma Autoridade Certificadora ou Certificate Authority (CA).
 - Ex.: ICP-Brasil
- **RPKI**
 - Certificação de recursos
 - Associa a chave pública com os recursos

Modelo PKI

- **Cadeias de certificação**

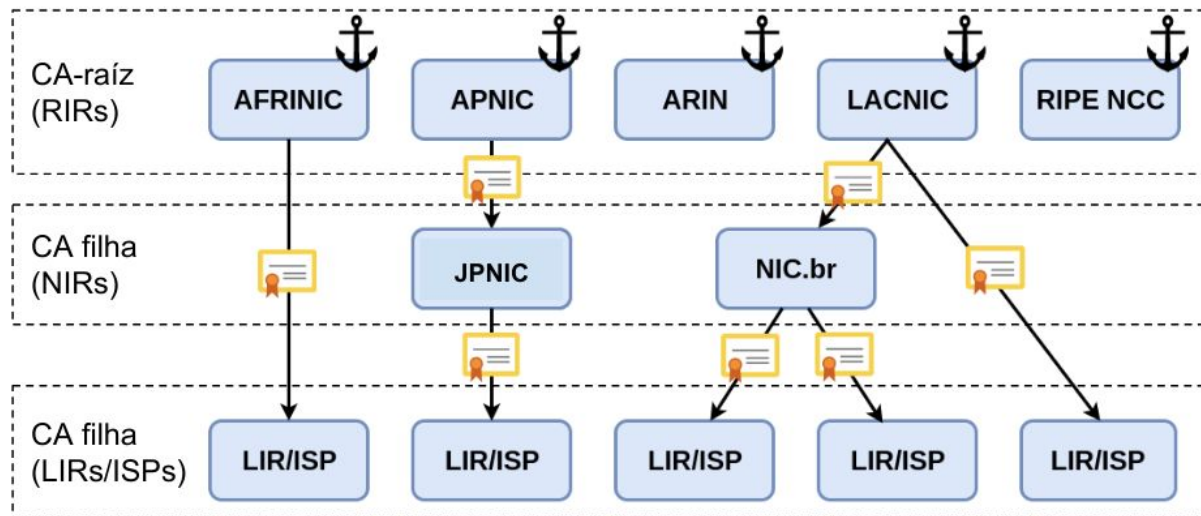
- **CA (Certificate Authority)** são entidades confiáveis e sua chaves públicas são **amplamente conhecidas!**
- Usa-se a chave da CA raiz (auto-assinado) para assinar outras chaves na cadeia até as entidades finais ou End Entities (EEs).
- Importante a proteção das chaves mais críticas (mais próximas da raiz).



Cadeia de certificação do RPKI

- RIRs

- Trust Anchor
 - Confiabilidade implícita
 - Certificados auto-assinados
- Certificam somente os recursos de sua própria hierarquia



Autoridade Certificadora

- **CAs Certificate**

- Organizações que distribuem recursos de numeração
- Detentores de recursos de numeração

- **Certificados das End Entities**

- Validam os documentos assinados contidos no repositório RPKI
- Cada certificado assina um documento

Cadeia de certificação do RPKI

- Cada **RIR** pode ser uma fonte autoritativa para a alocação de recursos:
 - *Delegação de endereços IPs (IPv4 e IPv6)*
 - *Delegação de ASNs*
- Funcionam como CA do par IPs-ASN e da chave pública do AS

ROAs

- Route Origin Authorisation
 - *Objeto assinado*

“Eu autorizo o ASN XXXX a originar esse prefixo”.

- **Elementos principais:**
 - Nome da ROA
 - Número do AS (ASN)
 - Prefixo alocado e máximo permitido
 - Tempo de validade
 - Assinatura da organização
 - Responsável pelos recursos

ROA da organização

ROA

Prefixo	2001:db8::/32
ASN	65538
Prefixo Max	/48
Tempo de validade	1 ano

Assinatura da organização



ROAs

- Todos os prefixos anunciados devem estar cadastrados em um ou mais ROAs
- Assinados e guardados em um repositório RPKI
 - Certificado contendo recursos de numeração
 - Declarações da origem das rotas para esses recursos
- Cada ROA contém apenas um ASN
 - Prefixos podem possuir mais de um ROA

ROAs

- E se uma organização quiser alocar seus recursos para outros ASes?
- **Duas opções:**
 1. Gerar a ROA para os próprios anúncios do seu ASN
 2. Gerar um certificado CA para outra organização (e.g. AS cliente), então essa gera a própria ROA
- **Se existir ROA para o prefixo, a origem da rota é validada**
- Publicar ROA incorreta é pior do que não publicar!

Como verificar existência de ROAs

**RPKI**
Explore the Routing Security ecosystem

[Statistics](#)[Route Validator](#)[BGP Routes](#)[Resource Explorer](#)

PREFIX:
200.160.0.0/20

ASN:
22548

Validating route **200.160.0.0/20**
from origin **AS22548**
✓ Valid
1 covering ROA found

Covering ROAs:

Trust Anchor	Prefix	Max Length	ASN	Expiration	Match
LACNIC	200.160.0.0/20	24	22548	in 5 months	✓

RPKI Portal - Route Validator: <https://rpki.cloudflare.com/>

Como verificar existência de ROAs

ROUTINATOR

Prefix Check

Metrics

Repositories

Connections

Prefix or IP Address (optional)

200.160.0.0/20

Origin ASN (optional)

AS22548

Validate

ASN Lookup ?

☒ Validate Prefixes for ASN found in BGP

Origin ASN Validation Source ?

☒ Longest Matching Prefix

☐ Exact Match only

Data Freshness ?

RPKI 2025-10-22 17:18:55 UTC
(6 minutes ago)

VALIDATION

Results for 200.160.0.0/20 - AS22548 **VALID**

At least one VRP Matches the Route Prefix

Matched VRPs

Prefix	Max Length	ASN
200.160.0.0/20	24	AS22548

RELATED PREFIXES

Best Matching Prefix in Allocations and/or BGP **REGION LACNIC**

Prefix	BGP Origin ASN	RPKI Status
> 200.160.0.0/20 ALLOCATED	AS22548	VALID

> 48 allocated to the same organization **REGION LACNIC**

Routinator - Prefix Check: <https://rpki-validator.ripe.net/ui/>

Visualizando uma ROA



RPKI
Explore the Routing Security ecosystem

Statistics

Route Validator

BGP Routes

Resource Explorer

KEY ID:
Enter a resource key

TRUST ANCHOR:
LACNIC

ASN:
22548

PREFIX:
200.160.0.0/20

PREFIX MATCH:

Less Specific

More Specific

Resource List

Hierarchical View

Found 1 ROAs and 6 certificates

ROAs

ASN	Prefix	Max Length	IP Family	Trust Anchor	Emitted	Expiration
AS22548	200.160.0.0/20	/24	IPv4	LACNIC	3/17/2025	in 5 months

Prefix: 200.160.0.0/20

Max Length: /24

ASN: 22548

Emitted: Mon, 17 Mar 2025 17:44:01 GMT

Validity: Mon, 17 Mar 2025 17:39:01 GMT - Mon, 16 Mar 2026 17:44:01 GMT

Trust Anchor: LACNIC

Name: 3082010A0282010100CF8B50CF4B206EFB7C79AB956F8ACC25F41A265D816F45C0722AEDA037B0901934EAC9971D2FC9BCA9DCDB4DBD35D3F3F5990B915E6009F972D3141E04806491071CEE3C4CB682C8C107AE9B8DF49092183F41E343FF1BB9D3520D5C9F822271

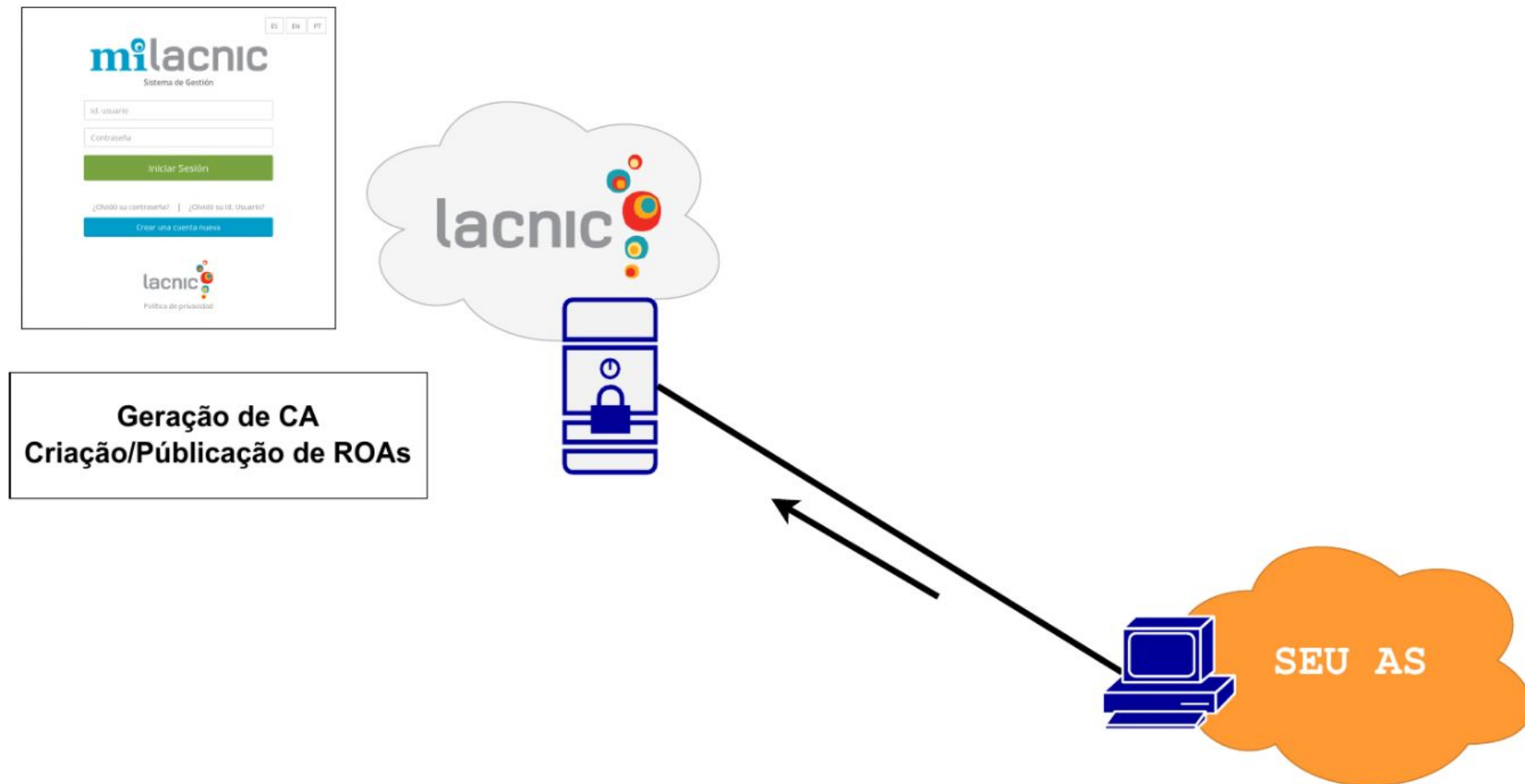
Key: ad10d9774dae626fac7329dad131f8ae903c4d9e

RPKI Portal - Resource Explorer: <https://rpki.cloudflare.com/?view=explorer>

Modos de operação no RPKI

- Existem dois modos de operação no RPKI:
 - **Modo hospedado**
 - LACNIC
 - **Modo delegado**
 - NIC.br

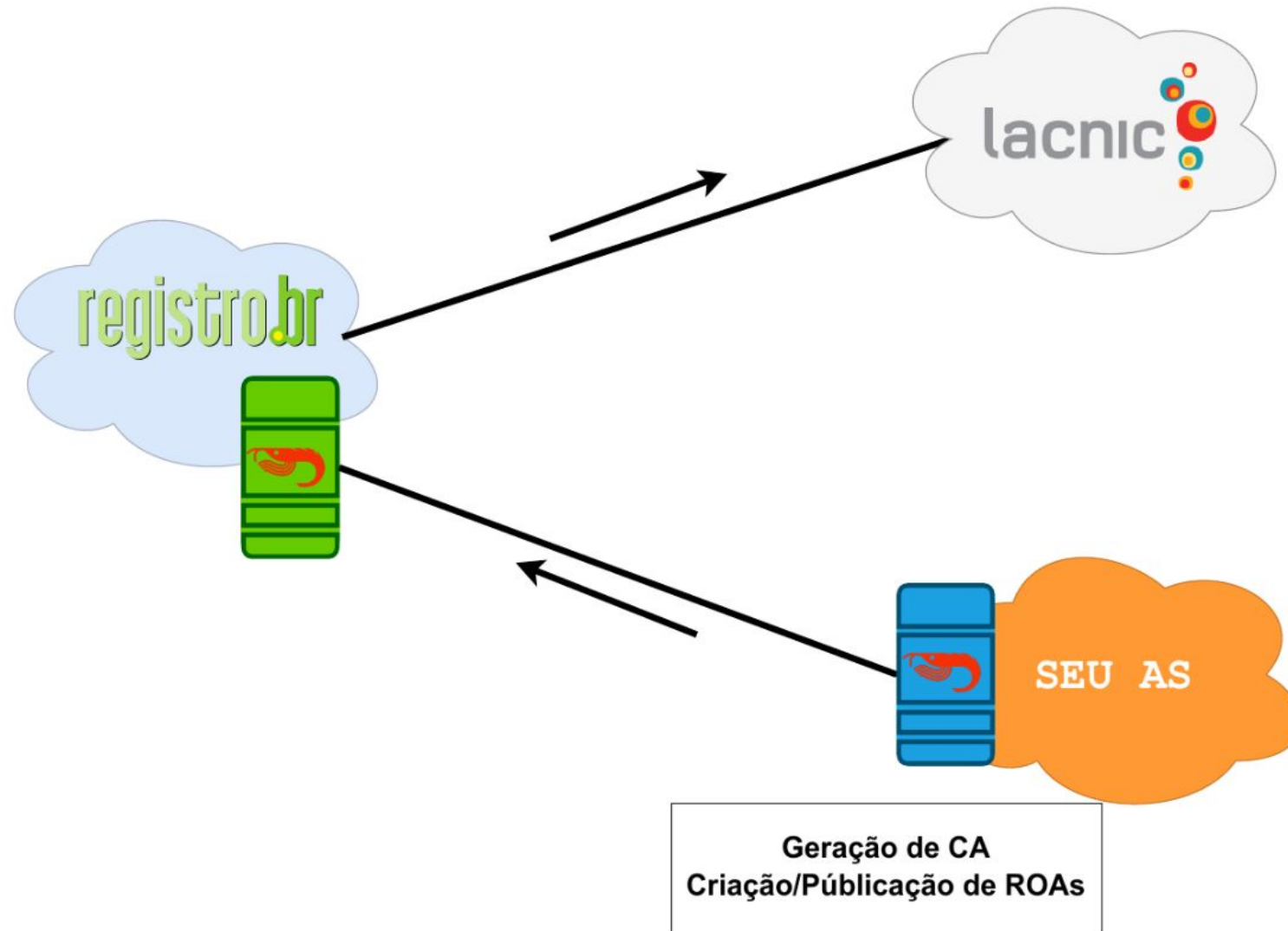
Modo Hospedado



Modo Hospedado

- Incentivar a adoção do RPKI
- **RIRs:**
 - Emitem e armazenam os certificados de recursos
 - Armazenam as chaves públicas e privadas
 - Oferecem interface web para os participantes
- AS depende do RIR para realizar suas ações no RPKI

Modo Delegado



Modo Delegado

- Sistema distribuído de CAs
 - Foi desenhado para ser assim
- Facilita a automatização
- Centraliza o gerenciamento das ROAs na organização dona dos recursos
- Controle da chave privada pelo AS
- Permite delegar CAs filhos para clientes
- AS tem mais autonomia no RPKI

Modo Delegado

- **Protocolo UpDown**

- Geração e validação do repositório
- Cada CA armazena a própria chave privada
- Envia seus certificados para assinatura da CA pai
- Publicação de certificados e ROAs
 - Repositório próprio ou de terceiros

Modo Delegado

- **O que eu preciso?**
 - Software CA
 - Krill - NLnet Labs
- **Servidor de publicação**
 - Servidor proprio (alta disponibilidade)
 - Servidor de terceiros (NIC.br)

O que é o Krill?

- Software open source
 - Criação, gerenciamento, publicação de CAs e ROAs
- Possui repositório próprio, mas permite a utilização de repositório de terceiros
- Funciona por linha de comando e por interface gráfica para usuário

Repositório RPKI

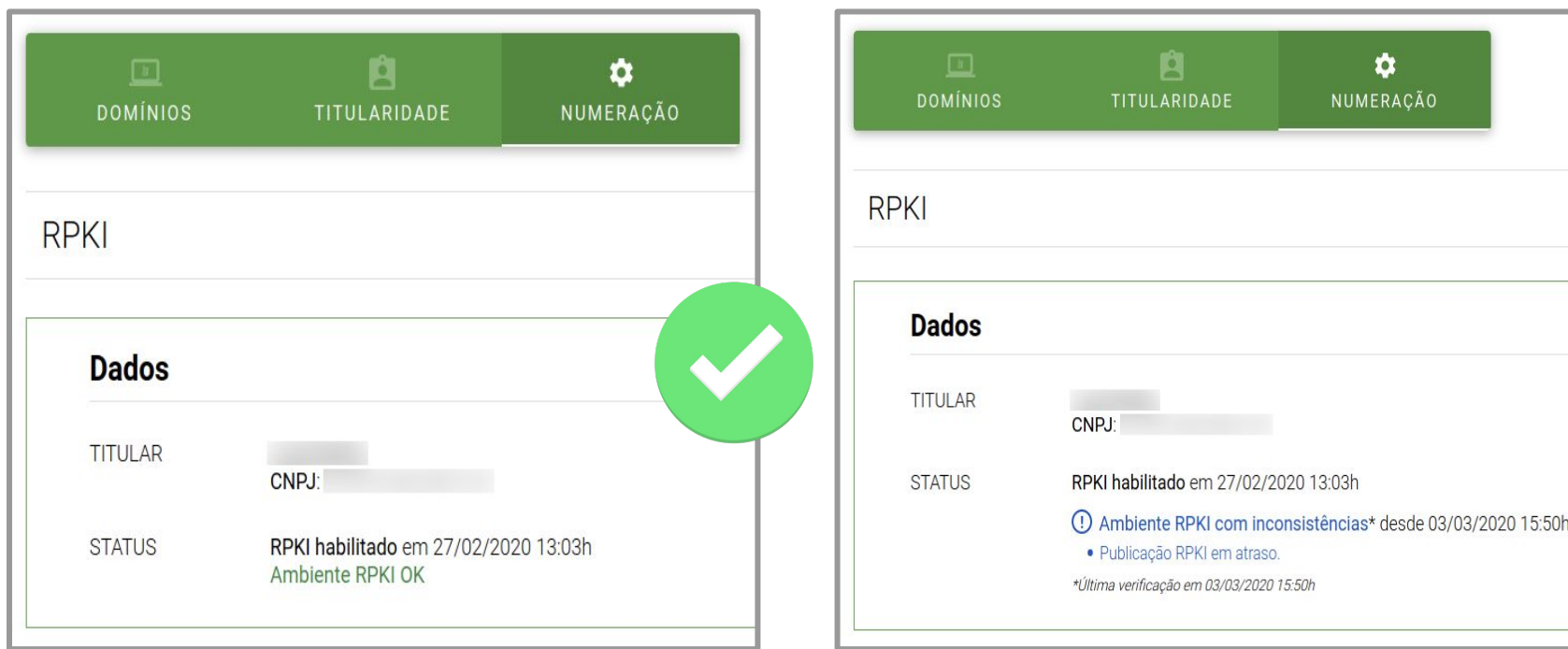
- **Armazenam**
 - **Resource Certification**
 - Certificados X.509 + extensão para IPs e ASNs (RFC 3779)
 - **Certificate Revocation List (CRL) - RFC 5280**
 - **Manifests (RFC 6486)**
 - Lista de documentos assinados por um AS
 - **Route Origin Authorisation (ROA) - RFC 6482**
 - Contém a lista de prefixos que podem ser anunciados por um ASN

Servidor Krill

- **É de extrema importância manter seu servidor Krill sempre ativo!**
 - Documentos do RPKI possuem prazo de validade
 - Atualizações automáticas e periódicas desses documentos são feitas pelo protocolo UpDown
 - Se o servidor Krill ficar inacessível e os documentos expirarem, as rotas válidas podem passar a ser consideradas desconhecidas

Monitoramento do RPKI pelo Registro.br

- Para ajudar nessa fase inicial da implantação do RPKI, o Registro.br disponibilizou um serviço de monitoramento que informa se suas configurações de RPKI estão corretas.



The image displays two side-by-side screenshots of the Registro.br RPKI monitoring interface. Both screenshots show a navigation bar with three tabs: DOMÍNIOS, TITULARIDADE, and NUMERAÇÃO. The main heading is 'RPKI'. Below this, there is a section titled 'Dados' containing the following information:

Dados	
TITULAR	[Redacted]
CNPJ:	[Redacted]
STATUS	RPKI habilitado em 27/02/2020 13:03h Ambiente RPKI OK

The left screenshot has a large green checkmark overlay on the right side, indicating a successful status. The right screenshot shows a warning message:

ⓘ Ambiente RPKI com inconsistências* desde 03/03/2020 15:50h

- Publicação RPKI em atraso.

*Última verificação em 03/03/2020 15:50h

Manutenção é essencial!

Não esqueça do RPKI!

**Atualize as ROAs quando mudar os
anúncios!**



nusenu

@nusenu_

On 2018-11-12 @Orange_France AS3215 replaced multiple /16 BGP announcements with /17s, unfortunately they didn't update their #RPKI ROAs causing big junks of IP space to become RPKI-unreachable.

This increases the RPKI unreachable IP space to >10k /24s

nusenu.github.io/RPKI-Observato...

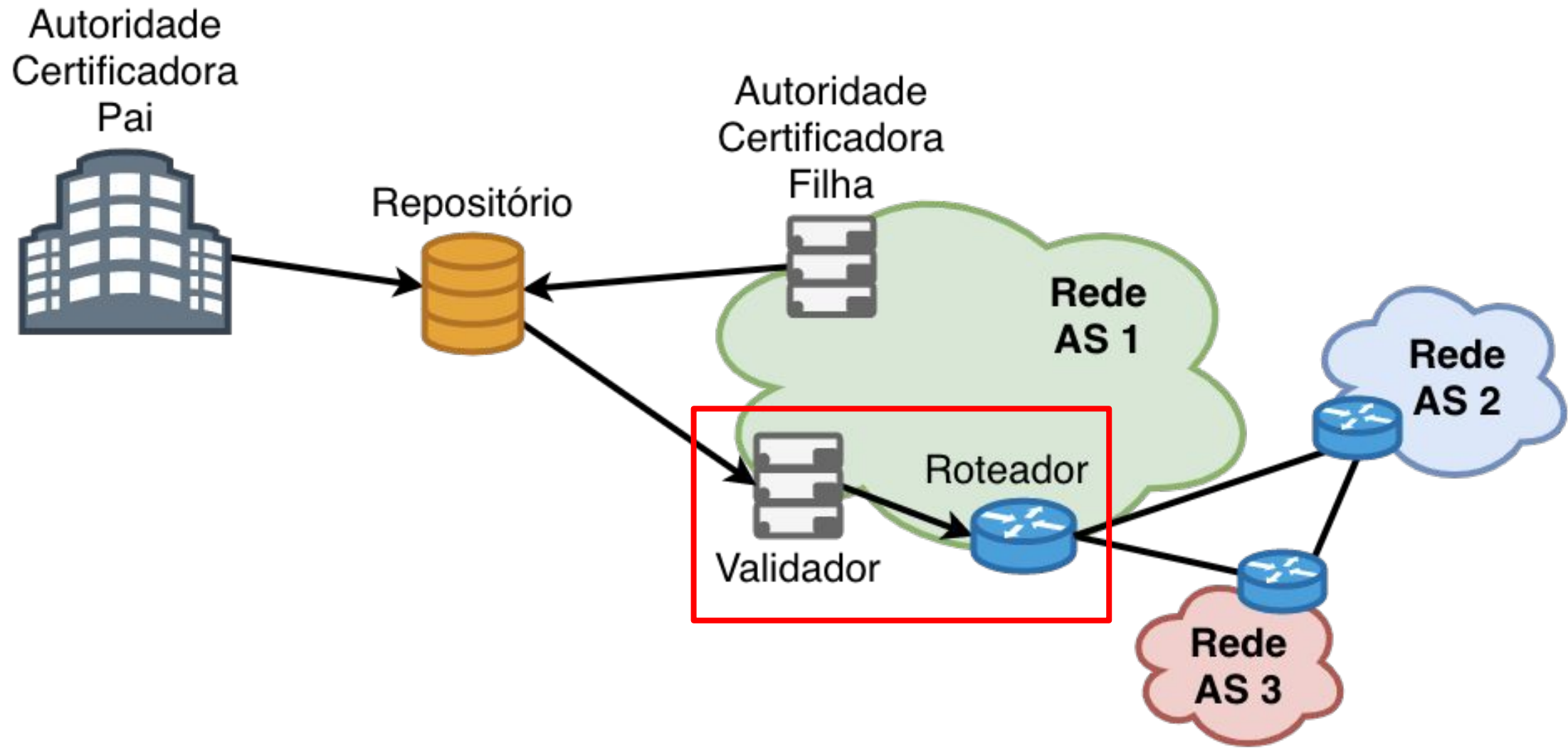


11:18 AM - 16 Nov 2018

Parte II: Validação da Origem

ceptro.br nic.br egi.br

Validação da Origem



Validação da Origem

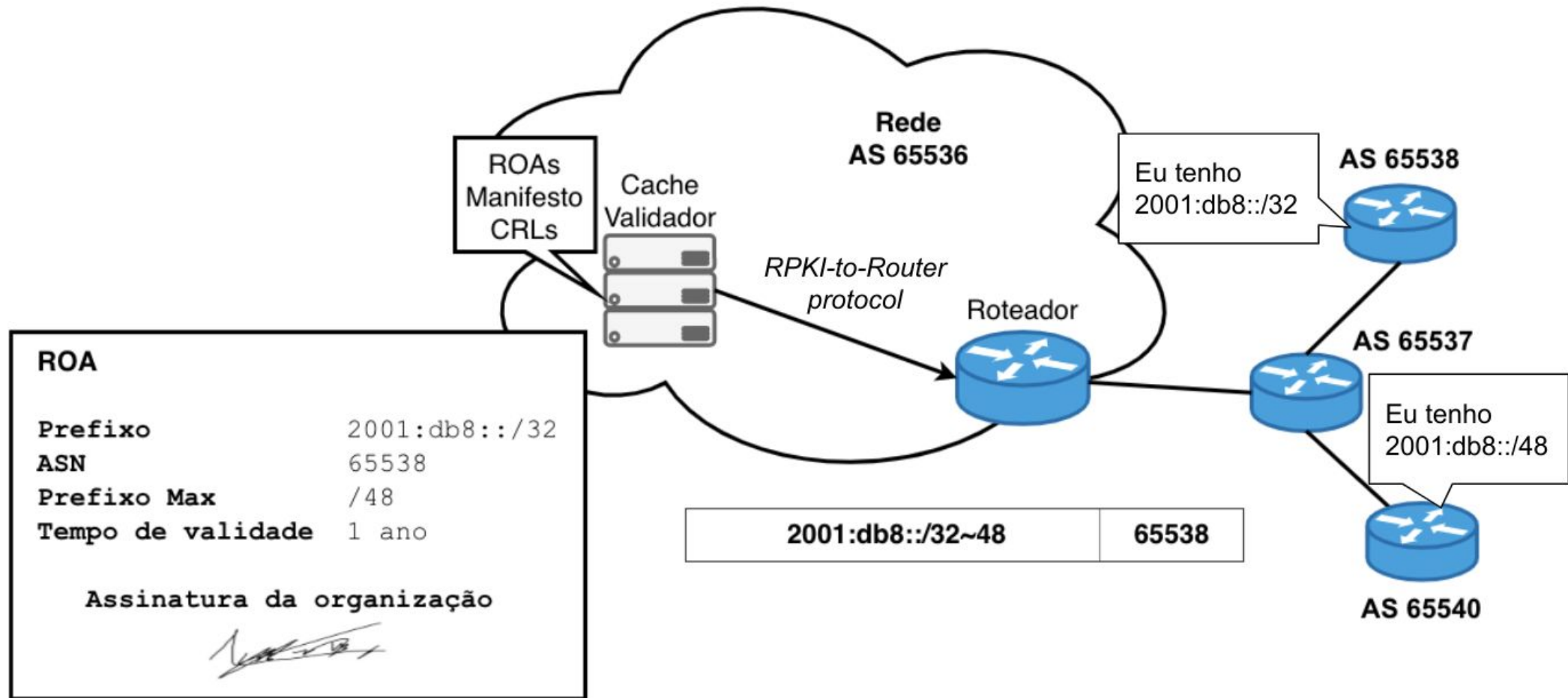
- **Validador**

- Validação dos objetos certificados
- Software que acessa fontes confiáveis e cria um cache da informação validada

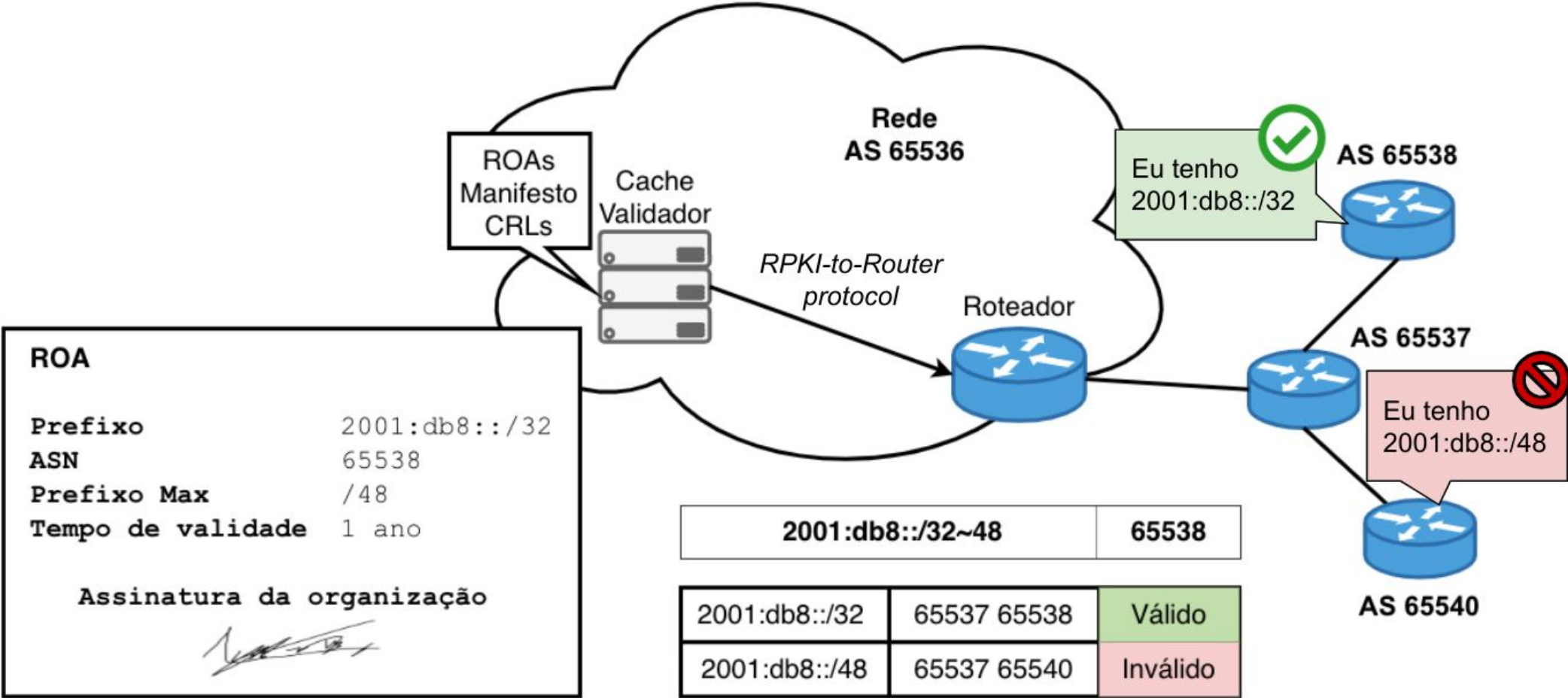
- **Roteador**

- Validação das rotas
- BGP habilitado para usar o RPKI
- Obtém informações do validador e utiliza para influenciar o roteamento

Validação da Origem



Validação da Origem



Roteador

Exemplo:

	AS de Origem	Prefixo	Prefixo Max.
ROA	65536	10.0.0.0/16	/18

Válida	65536	10.0.128.0/17
Inválida	65536	10.0.0.0/24
Desconhecido	65540	10.0.0.0/8

Validador

- Existem vários softwares disponíveis:
 - **ROUTINATOR**
 - FORT (LACNIC)
 - **RIPE validator**
 - RTRlib (bird, FRR, Quagga...)
 - **OctoRPKI & GoRTR (Cloudflare)**
- Trust Anchor Locator (TAL) já vem incorporados
 - Localizador para os 5 RIRs

Roteador

- Recebem VRPs do validador e utilizam para tomar decisões de roteamento
- Uma rota pode ser classificada como:
 - **Válida:** A origem e o prefixo máximo estão de acordo com a informação do ROA
 - **Inválida:** A informação não está de acordo com o ROA
 - **Desconhecido:** Não existe ROA para o prefixo verificado

Roteador

- Suporte a validação na origem
- **Hardware**
 - **Juniper**
 - Junos versão 12.2 e superiores
 - **Cisco**
 - IOS release 15.2 e superiores
 - Cisco IOS/XR desde a 4.3.2
 - **Nokia**
 - Release R12.0R4 e superiores rodando no 7210 SAS, 7750 SR, 7950 XRS ou VSR.

Roteador - Software

- **Existem vários softwares com suporte a RPKI:**
 - BIRD
 - OpenBGPD
 - FRRouting
 - GoBGP
 - VyOS

Fonte: <https://rpki.readthedocs.io/en/latest/rpki/router-support.html>

Recomendações

- Políticas de roteamento podem ser estabelecidas em cima da validação das rotas
 - Alterar preferências
 - Atribuir communities
 - Aplicar filtros

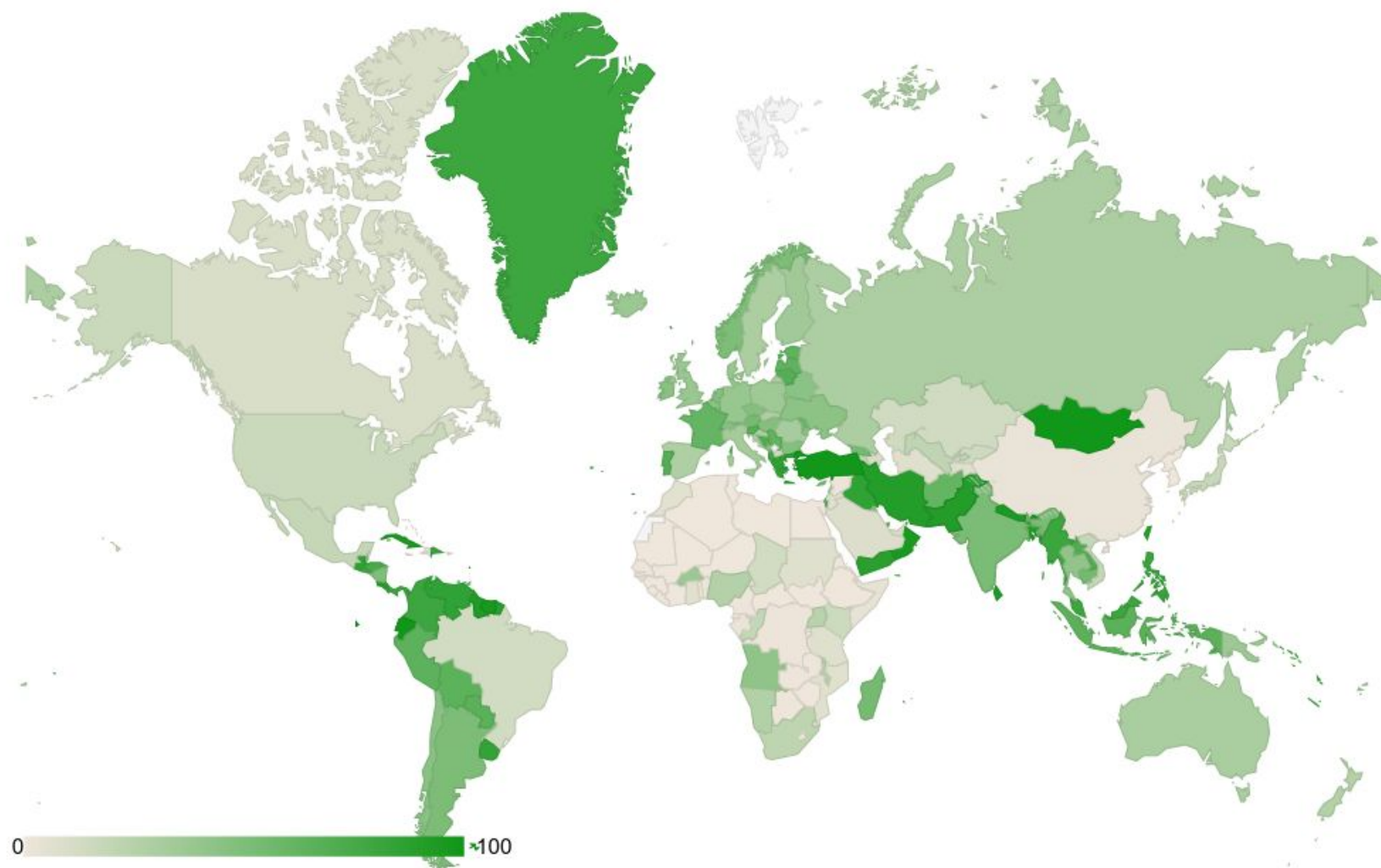
Adoção do RPKI



Highcharts.com © Natural Earth

Fonte: https://monitor.fortproject.net/en/rpki_map

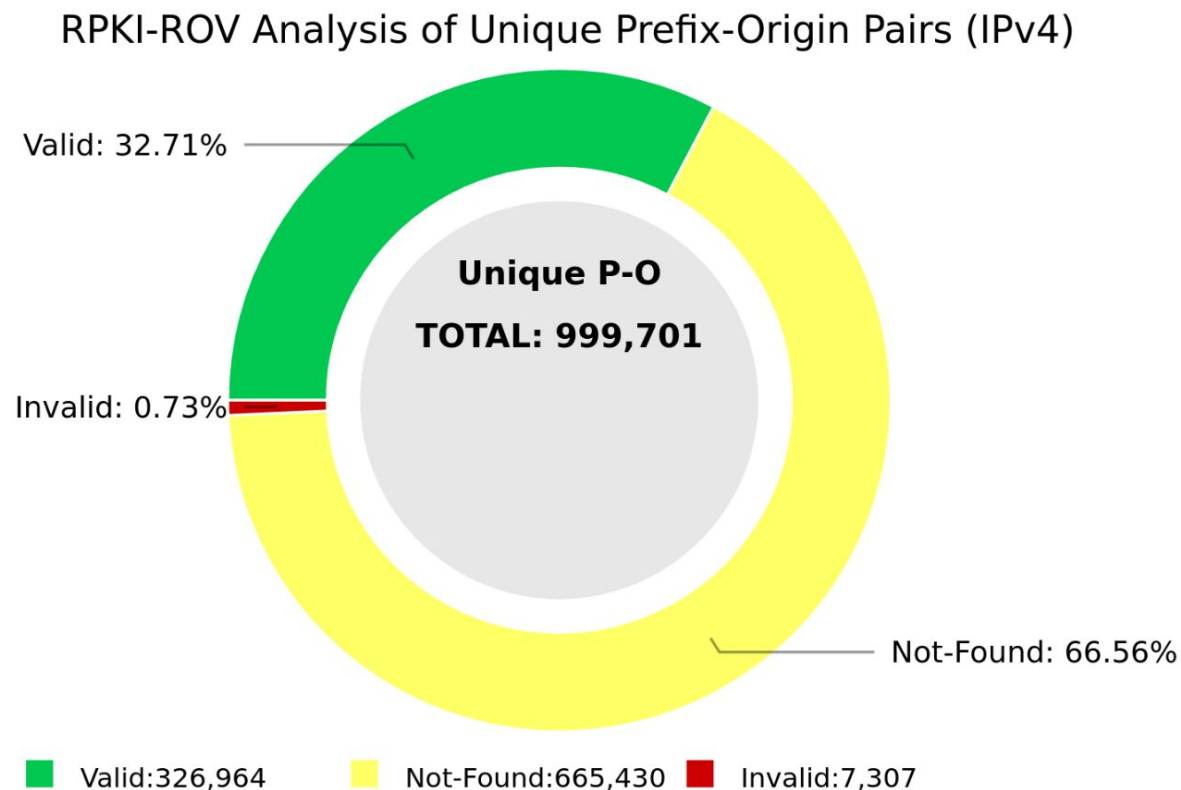
Adoção do RPKI



Fonte: <https://lirportal.ripe.net/certification/content/static/statistics/world-roas.html>

Validação de Rotas

- Análise da tabela completa do BGP em relação aos prefixos anunciados nos RPKIs



NIST RPKI Monitor RPKI-ROV Analysis

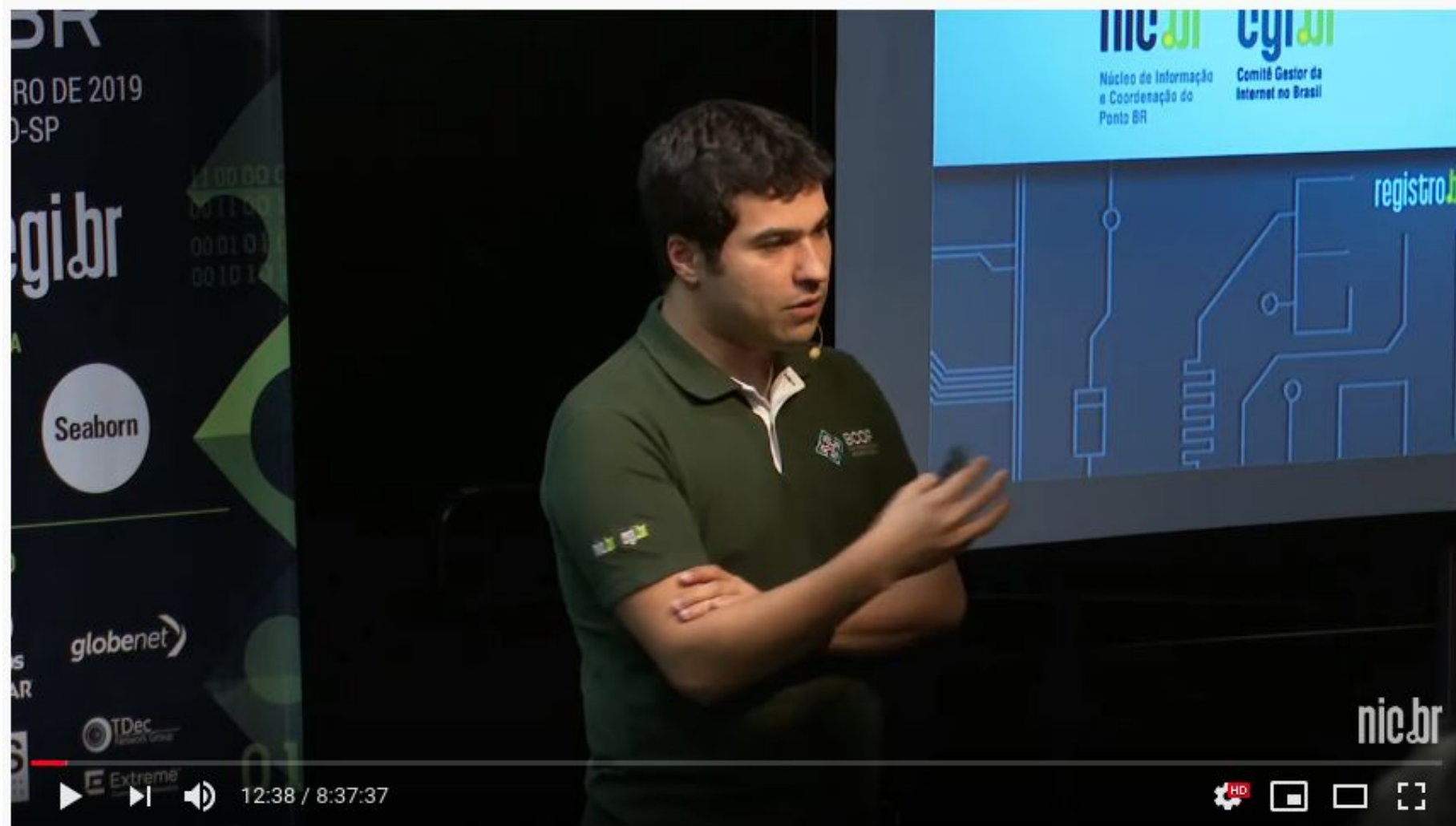
Protocol: IPv4

RIR: All

Date: 2021-11-11 06:00

Fonte: <https://rpki-monitor.antd.nist.gov/?p=0&s=0>

Saiba mais



<https://www.youtube.com/watch?v=A6F3OswNyh8>

Saiba mais



<https://www.youtube.com/watch?v=jSvMCjPoFME>

Saiba mais



<https://www.youtube.com/watch?v=mvQ2GxslhKo>

Dúvidas?



Patrocínio Terabyte

sulnet[®]



Apoio de Mídia



editora
novatec

Obrigado!

CEPTRO.br Cursos: cursosceptro@nic.br

CEPTRO.br IPv6: ipv6@nic.br



nic.br cgi.br

www.nic.br | www.cgi.br