

# ***Resiliência dos Sistemas de Distribuição de Energia Elétrica: Avaliação de Redes Subterrâneas e Demais Padrões de Rede no Cenário de Intensificação de Eventos Climáticos Extremos***

***Relatório de Análise de Impacto Regulatório nº  
XXXX/XXXX-STD/ANEEL***

***Documento juntado à Nota Técnica nº XXXX-XXXX-XXX/ANEEL  
Processo nº 48500.XXXXXX/XXXX-XX***

***Superintendência de Regulação dos Serviços de Transmissão e Distribuição de  
Energia Elétrica – STD***

***Brasília, XX/XX/XXXX – Versão Pré-Participação Pública***

O presente Relatório de Análise de Impacto Regulatório (AIR) examina a problemática associada à resiliência dos sistemas de distribuição de energia elétrica frente ao aumento da frequência e da intensidade de eventos climáticos extremos ou severos, os quais têm provocado elevação das interrupções no fornecimento, especialmente aquelas de caráter temporário. Tais eventos afetam diretamente a continuidade do serviço, um dos elementos centrais do conceito de serviço adequado previsto na legislação setorial.

A análise dos dados setoriais evidencia que os impactos decorrentes desses eventos não se distribuem de forma homogênea pelo território nacional. Observa-se maior concentração dos efeitos em determinadas regiões e concessões, com destaque para a região Sul do país, notadamente no estado do Rio Grande do Sul. Essa assimetria territorial indica que o problema possui caráter localizado, o que demanda cautela na avaliação de soluções regulatórias de aplicação generalizada.

O objetivo desta AIR é avaliar a necessidade e a conveniência de intervenção regulatória com vistas ao aumento da resiliência dos sistemas de distribuição, buscando a melhoria do desempenho da rede e a redução dos desligamentos temporários, sem prejuízo da eficiência, da modicidade tarifária e da adequada alocação de recursos. A análise considera, ainda, a aderência das alternativas ao modelo regulatório vigente, baseado na regulação por incentivos e com no foco nos resultados, e não nos meios empregados pelas distribuidoras.

Foram identificadas e avaliadas cinco alternativas regulatórias, que abrangem desde a manutenção da regulação atual até propostas de obrigatoriedade ou de incentivo à adoção de padrões construtivos específicos, incluindo redes subterrâneas e padrões intermediários de rede. A comparação das alternativas foi realizada por meio de análise multicritério, considerando critérios relacionados ao serviço adequado, à coerência regulatória e contratual e à dificuldade de implantação, englobando aspectos técnicos, operacionais e financeiros.

A análise comparativa demonstrou que a manutenção da regulação vigente constitui a alternativa mais adequada para o tratamento do problema regulatório identificado. Essa abordagem preserva a prerrogativa das distribuidoras na escolha dos padrões construtivos mais adequados às características de cada área de concessão, em consonância com os contratos de concessão e com o modelo de regulação por incentivos, ao mesmo tempo em que evita a imposição de soluções de elevado custo e difícil implementação em contextos nos quais não se mostram tecnicamente ou economicamente justificáveis.

Ressalta-se que a alternativa selecionada não inviabiliza a implantação de redes subterrâneas ou de outros padrões construtivos mais robustos, seja por iniciativa das próprias distribuidoras, quando tecnicamente recomendável, seja por solicitação e custeio de terceiros.

P. 2 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

interessados, conforme previsto na regulação vigente. Dessa forma, preserva-se a flexibilidade necessária para a adoção de soluções específicas, assegurando-se a eficiência na alocação de recursos e a modicidade tarifária.

Em síntese, a AIR conclui que o enfrentamento do problema da resiliência dos sistemas de distribuição frente a eventos climáticos extremos deve ocorrer prioritariamente por meio de decisões técnicas e econômicas descentralizadas, compatíveis com as características de cada concessão e com a evolução tecnológica do setor elétrico, cabendo ao regulador o acompanhamento contínuo dos resultados e a eventual reavaliação da necessidade de intervenção futura.

P. 3 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

## Conteúdo

1. Problema regulatório .....	4
2. Necessidade de intervenção.....	5
3. Atores ou grupos afetados .....	11
4. Base legal .....	11
5. Objetivos.....	11
6. Experiência nacional e internacional .....	12
6.1 Experiência nacional.....	12
6.2 Experiência internacional .....	23
6.3 Lições aprendidas e recomendações para o Brasil .....	26
7. Participação pública .....	28
8. Alternativas.....	28
8.1 Metodologia de Comparação das Alternativas.....	30
8.2 Impactos e Comparação das Alternativas .....	32
8.3 Análise de Sensibilidade dos Resultados .....	36
8.4 Identificação e definição dos efeitos e riscos .....	37
9. Implementação, monitoramento e avaliação .....	40
10. Alterações em regulamentos.....	41
11. Vigência .....	42

P. 4 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

## 1. Problema regulatório

1. O problema regulatório em questão está relacionado à resiliência dos sistemas de distribuição de energia elétrica no Brasil, frente ao aumento da frequência dos eventos climáticos extremos. Nos últimos anos, o país tem enfrentado uma crescente incidência de fenômenos climáticos adversos, como tempestades severas, enchentes e ventos fortes, que têm impactado significativamente a infraestrutura de distribuição de energia em algumas localidades.

2. Considerando o conceito de serviço adequado como sendo aquele que satisfaz as condições de regularidade, **continuidade**, **eficiência**, segurança, **atualidade**, generalidade, cortesia na sua prestação e **modicidade de tarifas**<sup>1</sup>, esse novo cenário pode demandar a atualização do aparato regulatório e a realização de adaptações no sistema de distribuição de modo a torná-lo mais resiliente.

3. Nesse contexto, por meio da Consulta Pública n° 32/2024, foram discutidos possíveis aprimoramentos regulatórios para aumento da resiliência dos sistemas de distribuição e transmissão de energia elétrica. Além disso, a atividade AR24-03, integrante da Agenda Regulatória da ANEEL para o biênio 2025-2026, prevê realização de nova consulta pública em 2026 para tratar de assuntos relacionados ao aumento da resiliência que não foram abordados na CP n° 32/2024.

4. É sabido que uma das principais causas de interrupção de energia durante eventos climáticos é a queda de objetos, galhos ou árvores sobre a rede de distribuição. Atualmente, os contratos de concessão de distribuição de energia no Brasil conferem ampla liberdade às distribuidoras para a escolha do padrão de rede a ser adotado na prestação desse serviço público<sup>2</sup>. Portanto, as adaptações necessárias para uma maior confiabilidade do sistema constituem uma obrigação das distribuidoras prevista no contrato de concessão.

5. Os padrões de rede mais utilizados incluem redes convencionais, redes compactas e redes subterrâneas. Cada um desses padrões possui características distintas em termos de custo, manutenção e resiliência frente a eventos climáticos extremos. Muitas vezes, as redes subterrâneas são apontadas como a melhor solução para mitigar o problema devido à sua maior proteção contra intempéries. No entanto, atualmente esse tipo de rede é significativamente mais caro, e sua adoção disseminada deve ser avaliada levando-se em consideração a relação benefício/custo, bem como outros aspectos associados.

6. Dessa forma, é importante também avaliar se os outros tipos de redes, convencional e compacta, alternativas mais baratas, podem apresentar desempenho satisfatório nessas condições,

<sup>1</sup> Art. 6º da Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995.

<sup>2</sup> CLÁUSULA SEGUNDA – CONDIÇÕES DE PRESTAÇÃO DO SERVIÇO PÚBLICO

Na prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica referido neste Contrato, a DISTRIBUIDORA se compromete com a prestação do serviço adequado, tendo ampla liberdade na direção de seus negócios, investimentos, pessoal, material e tecnologia, observadas as prescrições deste Contrato e das normas legais e regulamentares, assim como as instruções e determinações do PODER CONCEDENTE e da ANEEL.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 5 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

mesmo que adaptações sejam necessárias. O objetivo deste relatório de análise de impacto regulatório é justamente avaliar se são necessárias alterações na regulação vigente para impor obrigações às distribuidoras quanto à adoção de determinado padrão de rede, ou quanto a adaptações no sistema, que tornem a infraestrutura mais resiliente e apresentem uma boa relação benefício/custo. Ainda, é importante avaliar se existem barreiras regulatórias que inibam que as distribuidoras adotem a melhor solução técnica em casos específicos.

7. Essa avaliação é crucial, pois qualquer alteração nesse sentido representaria uma mudança de paradigma no modelo de regulação da distribuição de energia, que atualmente é baseado na regulação por incentivos com foco nos resultados, e não nos meios empregados para a prestação do serviço adequado. A regulação por incentivos visa promover a eficiência e a qualidade do serviço, permitindo que as distribuidoras escolham as melhores práticas para alcançar esses objetivos. No entanto, diante do aumento dos eventos climáticos extremos, é necessário considerar se essa abordagem ainda é a mais adequada para garantir a resiliência das redes de distribuição de energia.

8. É importante ainda considerar as mudanças pelas quais passam os sistemas de distribuição de energia em razão do surgimento e possível adoção de novas tecnologias, tais como *Battery Energy Storage Systems* – BESS, *Non-Wires Alternative* (NWA), micro-redes e usinas virtuais de energia elétrica – VPP, que podem representar maneiras mais eficientes para alocação de recursos. Nesse cenário de incertezas, e considerando o longo prazo de amortização dos investimentos no sistema de distribuição, o regulador deve ser cauteloso ao obrigar soluções específicas que podem se tornar obsoletas nos próximos anos.

9. Portanto, este Relatório de Análise de Impacto Regulatório busca avaliar qual seria a melhor abordagem para endereçar esse problema, considerando os benefícios e custos de diferentes padrões de rede e a necessidade de garantir a continuidade e a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica em um cenário de mudanças climáticas.

## **2. Necessidade de intervenção**

10. A incidência de fenômenos climáticos adversos, como tempestades severas, enchentes e ventos fortes, impactam significativamente a infraestrutura de distribuição de energia elétrica e causam interrupções no fornecimento, principalmente devido à queda de objetos, galhos e de árvores sobre a rede de distribuição. Diante desse cenário, torna-se importante avaliar a necessidade e conveniência de intervenção da ANEEL para atualizar o aparato regulatório vigente com vistas ao aumento da resiliência dos sistemas.

11. A Lei Geral das Concessões, Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995, estabelece em seu art. 6º que toda concessão ou permissão pressupõe a prestação do serviço adequado, definido como

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 6 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

aquele que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade de tarifas.

12. Por sua vez, nos termos do contrato de concessão do serviço público de distribuição de energia elétrica, a distribuidora se compromete com a prestação do serviço adequado, tendo ampla liberdade na direção de seus negócios, investimentos, pessoal, material e tecnologia, observadas as prescrições do Contrato e das normas legais e regulamentares, assim como as instruções e determinações do Poder Concedente e da ANEEL.

13. Assim, da leitura conjunta do art. 6º da Lei nº 8.987/1995 e do contrato de concessão, na prestação do serviço adequado a distribuidora deve empregar todos os métodos e estratégias necessários. Em linha com o modelo de regulação por incentivos, o foco do regulador está no resultado a ser alcançado, o serviço adequado, não nos meios utilizados para a sua obtenção.

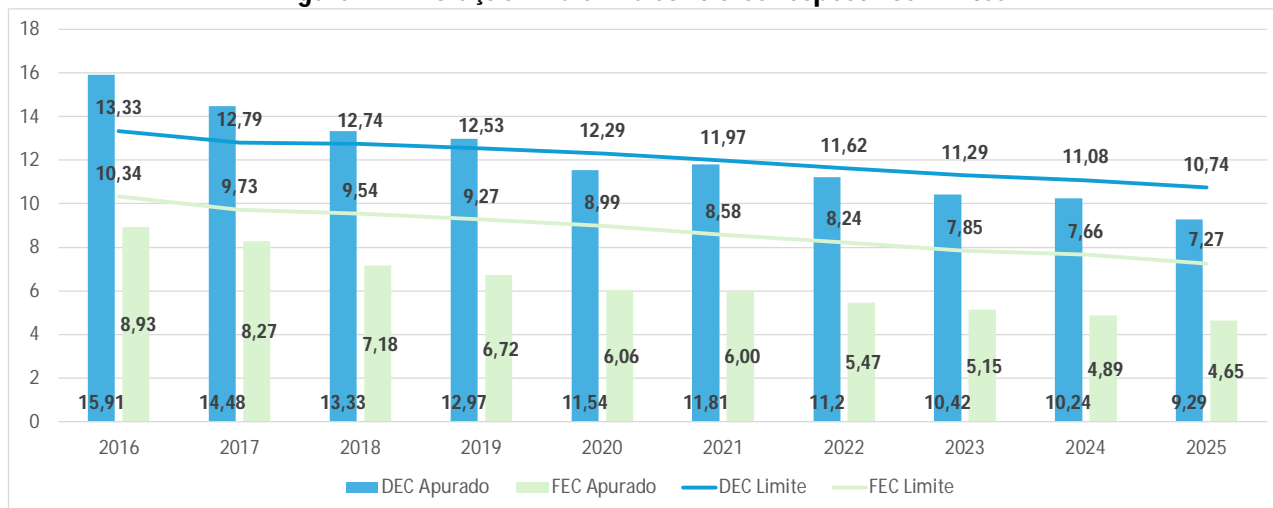
14. Nesse contexto, tendo em foco os padrões construtivos das redes de distribuição, objeto de avaliação deste relatório, é importante salientar que não existe vedação regulatória para a adoção de redes subterrâneas ou qualquer outro padrão de rede, tendo as distribuidoras ampla liberdade para empregar a tecnologia mais adequada para cada situação.

15. Na Figura 1 é mostrada a evolução dos valores apurados de DEC e FEC contra os limites estabelecidos no período de 2016 a 2025 para as concessionárias de distribuição. Como pode ser observado, os limites estabelecidos são menores a cada ano, exigindo um melhor desempenho das empresas. No período avaliado, o limite de DEC passou de 13,33 horas para 10,74 horas (redução de 2,59 horas ou 19,43%), enquanto o limite de FEC saiu de 10,34 interrupções para 7,27 interrupções (redução de 3,07 interrupções ou 29,69%). Nota-se também que os valores apurados de DEC encontravam-se acima dos limites até 2019. No período, o valor apurado do DEC passou de 15,91 horas para 9,29 horas (melhora de 41,61%), enquanto o valor apurado do FEC saiu de 8,93 interrupções para 4,65 interrupções (melhora de 19,43%).

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 7 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Figura 1 – Evolução DEC e FEC contra os respectivos limites.**



16. O cenário apresentado na Figura 1 permite concluir que regulação por incentivos obteve êxito na melhoria da continuidade do fornecimento de energia no Brasil na última década. Atualmente, os incentivos atuando na regulação da qualidade compreendem a metodologia de definição dos limites de DEC e FEC, com o estabelecimento de limites decrescentes, a componente Q do Fator X, o mecanismo de compensações pela transgressão dos limites dos indicadores individuais de continuidade DIC, FIC, DMIC e DICRI, o ranking da continuidade e a regulação progressiva de avaliação do desempenho contratual (Resolução n° 948/2021).

17. Assim, a flexibilidade conferida pelo contrato de concessão, acompanhada dos incentivos existentes na regulação, permite que as distribuidoras decidam sobre os meios mais adequados para prestar o serviço, bem como para implementar as eventuais adaptações e estratégias necessárias para enfrentar os diversos desafios existentes na concessão, incluindo os eventos climáticos extremos. No entanto, deve ser avaliado se essa abordagem é suficiente para garantir a resiliência necessária frente ao aumento da frequência e intensidade dos eventos climáticos adversos.

18. Na Figura 2 é apresentada a evolução do DEC apurado anual estratificado, considerando as interrupções expurgáveis (INE, INC, IPC, INO, XN, XP, XNC, XPC) e as não expurgáveis (IND e IP), nos termos do Módulo 8 do PRODIST<sup>3</sup>. A partir de 2022, é possível perceber um crescimento expressivo das interrupções em situação de emergência – ISE, refletida na componente INE do DEC, o que inclui as

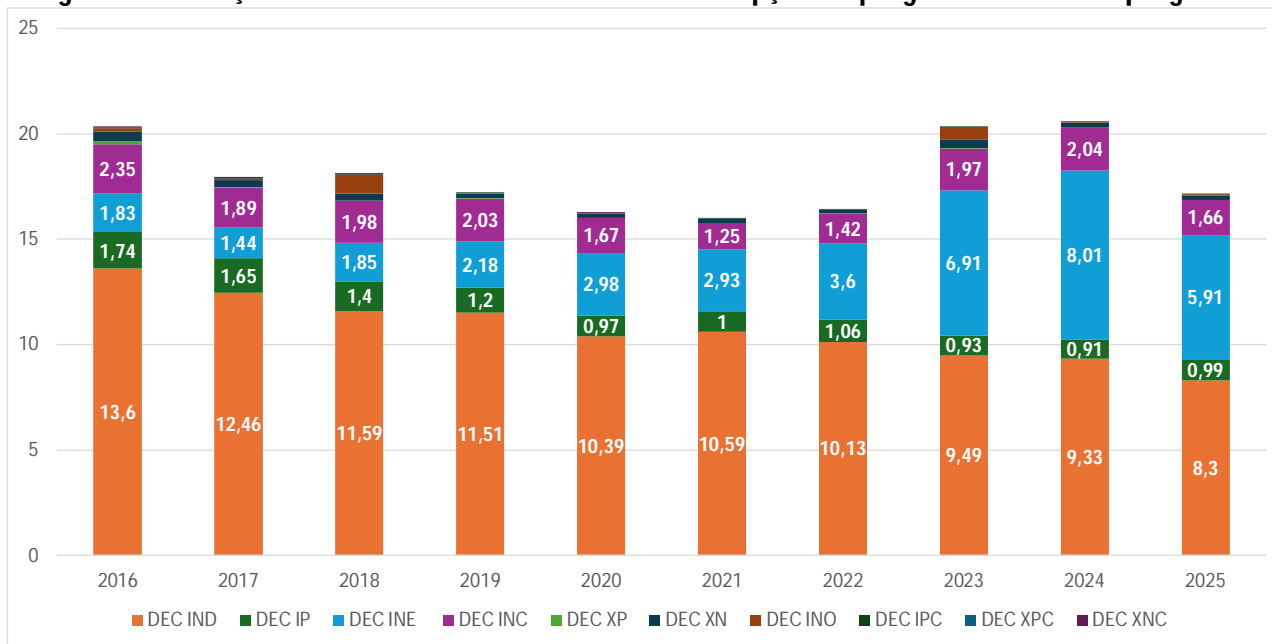
<sup>3</sup> Até 2022, para o DEF/FEC Apurado, eram consideradas as parcelas XP, XN, IP e IND. As outras parcelas eram consideradas como “Expurgadas”. A partir de 2023, são consideradas no DEC/FEC Apurado, as parcelas IP, IND. As parcelas XPC e XNC deixam de existir e as demais são expurgadas.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 8 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

interrupções decorrentes de eventos climáticos extremos. O DEC INE passou de 2,93 horas em 2021 para 5,91 horas em 2025, atingindo um pico de 8,01 em 2024.

**Figura 2 – Evolução do DEC Brasil considerando as interrupções expurgáveis e as não expurgáveis.**



19. Considerando o período de 2022 a 2025, e com o objetivo de aprofundar o entendimento sobre as interrupções expurgadas, foi realizada uma análise levando em conta a união de dois grupos de empresas: i) distribuidoras com contribuição maior ou igual a 7% no DEC INE Brasil em pelo menos um ano no período (critério de relevância absoluto); e ii) distribuidoras cuja relação entre a contribuição no DEC INE Brasil e a contribuição no número de consumidores do Brasil seja maior que 30% em pelo menos dois anos do período (critério de relevância relativa e recorrência). Com base nesses critérios, foram selecionadas 10 das 53 concessionárias de distribuição existentes no Brasil, conforme os resultados apresentados na Tabela 1.

**Tabela 1 - Contribuições no DEC INE e no número de consumidores no Brasil.**

Distribuidoras	Contribuição DEC INE [%]				Contribuição Número de Consumidores [%]			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
<b>CEEE EQUATORIAL</b>	6,33%	10,12%	19,81%	10,90%	2,08%	2,10%	2,13%	2,12%
<b>CEMIG-D</b>	12,21%	10,22%	7,87%	7,92%	10,20%	10,21%	10,25%	10,23%
<b>COPEL-DIS</b>	10,01%	7,90%	3,44%	9,10%	5,67%	5,66%	5,68%	5,67%
<b>EMS</b>	2,09%	1,91%	1,36%	2,46%	1,24%	1,23%	1,24%	1,24%
<b>ENEL CE</b>	11,01%	5,62%	6,76%	3,97%	4,52%	4,53%	4,28%	4,17%

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 9 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

Distribuidoras	Contribuição DEC INE [%]				Contribuição Número de Consumidores [%]			
	2022	2023	2024	2025	2022	2023	2024	2025
ENEL RJ	6,16%	9,09%	5,80%	4,49%	3,05%	2,98%	2,95%	2,91%
ENEL SP	6,71%	15,42%	14,51%	19,05%	8,69%	8,72%	8,71%	8,66%
EQUATORIAL GO	5,06%	5,26%	3,23%	3,96%	3,66%	3,68%	3,79%	3,83%
NEOENERGIA COELBA	3,01%	3,26%	6,66%	10,57%	6,66%	6,65%	6,75%	6,75%
RGE	8,12%	4,57%	11,91%	1,69%	3,44%	3,42%	3,38%	3,37%
<b>TOTAL</b>	<b>70,72%</b>	<b>73,37%</b>	<b>81,37%</b>	<b>74,11%</b>	<b>49,20%</b>	<b>49,18%</b>	<b>49,14%</b>	<b>48,95%</b>

	Atende ao critério i
	Atende ao critério ii
	Atende aos dois critérios

20. Os dados da Tabela 1 nos fornecem algumas informações importantes. Em primeiro lugar, é possível verificar que apenas as 10 concessionárias selecionadas representam de 70% a 81% do DEC INE do Brasil entre 2022 e 2025, enquanto o número de consumidores no mesmo período representa contribuição inferior a 50%.

21. A EMS, embora represente uma pequena contribuição ao DEC INE Brasil (critério i), apresenta, de forma recorrente, contribuição bastante superior à sua contribuição no número de consumidores do Brasil de cerca de 1,2%.

22. Embora a Cemig-D conste da lista por ter atendido ao critério i), sua contribuição no DEC INE está em linha com sua contribuição no número de consumidores do Brasil. Com exceção do ano de 2025, o mesmo pode ser dito para o caso da Neoenergia Coelba. Ou seja, a presença dessas duas distribuidoras na lista se deve principalmente ao tamanho de suas concessões.

23. Das distribuidoras restantes, observa-se que três delas, CEEE Equatorial, Copel-Dis e RGE, são concessões localizadas na região Sul do Brasil. Nota-se que, principalmente no caso das distribuidoras que atendem ao estado do Rio Grande do Sul, a contribuição no DEC INE é muito maior do que a contribuição no número de consumidores e que, em alguns casos, essa relação atinge quase dez vezes, como o exemplo da CEEE Equatorial em 2024 (19,81% de DEC INE x 2,13% N° de Consumidores). Assim, a partir desses dados, pode-se inferir uma maior concentração de eventos severos na região Sul, notadamente no estado do Rio Grande do Sul.

24. Por sua vez, das quatro últimas distribuidoras, três pertencem ao Grupo Enel (Enel CE, Enel RJ e Enel SP), e a outra pertenceu ao mesmo Grupo até dezembro de 2022 (Equatorial GO, antes Enel GO). Importante notar que são concessões localizadas em diferentes regiões do país (Sudeste, Nordeste e Centro-Oeste). No caso da Equatorial GO, a concessão foi assumida pelo Grupo Equatorial em janeiro de 2023, e já em 2024 sua contribuição ao DEC INE deixou de atender aos critérios aqui avaliados.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 10 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

25. Assim, apesar do aumento do número de eventos climáticos severos, a análise acima apresentada nos permite concluir que seus efeitos não são igualmente distribuídos por todo território nacional, possuindo maior incidência na região Sul, principalmente no estado do Rio Grande do Sul. Adicionalmente, pode-se inferir que os critérios para o enquadramento de interrupções como ISE também não são uniformemente empregados pelas distribuidoras, visto que todas empresas do Grupo Enel, independentemente da localização territorial, foram selecionadas devido à sua considerável contribuição ao DEC INE Brasil, seja em termos absoluto ou relativo. Portanto, além do aspecto locacional, a análise aqui realizada evidencia um componente gerencial associado ao desempenho das distribuidoras na gestão das interrupções.

26. Destaca-se que, entre as atividades de aprimoramentos regulatórios com vistas ao aumento da resiliência do sistema de distribuição, também está prevista uma atividade para avaliar o conceito de ISE, bem como os critérios para o correto enquadramento de interrupções nessa categoria (Atividade AR26-04 – Avaliação de aprimoramentos regulatórios sobre Interrupção em Situação de Emergência relacionados à resiliência do sistema de distribuição a eventos climáticos extremos). Um dos objetivos seria mitigar a classificação como ISE de interrupções decorrentes de eventos que não possuem intensidade, severidade e abrangência suficientes para tal categorização.

27. Ainda é importante mencionar que, embora o foco deste estudo sejam os padrões construtivos da rede de distribuição, aspecto mais diretamente associado ao CAPEX, é importante destacar que o melhor gerenciamento dos recursos de operação e manutenção (OPEX) possui um importante papel no aumento da resiliência dos sistemas. As estratégias de gestão de crise, a realização de podas e manutenções preventivas e a quantidade de equipes em número adequado são fundamentais para o enfrentamento de eventos climáticos severos. Tais aspectos foram endereçados nas discussões realizadas no âmbito Consulta Pública n° 32/2024, resultando na Resolução Normativa n° 1.137, de 21 de outubro de 2025. Destaca-se também que a prática de se realizar PMSO<sup>4</sup> abaixo dos valores reconhecidos na tarifa deve ser acompanhada da adequada prestação do serviço, incluindo a resposta a eventos climáticos severos.

28. Voltando à questão dos padrões construtivos, o foco da possível intervenção a ser avaliada neste relatório de AIR seria o estabelecimento de possíveis obrigações/incentivos às distribuidoras quanto à adoção de padrões de redes específicos ou quanto a possíveis medidas de adaptação necessárias nos sistemas. Nesse tipo de abordagem, que iria de encontro à regulação vigente, a intervenção da ANEEL poderia ser justificada pela necessidade de garantir a continuidade e a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica em um cenário de mudanças climáticas.

29. Com base no diagnóstico aqui apresentado, em que restou caracterizado que o problema aparenta ser localizado em algumas regiões e empresas, é fundamental avaliar qual a melhor alternativa

---

<sup>4</sup> Somatório das Despesas de Pessoal, Materiais, Serviços de Terceiros e Outros (inclui Amortização e Depreciação).

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 11 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

regulatória, incluindo a possibilidade de não intervenção, que assegure que as redes de distribuição sejam capazes de enfrentar os desafios impostos pelos eventos climáticos adversos, garantindo a prestação do serviço adequado, notadamente quanto aos aspectos de continuidade, eficiência, atualidade e modicidade de tarifas.

### 3. Atores ou grupos afetados

30. Os grupos afetados pelas discussões desta AIR são:

- Consumidores de energia elétrica e sociedade em geral;
- Concessionárias e permissionárias do serviço público de distribuição de energia elétrica;
- Outras empresas e/ou concessionárias que compartilham a infraestrutura de distribuição de energia elétrica; e
- Administração pública.

### 4. Base legal

31. Esta AIR fundamenta-se nos seguintes atos legais e normativos:

- [Lei nº 8.987, de 13 de fevereiro de 1995;](#)
- [Lei nº 9.074, de 7 de julho de 1995;](#)
- [Lei nº 9.427, de 26 de dezembro de 1996;](#)
- [Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional – PRODIST \(Resolução Normativa nº 956, de 7 de dezembro de 2021\);](#)
- [Resolução Normativa ANEEL nº 1.000, de 7 de dezembro de 2021;](#) e
- [Contratos de Concessão e Permissão do Serviço Público de Distribuição de Energia Elétrica.](#)

### 5. Objetivos

32. O objetivo deste estudo é avaliar, estruturar e debater com a sociedade a necessidade e a conveniência de realizar alterações na regulação vigente para impor obrigações às distribuidoras quanto à adoção de determinado padrão de rede ou quanto à implantação de adaptações no sistema que tornem a infraestrutura de distribuição de energia elétrica mais resiliente em um cenário de mudanças climáticas com maior ocorrência de eventos extremos.

33. A partir dos estudos realizados, busca-se definir qual é a melhor abordagem para endereçar o problema, contemplando a ótica do serviço adequado e, portanto, considerando os custos e benefícios

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 12 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

de diferentes padrões de rede, a necessidade de garantir a continuidade e a qualidade do serviço de distribuição de energia elétrica, bem como a modicidade tarifária.

## 6. Experiência nacional e internacional

### 6.1 Experiência nacional

34. Os recentes apagões na cidade de São Paulo e aqueles registrados, em especial, no estado do Rio Grande do Sul, conjugados com o aumento da frequência dos eventos climáticos extremos, trouxeram várias pautas para o debate, entre elas a necessidade de implantação de redes subterrâneas para distribuição de energia elétrica. Por conferir maior proteção contra intempéries, o enterramento das redes aéreas tem sido apontado como uma possível solução para mitigar interrupções no fornecimento de energia em um cenário de mudanças climáticas.

35. Conforme já mencionado, de acordo com o art. 6º da Lei nº 8.987/1995 e do contrato de concessão do serviço público de distribuição de energia, a distribuidora possui ampla liberdade para empregar todos os métodos e estratégias necessárias para prestar o serviço adequado, incluindo a escolha do padrão construtivo a ser adotado.

36. Dessa forma, a implantação de redes subterrâneas pode ser viabilizada por uma decisão da distribuidora com base em seus critérios técnicos e econômicos. Conforme o Submódulo 2.4 do PRORET, os ativos das concessionárias vinculados à concessão do serviço de distribuição de energia elétrica compõem a Base de Remuneração Regulatória e, dessa forma, são remunerados por meio da tarifa de uso do sistema de distribuição (TUSD) paga pelos usuários da rede.

37. Alternativamente, a implantação de redes subterrâneas também pode ser viabilizada por meio de outros interessados que, nesse caso, devem se responsabilizar pelos custos associados conforme estabelecido no art. 110 da REN nº 1.000/2021:

“Art. 110. O consumidor, demais usuários e outros interessados, incluindo a Administração Pública Direta ou Indireta, **são responsáveis pelo custeio das seguintes obras realizadas a seu pedido:**

[...]

III - melhoria de aspectos estéticos;

IV - deslocamento ou remoção de poste e rede, observado o §3º;

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 13 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**V - obras adicionais para implantação de rede subterrânea em relação ao padrão técnico da distribuidora para o local**, nos casos de conexão nova;

**VI - conversão de rede aérea existente em rede subterrânea**, incluindo as adaptações necessárias nas instalações afetadas;

[...]"  
(G.N.)

38. No entanto, embora não exista vedação regulatória ou contratual à adoção desse padrão, as redes subterrâneas estão concentradas em poucas cidades brasileiras, possuindo baixa participação no total de redes de distribuição do País, aproximadamente 0,4%. Na Figura 3 é mostrado o percentual de redes subterrâneas em relação ao total de redes de distribuição para diversos países<sup>5</sup>.

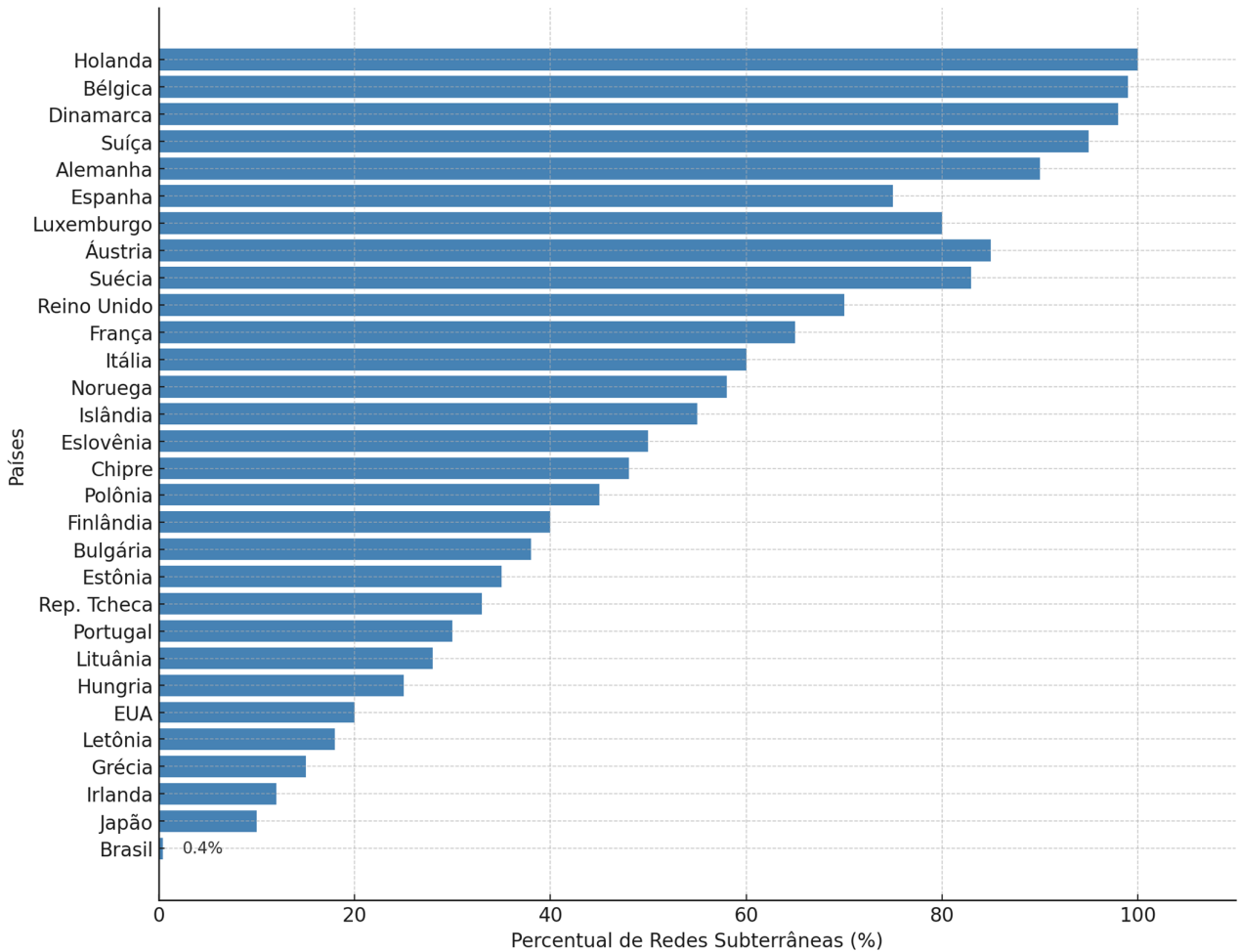
39. Com base nas informações fornecidas nas Bases de Dados Geográficas da Distribuidora - BDGD, na Figura 4 é mostrado como se dá a penetração de redes subterrâneas nas concessionárias de distribuição do Brasil em termos relativos e absolutos. Percebe-se que o maior quantitativo de redes subterrâneas se localiza na região Sudeste. Observa-se que Light, Enel SP, Cemig-D e Neoenergia Brasília são, respectivamente, as empresas que possuem as maiores extensões de redes subterrâneas no país. Em termos percentuais, a Light e a Enel SP possuem, respectivamente, 12,1% e 6,9% de redes subterrâneas em seus sistemas de distribuição.

<sup>5</sup> CPQD – CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES. Benchmarking internacional: redes aéreas e subterrâneas. Campinas: CPqD, [s.d.].

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 14 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Figura 3 - Percentual de redes subterrâneas em diversos países.**

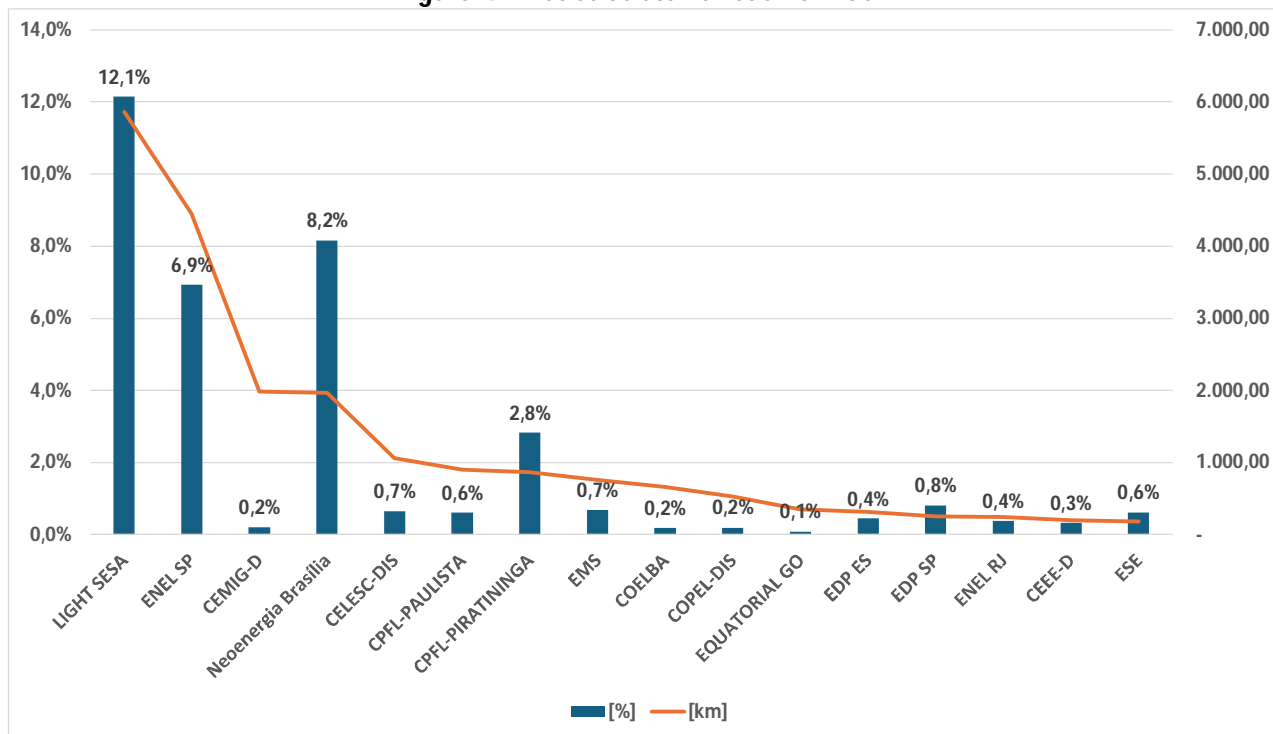


Fonte: CPqD - Benchmarking Internacional: redes aéreas e subterrâneas.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 15 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Figura 4 – Redes Subterrâneas no Brasil.**



Fonte: Bases de Dados Geográficas da Distribuidora – BDGD de 31/12/2024.

40. Os benefícios do emprego de redes subterrâneas são bastante conhecidos da literatura, entre os quais pode-se destacar: maior segurança e redução de acidentes, maior resiliência e confiabilidade do sistema, benefícios estéticos e urbanísticos, melhoria de aspectos ambientais e redução de custos operacionais e de manutenção.

41. Em contrapartida aos benefícios propiciados, que muitas vezes são de difícil quantificação (alguns até mesmo intangíveis), os custos (CAPEX) de construção e conversão das redes existentes são bastante elevados em comparação ao custo de uma rede aérea equivalente, sendo essa a principal justificativa para a baixa penetração de redes subterrâneas no Brasil e em outros países. Ademais, sob a perspectiva da prestação do serviço de distribuição de energia, a principal justificativa para o enterramento está associada à melhoria da qualidade no fornecimento, podendo os demais benefícios serem enquadrados como externalidades positivas. No que diz respeito ao serviço de distribuição de energia, o enterramento sem a devida necessidade técnica conflita com os conceitos de investimento prudente e de modicidade tarifária.

42. É importante notar que enquanto a maioria dos benefícios do enterramento da rede elétrica possui um efeito localizado, o impacto tarifário associado se distribui de forma generalizada. Isso ocorre porque na estrutura tarifária atual não há diferenciação de tarifa com base no padrão de rede que

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 16 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

atende cada consumidor. Dessa forma, uma maior adoção de redes subterrâneas pelas distribuidoras pode resultar em subsídio cruzado entre consumidores, suscitando questionamentos sobre isonomia e equidade por parte daqueles consumidores não diretamente beneficiados.

43. Ressalta-se que a questão dos subsídios já representa um grande problema no setor elétrico, sendo sua mitigação objeto de frequentes discussões setoriais. De acordo com os dados do Subsidiômetro da ANEEL<sup>6</sup>, em 2025 os subsídios representaram mais de 18% da tarifa dos consumidores residenciais, com tendência de alta para os próximos anos.

44. Nesse contexto, é importante citar o Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor (IASC), que avalia, por meio de pesquisa realizada anualmente, o grau de satisfação do consumidor residencial quanto aos serviços prestados pelas distribuidoras de energia elétrica. No ano de 2024, a pontuação do IASC foi de 63,11. Entre os itens de avaliação considerados, o que obteve a maior pontuação foi a qualidade percebida, com 78,41 pontos. Por outro lado, o item com a menor pontuação, com apenas 32,83 pontos, foi o valor percebido, que avalia a tarifa paga em relação aos benefícios, a tarifa paga em relação ao fornecimento e a tarifa geral em relação ao atendimento. Assim, os dados do IASC revelam um grande descontentamento dos consumidores com a tarifa, ao contrário da visão positiva em relação à qualidade.

45. De volta aos benefícios do enterramento das redes, é importante mencionar que para alcançá-los em sua plenitude é necessário o envolvimento de outras prestadoras de serviços que fazem uso de postes para prover seus serviços (telefonia, TV a cabo e internet), bem como das prefeituras e empresas que são responsáveis pelos sistemas de iluminação pública e pela organização da ocupação do subsolo urbano, além dos serviços públicos de água, esgoto, gás etc. Portanto, o planejamento e gerenciamento dos projetos de enterramento devem ser realizados de forma centralizada, com definição das competências e responsabilidades de cada uma das partes interessadas, o que também deveria incluir o tratamento quanto aos custos.

46. Da consulta a manuais e procedimentos de algumas distribuidoras<sup>7</sup> sobre a expansão dos sistemas de distribuição, verifica-se que a escolha do padrão construtivo de rede a ser adotado (convencional, compacta, isolada, subterrânea) é baseada em diversos parâmetros, entre os quais podem ser citados segurança, meio ambiente, viabilidade econômica, viabilidade técnica e confiabilidade.

47. De forma geral, segundo esses documentos, as redes subterrâneas são as que necessitam de maior investimento inicial para sua construção; entretanto, são também as que apresentam maior confiabilidade, redução significativa das interferências externas, aumento da segurança da população,

<sup>6</sup> <https://portalrelatorios.aneel.gov.br/luznatarifa/subsidiometro>

<sup>7</sup> ENEL – Especificação Técnica no. 283 – Assunto: Critérios de Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas de Média e Baixa Tensão

COPEL – Redes Subterrâneas (disponível em <https://www.copel.com.br>)

CEMIG – ND-3.3 – Projetos de Redes de Distribuição Subterrâneas

CELESC – I-313.0021 – Parâmetros de Escolha de Utilização de Redes de Distribuição

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 17 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

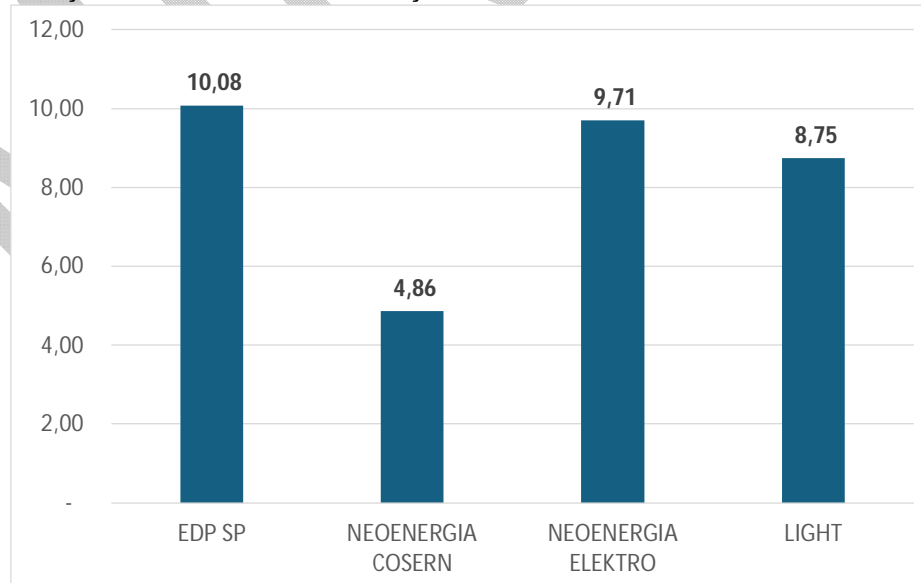
incremento na valorização estética e, de acordo com o senso comum, menores custos com operação e manutenção ao longo do tempo (embora esse último ponto não seja unanimidade).

48. Como exemplo, de acordo com o manual de procedimentos da CELESC, o custo de implantação desse tipo de rede pode ser de 6 a 10 vezes maior quando comparado aos custos de redes convencionais, sendo que em torno de 75% a 85% do custo total estão relacionados à abertura e fechamento de valas, recomposição de vias públicas e demais obras civis. O manual menciona que nas situações em que essas obras forem custeadas por terceiros, a aplicação de redes subterrâneas pode apresentar viabilidade econômica.

49. Percebe-se, de um modo geral, que do ponto de vista da concessão, a viabilidade econômica limita a implantação de redes subterrâneas a projetos muito específicos, notadamente em locais densamente arborizados, áreas históricas, travessias de avenidas e rodovias, locais com alto grau de poluição, proximidade de aeroportos, áreas com alta densidade de carga (superior a 10 MVA/km<sup>2</sup>) ou em atendimentos nos quais é exigido um nível de confiabilidade mais elevado.

50. Por meio do Ofício Circular n° 1/2025-STD/ANEEL, foi solicitado que as distribuidoras fornecessem diversas informações sobre redes subterrâneas e os demais padrões de rede, tais como custo médio por km de cada tipo de rede, extensão de cada tipo de rede existente na concessão, desafios associados à implantação etc. Com base nos dados informados pelas empresas, na Figura 5 é mostrada a relação entre o custo de instalação de redes subterrâneas radiais e redes aéreas convencionais para algumas empresas. Verifica-se que, para as 4 distribuidoras selecionadas, o custo varia de 4,86 a 10,08 vezes.

**Figura 5 - Relação entre o custo de instalação de rede subterrânea e rede aérea convencional.**



\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 18 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

51. Considerando os custos e as extensões de redes aéreas existentes nas respectivas áreas de concessão, na Tabela 2 é mostrada a estimativa do custo de enterramento de 100% da concessão. A fim de permitir a comparação do nível de investimento necessário, na coluna (b) são mostrados os investimentos planejados pelas empresas para o ano de 2024 informados no PDD, e na coluna (c) é calculada a relação entre os valores das colunas (a) e (b). É possível perceber que os valores envolvidos no enterramento são vultosos e dezenas de vezes superiores ao investimento anual ordinário das distribuidoras (de 45,47 a 316,78 vezes).

**Tabela 2 - Informações de investimento e enterramento.**

Distribuidora	(a) Custo Enterramento [R\$]	(b) Investimento Planejado 2024 [R\$]	(c) Relação (a)/(b)
EDP SP	28.970.235.956,45	637.087.071,74	45,47
NEOENERGIA COSERN	28.987.428.410,27	417.232.179,25	69,48
NEOENERGIA ELEKTRO	241.266.680.526,73	761.630.271,82	316,78
LIGHT	103.532.923.978,96	991.576.125,04	104,41

52. Óbvio que, partindo-se do princípio da razoabilidade, nenhuma alternativa regulatória teria como objetivo o enterramento de 100% das redes aéreas. No entanto, se o objetivo é aumentar a resiliência do sistema de distribuição de forma geral, o percentual de penetração de redes subterrâneas na concessão deve ser significativo. Considerando o sistema elétrico como a única fonte de financiamento desses projetos, premissa adotada neste Relatório, é fácil perceber que mesmo para baixos valores de penetração, diga-se 10%, os montantes de investimentos associados são bastantes relevantes e até proibitivos, mesmo considerando a gradualidade temporal da implantação. Com base nos dados da Tabela 2, os montantes de investimentos envolveriam de 4,5 a 32 vezes os investimentos anuais correntes para 10% de penetração.

53. No Anexo I deste Relatório é apresentada uma simulação da aplicação de uma metodologia disponível na literatura, utilizando como dados de entrada informações existentes na Agência e os dados dos padrões construtivos fornecidos pelas distribuidoras em resposta Ofício Circular n° 1/2025-STD/ANEEL. A simulação é baseada na metodologia descrita no trabalho TEXTO PARA DISCUSSÃO - ANÁLISE SOBRE O ENTERRAMENTO DE INFRAESTRUTURA DE REDES DOS SETORES DE DISTRIBUIÇÃO DE ENERGIA E TELECOMUNICAÇÕES, produzido pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA)<sup>8</sup>.

54. Além da questão do custo que afeta a viabilidade econômica, as distribuidoras foram consultadas sobre quais seriam os outros desafios relacionados à expansão de redes subterrâneas. Entre os aspectos técnicos e operacionais, os desafios mais citados pelas empresas foram: impactos urbanos

<sup>8</sup> <https://repositorio.ipea.gov.br/entities/publication/2b555be7-6062-4530-b1d1-a41cfcaec808>

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 19 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

para implantação dos projetos, escassez de mão de obra especializada, dificuldade na aquisição de materiais e equipamentos, maior dificuldade para localização de falhas e compatibilização do uso do solo com os demais agentes.

55. É importante notar que em virtude do grande impacto promovido pela abertura de valas para instalação de eletrodutos e caixas de passagem, a implantação de redes subterrâneas exige um grande envolvimento dos entes públicos, tendo em vista a necessidade de intervenção na infraestrutura urbana. Outro impacto bastante relevante, que também limita a expansão de redes subterrâneas, diz respeito à necessidade de adaptações na mobilidade urbana, impactando diretamente o dia a dia da população, uma vez que são obras com prazos de implantação relevantes quando comparadas com a execução de um projeto de rede aérea.

56. Quanto aos aspectos regulatórios, as empresas mencionaram alguns temas que careceriam de aprimoramentos para incentivar à adoção de redes subterrâneas, entre os quais destacam-se: maior clareza na definição de investimento prudente, ajustes na definição da participação financeira do consumidor, tarifa específica para atendimento por redes subterrâneas, flexibilização do critério de mínimo custo global e introdução de sinal regulatório que incentive a adoção desse tipo de padrão de rede.

57. Além dos aspectos relativos ao setor elétrico, por se tratar de um tema multissetorial, a maior expansão de redes subterrâneas passaria por uma participação ativa de empresas prestadoras de outros serviços, órgãos públicos, bem como a concepção de políticas públicas que abordassem o assunto de maneira holística. Sob a ótica do setor elétrico e no contexto de aumento de eventos climáticos severos, o principal benefício a ser alcançado com a adoção de redes subterrâneas seria a maior resiliência e confiabilidade do sistema.

58. No Brasil, conforme já mencionado, devido aos desafios associados à implantação de redes subterrâneas, a rede aérea convencional é a mais comumente adotada na maioria dos casos. No entanto, esse padrão de rede também é aquele mais exposto a ofensores, resultando em menor confiabilidade, maior impacto ambiental e visual, maior frequência de inspeções dos materiais e de serviços de poda de vegetação periódicas, tornando seus custos de manutenção mais elevados que os de outros padrões mais robustos de redes aéreas.

59. Nesse contexto, além da rede aérea convencional, é importante salientar que existem outros padrões de redes aéreas (rede compacta e rede isolada), mais robustas que a convencional e bem mais baratas que a rede subterrânea, que podem ser de grande valia no aumento da resiliência dos sistemas de distribuição em um cenário de mudanças climáticas. Abaixo é apresentada uma comparação qualitativa entre os diferentes tipos de rede de distribuição.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 20 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Quadro 1 - Comparação da confiabilidade dos diferentes padrões de rede.**

Padrão de Rede	Confiabilidade	FEC (Frequência das Interrupções)	DEC (Duração das Interrupções)	Comentários
Aérea Convencional	Baixa	Alta	Alta	Mais suscetível a intempéries, queda de galhos, colisões de veículos e ações externas. Baixo custo de implantação.
Aérea Compacta	Moderada	Moderada	Moderada	Custo relativamente superior ao da rede convencional. Melhora a robustez e confiabilidade da rede pela utilização de cabos protegidos que resguardam o condutor quanto a toques eventuais. Reduz os custos com o manejo de vegetação, pois a área de poda necessária é reduzida, o que minimiza os custos operacionais.
Aérea Isolada/Multiplexada	Moderada-Alta	Baixa a moderada	Moderada	Custo relativamente superior ao da rede compacta. Imune a contatos de vegetação ou animais, mesmo que permanentes. Redução de custos com podas periódicas, minimizando os custos operacionais de manutenção. Os cabos isolados diminuem significativamente a exposição às influências de descargas atmosféricas e tensões induzidas. Excelente confiabilidade e baixos índices de desligamento quando comparados aos demais tipos de redes aéreas.
Subterrânea	Alta	Muito Baixa	Baixa	Maior custo de implantação, mas apresentam a maior confiabilidade. Não possui custos com podas, minimizando os custos operacionais de manutenção. Os cabos isolados diminuem significativamente a exposição às influências de descargas atmosféricas e tensões induzidas. Menor exposição a intempéries e eventos externos.

**Fonte:** Elaboração Própria

60. É importante notar que, da perspectiva geral de uma concessão de distribuição de energia, para que um determinado padrão de rede faça diferença na resiliência e continuidade do serviço, tal padrão deve ser predominante ou ter uma presença bastante relevante quando comparado aos demais. No caso do padrão subterrâneo, dado seu custo bem superior aos demais, um impacto significativo na

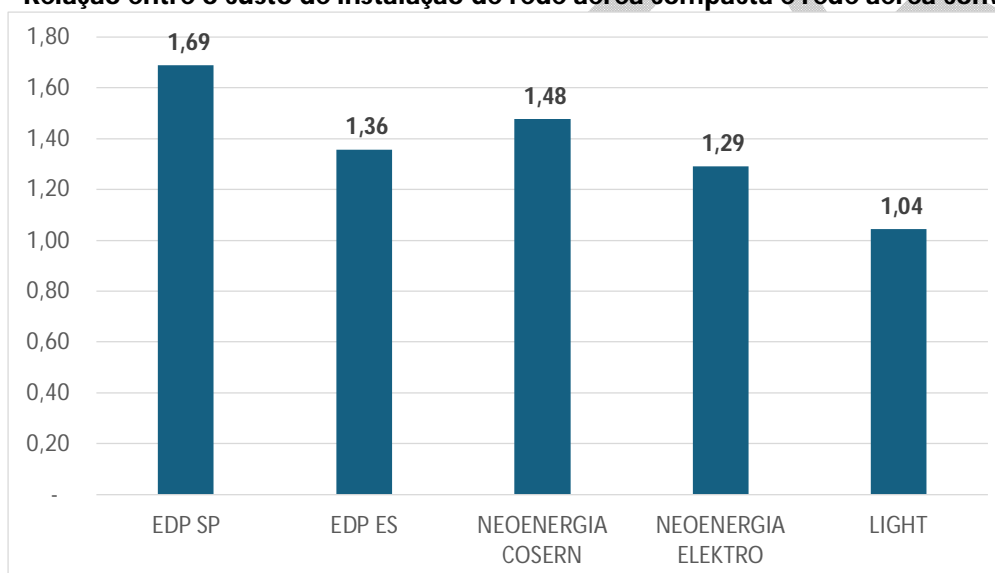
\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 21 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

resiliência global da concessão exigiria investimentos vultosos em relação aos padrões aéreos, conforme já demonstrado anteriormente.

61. Portanto, considerando o equilíbrio entre confiabilidade e custo, a rede compacta e a rede isolada podem representar uma boa solução intermediária para aumentar a resiliência dos sistemas. De acordo com as respostas das empresas ao Ofício Circular n° 1/2025-STD/ANEEL, os custos das redes compactas e isoladas em relação às redes aéreas varia de 5% a 70% maior que o da rede aérea convencional<sup>9</sup>, conforme mostrado nas Figuras 6 e 7.

**Figura 6 - Relação entre o custo de instalação de rede aérea compacta e rede aérea convencional.**

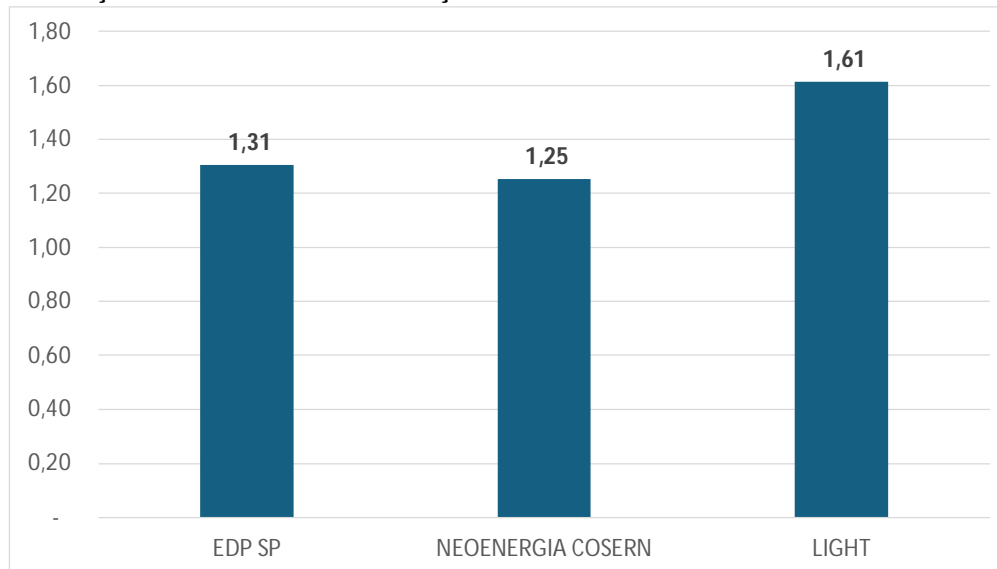


<sup>9</sup> Valores estimados exclusivamente a partir dos dados encaminhados pelas empresas em resposta ao Ofício Circular n° 1/2025-STD/ANEEL. Valores considerados inconsistentes foram desconsiderados.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 22 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Figura 7 - Relação entre o custo de instalação de rede aérea isolada e rede aérea convencional.**



62. Para aplicações específicas ou nas quais a confiabilidade é um aspecto crítico, a rede subterrânea é a melhor opção, apesar de seu alto custo de implantação. Ressalta-se que a eficácia do emprego de redes subterrâneas para o enfrentamento de eventos climáticos associados a alagamentos e inundações, tal como aquele experimentado no Rio Grande do Sul em maio de 2024, resta bastante prejudicada, uma vez que o acesso às câmaras e a localização de defeitos são inviabilizadas.

63. De todo modo, cabe destacar mais uma vez que o arcabouço regulatório do serviço público de distribuição confere total liberdade para que as distribuidoras escolham os padrões construtivos a serem adotados em cada caso, não existindo qualquer óbice, do ponto de vista regulatório, para a construção de redes subterrâneas. Na verdade, caso em determinada área de concessão ou situação específica seja necessária a adoção de infraestrutura subterrânea para assegurar nível adequado de resiliência frente a eventos climáticos extremos – seja em razão de características geográficas, urbanísticas, ambientais ou da recorrência e severidade dos eventos –, a distribuidora deve adotar tal solução, ainda que seu custo de implantação seja superior ao de alternativas aéreas.

64. O entendimento é que a distribuidora, como prestadora do serviço e conhecedora das necessidades e das características de seu mercado e de sua área de concessão, é o ente mais preparado para definir a adequada alocação dos recursos baseando-se em critérios técnicos e econômicos próprios. Em contrapartida à liberdade conferida às empresas, existe sinalização regulatória para que os investimentos sejam realizados de forma prudente, evitando-se que custos desnecessários sejam repassados para as tarifas, em linha com o conceito de modicidade tarifária e a adequada alocação de recursos.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 23 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

## 6.2 Experiência internacional

65. A seguir, com base nos achados do estudo realizado pelo CPQD<sup>10</sup>, que pesquisou as políticas e práticas de alguns países e blocos em relação ao enterramento das redes externas dos serviços de utilidade pública, são apresentados casos específicos do uso de redes subterrâneas de países selecionados.

### Argentina

66. O processo de enterramento das redes de energia elétrica e telefonia na Argentina teve início há várias décadas, resultando em uma presença significativa desse tipo de infraestrutura em Buenos Aires. No entanto, a partir dos anos 1990, a introdução de novas redes aéreas para atender aos serviços de televisão por assinatura e internet gerou insatisfação na população, impulsionando iniciativas voltadas à requalificação urbana por meio do enterramento das redes. Para lidar com essa demanda, a legislação passou a incentivar o compartilhamento de infraestrutura passiva, promovendo a substituição gradual das redes aéreas por subterrâneas.

67. Inicialmente, o financiamento dessa nova fase de substituição foi conduzido por empresas monopolistas, que investiam na infraestrutura para uso próprio. Com o tempo, surgiram iniciativas multissetoriais, permitindo a diversificação das fontes de financiamento para a construção de galerias e dutos compartilhados.

68. A experiência argentina demonstra que legislações excessivamente impositivas ou restritivas, por si só, não são capazes de solucionar os desafios das redes aéreas. A estratégia mais eficaz adotada pelo país foi a criação de iniciativas multissetoriais, engajando diferentes agentes e a sociedade na viabilização do enterramento das redes, além de incentivar o aproveitamento de infraestruturas subterrâneas já existentes.

### Austrália

69. Na Austrália, o enterramento das redes de telecomunicações começou antes das redes elétricas, mas, nas últimas duas décadas, houve um aumento significativo na substituição das últimas. A principal motivação para essa transição foi a necessidade de resistência a desastres naturais, como ciclones e incêndios florestais.

70. O financiamento foi realizado por empresas telefônicas que investiram em dutos subterrâneos durante décadas. Recentemente vêm ganhando destaque iniciativas multissetoriais que permitem a combinação de fontes de financiamento e algumas custeadas por royalties da mineração.

---

<sup>10</sup> CPQD – CENTRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM TELECOMUNICAÇÕES. Benchmarking internacional: redes aéreas e subterrâneas. Campinas: CPqD, [s.d.].

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 24 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

71. A experiência australiana demonstra que iniciativas lideradas pelas distribuidoras de energia elétrica, baseadas em critérios técnicos, financeiros e sociais, tendem a ser mais sustentáveis a longo prazo. Além disso, todo o processo pode se tornar mais eficiente com o compartilhamento das infraestruturas subterrâneas já existentes.

### **Canadá**

72. No Canadá, a instalação subterrânea da infraestrutura de serviços é uma prática consolidada há décadas nas regiões de maior densidade populacional, embora as redes aéreas ainda predominem no restante do país. Nos últimos anos, novos bairros e condomínios têm optado cada vez mais por redes subterrâneas.

73. Enquanto em outros países a escolha pela infraestrutura subterrânea pode estar ligada a diversos fatores, no Canadá essa decisão é principalmente motivada por aspectos estéticos e urbanísticos. Por essa razão, os custos são assumidos pelos solicitantes da infraestrutura, como municípios e usuários dos serviços. Em situações específicas, as distribuidoras oferecem programas de apoio, desde que haja um benefício social ou cultural indiscutível para a sociedade.

74. Apesar do alto Índice de Desenvolvimento Humano (IDH), a vasta extensão territorial do Canadá dificulta a adoção generalizada das redes subterrâneas, representando cerca de 10% do total. Assim, como o enterramento não é um requisito para os investimentos no programa nacional de banda larga, a maior parte das novas redes continua sendo aérea, enquanto a infraestrutura subterrânea é utilizada apenas em locais onde já existem dutos e galerias.

### **China**

75. Na China, as primeiras iniciativas de enterramento de infraestrutura começaram há cerca de 25 anos de forma descentralizada. Com o objetivo de impulsionar o desenvolvimento dos serviços que dependem dessas redes, aumentar a segurança e requalificar o espaço urbano, novas políticas foram implementadas a partir de 2015. Essas políticas trouxeram investimentos consistentes em planejamento, gestão e governança. Embora o enterramento faça parte de um projeto nacional em algumas regiões, financiado majoritariamente pelo poder público, em certos casos são adotadas parcerias público-privadas para viabilizar os projetos.

76. A experiência chinesa demonstra que uma abordagem centralizada, criteriosa e bem planejada para o enterramento das redes, aliada ao uso de técnicas construtivas eficientes e modelos de governança adequados, traz resultados mais vantajosos do que iniciativas descentralizadas. Embora essas ações isoladas possam resolver demandas locais, elas frequentemente geram impactos negativos em outros setores e redes aéreas, além de exigir recursos que poderiam ser mais bem aproveitados em estratégias coordenadas.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 25 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

### **Estados Unidos**

77. Nos Estados Unidos, a implantação de redes subterrâneas teve início no começo do século XX, principalmente em áreas de alta densidade populacional. Por outro lado, iniciativas voltadas para resiliência e estética surgiram mais recentemente.

78. É importante destacar que as políticas nacionais e estaduais não são aplicáveis para enterramento generalizado, sendo direcionadas apenas a áreas específicas, como regiões históricas, cênicas ou muito vulneráveis a eventos meteorológicos. Podem existir políticas estaduais de apoio ao enterramento em áreas de interesses de seus municípios. As iniciativas de enterramento de algumas distribuidoras são focalizadas naqueles locais nos quais os moradores beneficiados se dispõem a arcar com os custos.

79. A experiência americana evidencia que, devido aos altos custos envolvidos, o enterramento generalizado das redes nunca prosperou no país. Atualmente, essa solução é restrita a novos bairros e condomínios, além de localidades com alto poder aquisitivo, cujos moradores estão dispostos a custear a infraestrutura.

### **Japão**

80. No Japão as redes aéreas são predominantes, embora as subterrâneas tenham ganhado destaque nos últimos anos, especialmente como parte de projetos de requalificação urbana em áreas específicas de Tóquio. O financiamento dessa infraestrutura foi de responsabilidade do poder público local, e parte dos investimentos esteve vinculada à preparação para os Jogos Olímpicos de 2020.

81. A experiência japonesa demonstra que é possível organizar eficientemente as redes aéreas, mesmo em regiões de alta densidade populacional e com múltiplos provedores de serviços compartilhando a infraestrutura. Além disso, a decisão do país de investir em redes subterrâneas ressalta a importância de estabelecer critérios objetivos e estratégicos para definir quando e onde essa implementação é realmente necessária.

### **União Europeia**

82. A diversidade dos países que compõem a União Europeia se reflete na implementação das redes subterrâneas. Enquanto algumas capitais adotaram essa infraestrutura há mais de um século, outras ainda avançam lentamente nesse processo. Para efeito de comparação, na Grécia, apenas 10% da rede elétrica é subterrânea, enquanto na Holanda esse percentual chega a 100%. Essa discrepância decorre de diversos fatores, como densidade populacional, Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) e renda per capita.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 26 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

83. As primeiras iniciativas foram implementadas em áreas densamente povoadas, motivadas por questões urbanísticas. Em contrapartida, os projetos mais recentes estão voltados para aumentar a resiliência dos serviços diante de desastres meteorológicos.

84. O financiamento da infraestrutura subterrânea varia entre os países, podendo ser custeado pelos municípios ou pelas distribuidoras de energia elétrica, com eventual repasse aos consumidores por meio das tarifas. As diferentes abordagens adotadas na União Europeia demonstram que o enterramento das redes não é uma solução predominante no continente e deve ser avaliado com cautela, considerando as particularidades de cada região.

### **6.3 Lições aprendidas e recomendações para o Brasil**

85. Na seção anterior foram descritos alguns exemplos internacionais de enterramento de redes, mostrando como diferentes países abordam os desafios associados à essa infraestrutura. De forma geral, as principais lições aprendidas do estudo realizado pelo CPqD são de que:

- O enterramento generalizado de todas as redes de telecomunicações e de eletricidade é exceção, se limitando a poucos locais do mundo caracterizados por alto IDH, elevada renda per capita e grande densidade populacional.
- A decisão pelo enterramento deve ser fundamentada por critérios objetivos de natureza econômica, urbanística e técnica, bem como conduzido com boas práticas e governança.
- As estratégias multissetoriais são necessárias com vistas a aumentar a sinergia dos projetos e garantir o envolvimento de todas as partes.

86. Ademais, os achados do estudo revelam que a prática das distribuidoras no Brasil de só atuarem em projetos específicos ou quando existe participação financeira de terceiros está em linha com outros países. O enterramento só é relevante em países nos quais existe política pública e fontes de financiamento multissetoriais para o custeio dos projetos. Uma vez que os benefícios não se restringem à prestação do serviço de distribuição de energia, não faz sentido que os consumidores de energia, via tarifa cobrada pelas distribuidoras, sejam os únicos a pagarem a conta do enterramento.

87. Outra questão que pode impactar significativamente na decisão de enterramento da infraestrutura é a própria relação entre todos os serviços que usam as atuais infraestruturas aéreas (energia elétrica, telecomunicações, iluminação pública, entre outros). Um programa desta natureza requereria um alto nível de articulação entre esses serviços, o que perpassa o âmbito do setor elétrico. Além disso, também não se pode ignorar os atuais conflitos que já existem no uso da infraestrutura compartilhada e que certamente seriam acentuados na eventual implementação de um programa dessa natureza.

88. Na verdade, as áreas que possuem maior potencial para aplicação de um programa de enterramento com potenciais benefícios para o setor elétrico coincidem com as áreas de maior conflito

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 27 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

pelo uso do espaço compartilhado nas infraestruturas aéreas. Isto quer dizer que a implementação de um programa desse tipo deveria necessariamente também ser articulado com um programa de regularização do compartilhamento de infraestrutura, o que eleva exponencialmente as dificuldades de sua implantação.

89. É importante notar também que, embora eventos climáticos e outros ofensores naturais sejam um motivador do enterramento, não são o único determinante. No Japão e nos EUA, países que enfrentam furacões, tufões, nevascas, terremotos e tsunamis, menos de 10% e 20% das redes são subterrâneas, respectivamente (ver Figura 3).

90. Mesmo em casos nos quais existe infraestrutura subterrânea, não existe garantia da continuidade do serviço. Vejamos, por exemplo, o caso do furacão Sandy em 2012, o qual deixou mais de 250 mil famílias sem energia elétrica em Manhattan. Uma das causas principais foi a explosão de uma subestação elétrica da Con Edison, no bairro de East Village, provocada pela elevação do nível da água<sup>11</sup>. De forma mais recente, também podemos citar o evento ocorrido em 2024 no Rio Grande do Sul, em que mais de 100 especialistas em redes subterrâneas foram enviados ao estado para auxiliar na recuperação do sistema elétrico<sup>12</sup>.

91. Por fim, voltando ao estudo conduzido pelo CPqD, as principais recomendações para expansão adequada das redes subterrâneas no Brasil passariam por:

- **Priorização criteriosa das áreas:** O enterramento deve ser planejado com base em critérios técnicos, financeiros e comunitários, considerando uma abordagem multissetorial.
- **Gestão centralizada:** A infraestrutura subterrânea deve ser gerida por um único ente (privado ou cooperado) para garantir manutenção e expansão eficientes.
- **Distribuição justa dos custos:** O financiamento deve ser proporcional aos benefícios obtidos por cada parte interessada, utilizando como referência os custos das redes aéreas equivalentes.
- **Diversificação das fontes de financiamento:** Dependendo do caso, pode-se utilizar fundos específicos, como aqueles voltados para a preservação do patrimônio histórico.
- **Regulamentação e legislação:** É necessário criar ou aperfeiçoar normas que incentivem o compartilhamento e a gestão unificada das infraestruturas subterrâneas.
- **Intervenções urbanísticas integradas:** Projetos de requalificação urbana devem envolver setores comerciais, turísticos e históricos, com a participação ativa de associações, empresas prestadoras dos serviços e órgãos públicos.

<sup>11</sup> <https://g1.globo.com/mundo/noticia/2012/10/furacao-sandy-mata-16-nos-eua-e-no-canada-e-inunda-e-paralisa-nova-york.html>

<sup>12</sup> <https://cbn.globo.com/coberturas/sos-rio-grande-do-sul/noticia/2024/05/21/178-mil-familias-seguem-sem-luz-no-rs-equipe-de-especialistas-vai-reforçar-retomada-eletrica.ghtml>

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 28 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

92. Nota-se mais uma vez que diversas recomendações abrangem aspectos não restritos ao âmbito do setor elétrico ou envolvem a definição de políticas públicas, tornando evidente que o endereçamento do assunto de forma adequada ensejaria uma abordagem holística e integrada entre os diversos atores e aspectos envolvidos.

## **7. Participação pública**

93. As discussões sobre a eventual necessidade de intervenção regulatória associada ao aumento da resiliência do sistema de distribuição e de transmissão a eventos climáticos extremos iniciaram no âmbito da Tomada de Subsídios n° 2/2024, a partir da qual foram delimitados os temas a serem endereçados por meio de consultas públicas. Os temas de baixo impacto, para os quais foi dispensada a necessidade de elaboração de relatório de AIR, foram discutidos na Consulta Pública n° 32/2024, resultando na Resolução Normativa n° 1.137, de 21 de outubro de 2025, que estabelece regras mais rígidas para distribuidoras de energia em situações de emergência climática, focando no aumento da resiliência da rede, transparência e agilidade na comunicação com consumidores.

94. Adicionalmente, para elaboração deste AIR, foram solicitados subsídios às distribuidoras acerca de critérios e parâmetros associados a redes subterrâneas e demais padrões de rede por meio do Ofício Circular n° 1/2025-STD/ANEEL e do Ofício n° 25/2025-STD/ANEEL.

## **8. Alternativas**

95. Das experiências nacional e internacional, resta claro que o enterramento de redes é um tema multissetorial que envolve diversos atores, como consumidores, empresas prestadoras de diversos serviços, poderes públicos de âmbito federal, estadual e municipal etc. Portanto, idealmente, o endereçamento do assunto passaria pela existência de políticas públicas e fontes de financiamento específicas, com a definição de responsabilidades e forma de participação de cada um dos setores e atores envolvidos.

96. No entanto, diante da ausência de políticas públicas sobre o assunto no Brasil e considerando a distribuidora como a única responsável pela captação de recursos, financiamento e viabilização dos projetos, busca-se, a partir da perspectiva do serviço público de distribuição de energia, avaliar a existência de possíveis barreiras regulatórias, bem como a eventual conveniência e necessidade de aprimorar a regulação vigente para incentivar ou obrigar o investimento em redes subterrâneas ou em outros padrões de rede por parte das distribuidoras.

97. Conforme já exposto, a principal barreira à expansão de redes subterrâneas diz respeito aos custos de implantação, sendo o levantamento de recursos para os projetos um importante desafio a

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 29 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

ser superado. Nota-se também que muitas vezes a motivação e a justificativa para o enterramento não possuem como principal foco o aumento da confiabilidade do sistema de distribuição, mas sim outros aspectos, tais como melhoria estética e urbanística, não diretamente associados à prestação do serviço público de distribuição de energia elétrica.

98. Ademais, no que diz respeito ao aumento da resiliência do sistema de distribuição de energia frente a eventos climáticos extremos, podem existir alternativas de melhor relação benefício / custo que podem ser utilizadas pelas distribuidoras, entre elas o emprego redes aéreas compactas e isoladas, que são menos sujeitas a ofensores e intempéries quando comparadas às redes convencionais. Assim, impor às distribuidoras a obrigatoriedade para adoção de redes subterrâneas, especialmente em situações que não possuem viabilidade econômica, vai de encontro à prestação do serviço adequado, notadamente no que tange aos aspectos de eficiência e modicidade tarifária.

99. Assim, partindo-se das experiências nacional e internacional e considerando o escopo de atuação da ANEEL no contexto de um problema multissetorial, foram avaliadas cinco alternativas possíveis para o endereçamento do problema, apresentadas no Quadro 2. Mais uma vez, é importante ressaltar que, do ponto de vista da distribuição de energia, o problema consiste em avaliar as alternativas sob a perspectiva da capacidade de aumentar a resiliência do sistema de distribuição, sem perder de vista os demais aspectos relacionados ao conceito serviço adequado, à viabilidade de implantação e à aderência ao modelo regulatório do serviço de distribuição (regulação por incentivos).

**Quadro 2 - Alternativas para tratamento do problema.**

Alternativa	Título	Descrição
0	Status Atual	Manter a regulação atual em que a distribuidora possui a prerrogativa da escolha do padrão construtivo a ser adotado e os interessados possam adotar o padrão desejado sendo responsáveis pelo custeio. Alternativa vigente utilizada como base de comparação para as demais.
1	Obrigatoriedade do enterramento	Definir parâmetros e critérios técnicos a partir dos quais a adoção de redes subterrâneas seja obrigatória. Requer alterações na regulação.
2	Incentivo ao enterramento	Estabelecer incentivos regulatórios para estimular a adoção de redes subterrâneas por parte das distribuidoras. Requer alterações na regulação.
3	Obrigatoriedade de adoção de um padrão intermediário	Definir parâmetros e critérios técnicos a partir dos quais a adoção de um padrão de rede específico seja obrigatório. Requer alterações na regulação.
4	Incentivo para adoção de um padrão intermediário	Estabelecer incentivos regulatórios para estimular a adoção de um padrão de rede específico por parte das distribuidoras. Requer alterações na regulação.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 30 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Fonte:** Elaboração própria

## 8.1 Metodologia de Comparação das Alternativas

100. As alternativas regulatórias estudadas foram pensadas com vistas a endereçar o problema do aumento da resiliência dos sistemas de distribuição frente ao aumento de eventos climáticos extremos. Primeiramente ponderou-se quais questões poderiam, de alguma forma, impactar o resultado ou mesmo comprometer a efetividade da intervenção. Assim, avaliou-se:

- a. o desempenho das diferentes alternativas para a melhora da confiabilidade dos sistemas;
- b. os custos associados à implantação de cada alternativa;
- c. eficiência na alocação de recursos;
- d. divisão justa de custos;
- e. a coerência da alternativa com o modelo de regulação do serviço de distribuição de energia elétrica (regulação por incentivos);
- f. o nível de dificuldade de implantação da alternativa.

101. Com o objetivo principal de analisar e optar pela melhor decisão, o relatório de AIR tem como parte central a análise das alternativas regulatórias, detalhando o impacto e a comparação entre essas alternativas. Para a comparação das alternativas optou-se pela utilização da análise multicritério, abordagem que permite avaliar cada alternativa considerando seu desempenho em relação aos critérios selecionados.

102. A partir das questões acima avaliadas que envolvem o problema a ser endereçado, foram definidos os seguintes critérios: serviço adequado, coerência contratual e regulatória e dificuldade de implantação. Para facilitar a análise, cada critério foi subdividido em subcritérios, os quais serão discutidos a seguir.

### Serviço Adequado

103. Conforme estabelece o art. 6º da Lei nº 8.987/1995, toda concessão ou permissão pressupõe a prestação de serviço adequado, sendo este definido como aquele que satisfaz as condições de regularidade, continuidade, eficiência, segurança, atualidade, generalidade, cortesia na sua prestação e modicidade de tarifas. Neste trabalho, quatro desses condicionantes foram considerados como subcritérios na avaliação e comparação das alternativas.

- **Continuidade:** no âmbito desta AIR, o entendimento é que a continuidade do serviço é a característica mais relacionada com o aumento da resiliência do sistema de distribuição no contexto de eventos climáticos extremos. Assim, com esse subcritério busca-se mensurar a contribuição relativa de cada alternativa para a melhoria da confiabilidade e robustez do sistema.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 31 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

- **Eficiência:** uma vez que os recursos são escassos, sua utilização na prestação do serviço deve ser realizada de forma eficiente por toda a área de concessão, atendendo o crescimento do mercado, os padrões de qualidade definidos pela ANEEL, a substituição de equipamentos avariados ou em final de vida útil etc. Assim, tal critério diz respeito à alocação ótima de recursos na concessão.
- **Modicidade tarifária:** a modicidade tarifária é o princípio que define que os serviços públicos devem ser prestados a preços justos, garantindo amplo acesso e equilibrando qualidade e custos. Considera-se que, no contexto deste trabalho, o custo relativo imputado por cada alternativa pode ser uma boa *proxy* desse subcritério.
- **Generalidade:** relacionado à amplitude do serviço, sem perder de vista a igualdade e a isonomia. Com esse subcritério pode-se avaliar a equidade e isonomia da alternativa entre todos os consumidores, levando-se também em consideração a correta alocação de custos (os custos devem ser imputados aos consumidores diretamente beneficiados pela solução) de forma a mitigar a ocorrência de subsídios cruzados entre consumidores.

### Coerência Regulatória e Contratual

104. Tanto o contrato de concessão quanto a regulação possuem premissas, diretrizes e comandos que devem ser preservados, devendo haver compatibilidade entre as cláusulas contratuais e os dispositivos normativos aplicáveis. Assim, esse critério busca mensurar a harmonia de cada alternativa com os dispositivos do contrato de concessão bem como com o arcabouço regulatório do serviço de distribuição de energia.

- **Coerência Contratual:** esse subcritério busca mensurar o quanto cada alternativa está aderente aos comandos contratuais.
- **Coerência Regulatória:** esse subcritério busca mensurar a harmonia de cada alternativa com o modelo regulatório do serviço de distribuição que é baseado na regulação por incentivos. O conflito com conceitos e normativos consolidados pode ser contraproducente e conduzir a resultados contrários aos inicialmente pretendidos. Aqui também pode-se considerar o custo regulatório de cada alternativa que pode ensejar a estruturação de novos processos e procedimentos de fiscalização.

### Dificuldade de Implantação

- **Obstáculos Financeiros:** mensura a dificuldade do levantamento de recursos associado à implantação de cada alternativa. A premissa é de que a distribuidora é a única responsável pela viabilização dos recursos associados a cada alternativa.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 32 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

- **Obstáculos Técnicos:** mensura as dificuldades técnicas associadas à implantação de cada alternativa. Cada alternativa pode apresentar diferentes níveis de complexidade, que passam pela obtenção de materiais, pelo impacto causado e pelo gerenciamento de partes envolvidas, que podem até inviabilizar a sua adoção. São as atividades realizadas antes da entrada em operação dos projetos (fase de obras).
- **Obstáculos Operacionais:** mensura as dificuldades operacionais relativas à escolha de cada uma das alternativas. Do ponto de vista operacional, cada alternativa pode envolver diferentes exigências e atividades, sendo algumas mais complexas e caras que outras. São as atividades realizadas após a entrada em operação dos projetos.

## 8.2 Impactos e Comparação das Alternativas

105. Com vistas a avaliar o impacto de cada uma das alternativas consideradas, o Quadro 3 sintetiza as principais vantagens e desvantagens de cada opção regulatória. Foi considerada uma vantagem ou uma desvantagem da alternativa, quando tal aspecto é absoluto ou bastante claro relativamente às demais alternativas.

**Quadro 3 - Análise das Alternativas.**

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
0	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiência</li> <li>- Modicidade Tarifária</li> <li>- Generalidade</li> <li>- Coerência Contratual e Regulatória</li> <li>- Obstáculos Financeiros</li> <li>- Obstáculos Técnicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuidade</li> </ul>
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiência</li> <li>- Modicidade Tarifária</li> <li>- Generalidade</li> <li>- Coerência Contratual</li> <li>- Coerência Regulatória</li> <li>- Obstáculos Financeiros</li> <li>- Obstáculos Técnicos</li> <li>- Obstáculos Operacionais</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eficiência</li> <li>- Modicidade Tarifária</li> <li>- Generalidade</li> <li>- Coerência Contratual</li> <li>- Obstáculos Financeiros</li> <li>- Obstáculos Técnicos</li> <li>- Obstáculos Operacionais</li> </ul>

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 33 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

Alternativa	Vantagens	Desvantagens
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modicidade Tarifária</li> <li>- Obstáculos Financeiros</li> <li>- Obstáculos Técnicos</li> <li>- Obstáculos Operacionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuidade</li> <li>- Generalidade</li> <li>- Coerência Contratual</li> <li>- Coerência Regulatória</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modicidade Tarifária</li> <li>- Obstáculos Financeiros</li> <li>- Obstáculos Técnicos</li> <li>- Obstáculos Operacionais</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Continuidade</li> <li>- Generalidade</li> <li>- Coerência Contratual</li> </ul>

Fonte: Elaboração própria

106. Para efetuar a comparação entre as alternativas, foi adotado um método multicritério denominado AHP (*Analytic Hierarchy Process*), utilizando os critérios e subcritérios estabelecidos nesta análise sobre cada uma das alternativas descritas. O Anexo II da AIR apresenta a planilha com os detalhes do AHP realizado. A Figura 8 apresenta os critérios e subcritérios adotada para modelar o problema em tela.

Figura 8: Hierarquia dos critérios no AHP.



Fonte: Elaboração própria

107. A Tabela 3 apresenta o resultado da análise realizada no AHP. O peso dos critérios e subcritérios foram estabelecidos pelos especialistas da ANEEL, por meio de uma análise de preferência

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 34 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

par-a-par. As relações de preferência entre as alternativas sob a ótica de cada critério também foram estabelecidas pelos especialistas da ANEEL. Esses resultados também constam do Anexo II da AIR.

**Tabela 3 – Resultado do AHP.**

Critério	Subcritério	A0 - Manter Reg.	A1 - Obr. Ent.	A2 - Inc. Ent.	A3 - Obr. Pdr.	A4 - Inc. Pdr.	Peso Critério	Peso Subcritério
<b>1 Serviço Adequado</b>		<b>18,53%</b>	<b>11,18%</b>	<b>11,19%</b>	<b>11,22%</b>	<b>11,22%</b>	<b>63,33%</b>	
	1 Continuidade	1,41%	9,89%	9,89%	2,60%	2,60%		26,39%
	2 Custo	12,13%	0,90%	0,90%	6,23%	6,23%		26,39%
	3 Eficiência	2,47%	0,19%	0,20%	1,21%	1,21%		5,28%
	4 Generalidade	2,52%	0,20%	0,20%	1,18%	1,18%		5,28%
<b>2 Coerência Regulatória e Contratual</b>		<b>5,69%</b>	<b>0,52%</b>	<b>1,94%</b>	<b>0,52%</b>	<b>1,94%</b>	<b>10,62%</b>	
	1 Coerência Contratual	4,27%	0,39%	1,46%	0,39%	1,46%		7,96%
	2 Coerência Regulatória (Reg. p/ Incentivos)	1,42%	0,13%	0,49%	0,13%	0,49%		2,65%
<b>3 Dificuldade de Implantação</b>		<b>10,53%</b>	<b>0,75%</b>	<b>1,77%</b>	<b>5,31%</b>	<b>7,67%</b>	<b>26,05%</b>	
	1 Obstáculos Técnicos	1,74%	0,19%	0,19%	1,74%	1,74%		5,62%
	2 Obstáculos Operacionais	0,49%	0,05%	0,05%	0,49%	0,49%		1,59%
	3 Obstáculos Financeiros	8,77%	0,62%	1,13%	3,97%	4,35%		18,84%
	<b>Pontuação Total</b>	<b>35,23%</b>	<b>12,57%</b>	<b>14,51%</b>	<b>17,95%</b>	<b>19,74%</b>		

108. As duas últimas colunas da tabela apresentam o peso total dos critérios e dos subcritérios para o objetivo da análise. Em ordem de importância, o resultado mostra os critérios Serviço Adequado (63,33% do resultado total), Dificuldade de Implantação (26,05%), Coerência Regulatória e Contratual (10,62%).

109. No critério Serviço Adequado, a alternativa 0 obteve a maior pontuação (18,53%), principalmente pelo seu menor custo, por proporcionar maior eficiência na alocação de custos, além de conferir maior equidade e isonomia entre todos os consumidores da concessão. Em seguida as demais alternativas obtiveram pontuações praticamente equivalentes, com as alternativas 1 e 2 (11,18% e 11,19%, respectivamente) se destacando na continuidade e as alternativas 3 e 4 (11,22% para ambas) sobressaindo-se no custo, na eficiência e na generalidade.

110. Com relação ao critério Coerência Regulatória e Contratual, novamente a alternativa 0 obteve a maior pontuação (5,69%), uma vez que, ao conferir maior liberdade às distribuidoras na escolha do padrão construtivo a ser utilizado, está bastante alinhada aos comandos contratuais, assim como ao focar nos resultados obtidos pelas empresas e não nos meios utilizados para sua obtenção, possui maior

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 35 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

aderência à regulação por incentivos aplicada ao serviço de distribuição. Na sequência, com uma pontuação intermediária, as alternativas 2 e 4 seguem empatadas (1,94%) e, por último aparecem às alternativas 1 e 3, também empatadas (0,52%), visto que representam uma quebra paradigma, com o regulador interferindo nas escolhas e meios empregados pelas distribuidoras na prestação do serviço.

111. No que se refere ao critério Dificuldade de Implantação, mais uma vez a alternativa 0 se sobressai (11,01%), por oferecer o menor obstáculo financeiro, apresentar obstáculos operacionais intermediários e obstáculos técnicos equivalentes às alternativas 3 e 4. Em seguida aparecem a alternativa 4 (6,58%) e a alternativa 3 (6,21%), que apresentam menores obstáculos operacionais. Por fim ficaram as alternativas 2 (1,38%) e a alternativa 1 (0,87%), que apresentam maiores obstáculos técnicos, operacionais e financeiras para implantação.

112. O resultado do AHP é a soma, para cada uma das alternativas, das suas respectivas pontuações em cada subcritério, mostradas na última linha da Tabela. Verifica-se que a alternativa 0 foi a vencedora da análise, com 35,23% da pontuação total, seguida das alternativas 4 (19,74%), 3 (17,95%), 2 (14,51%) e 1 (12,57%).

113. É importante ressaltar que o resultado obtido na análise realizada neste Relatório, de manutenção da regulação atual, **não representa entrave para adoção de redes subterrâneas ou de outro qualquer padrão**. Na verdade, o entendimento é no sentido de que a distribuidora é o ente mais preparado para a escolha da solução sistêmica ser adotada em cada situação a qual deverá sopesar os custos, riscos, benefícios e impactos e os interessados são aqueles que têm a condição de sopesar os custos com benefício específico que advirão da adoção do padrão desejado. A abordagem regulatória atual, baseada em incentivos, é fundamentada na flexibilidade e na neutralidade tecnológica com foco no resultado obtidos pelas empresas.

114. O fortalecimento da resiliência das redes de distribuição passa por um conjunto de ações, compreendendo a melhor gestão da vegetação, plano de contingências adequado, modernização das redes, adoção da solução adequada para cada tipo de situação, investimentos bem direcionados, entre outros.

115. Por fim, ressalta-se que o resultado aqui obtido é corroborado por um recente estudo conduzido pelo Departamento de Serviços Públicos de Nova York<sup>13</sup> que analisou a viabilidade de enterrar redes de eletricidade, telecomunicações e internet em todo o estado. Os resultados indicam que a medida não seria economicamente vantajosa para nenhuma das sete principais concessionárias (que atendem cerca de 90% da população), os custos superariam amplamente os benefícios, gerando uma perda líquida de bem-estar social estimada em US\$ 261 bilhões. Ainda, o impacto tarifário seria bastante significativo, podendo ser de até 50% no curto prazo e de 100% no longo prazo.

<sup>13</sup> The Benefits, Costs, and Economic Impacts of Undergrounding New York's Electric Grid, disponível em: [final-report-ny-undergrounding-2023-06-27.pdf](#)

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 36 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

### 8.3 Análise de Sensibilidade dos Resultados

116. A análise de sensibilidade é destinada a avaliar o quanto as alterações nas premissas ou nos parâmetros utilizados podem afetar os resultados obtidos, garantindo maior robustez à decisão. Nesse sentido, foram realizadas algumas análises de sensibilidade, variando-se a importância dos critérios/subcritérios em relação aos demais.

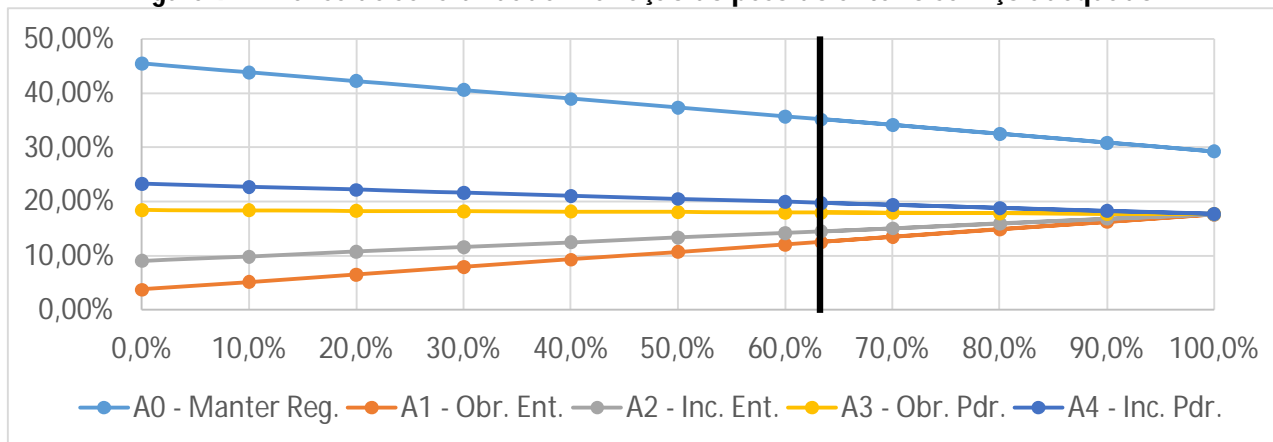
117. Nas análises realizadas, a variação do peso de qualquer um dos critérios não resultou em mudança da alternativa a ser escolhida. Como exemplo, na Figura 9 é mostrado o resultado da variação do critério Serviço Adequado a partir do seu peso inicial (63,33%). Observa-se que para qualquer valor de peso desse critério, maior ou menor, a alternativa vencedora continua sendo a Alternativa 0, que propõe a manutenção da regulação atual.

118. Com relação aos subcritérios, a única alteração que resultou na escolha de outra alternativa foi o aumento da importância do subcritério continuidade, originalmente com peso de 26,39%. A variação de nenhum outro subcritério alterou a escolha da Alternativa 0. Na Figura 10 é mostrado o resultado da análise de sensibilidade em relação ao peso do subcritério continuidade, onde pode ser verificado que, a partir de 56% de sua importância, a Alternativa 2 (seguida da Alternativa 1), passa a ser solução vencedora. Ou seja, o subcritério continuidade teria que ter mais de 50% da importância total do modelo para que ocorra mudança da alternativa vencedora, o que se considera um peso exagerado.

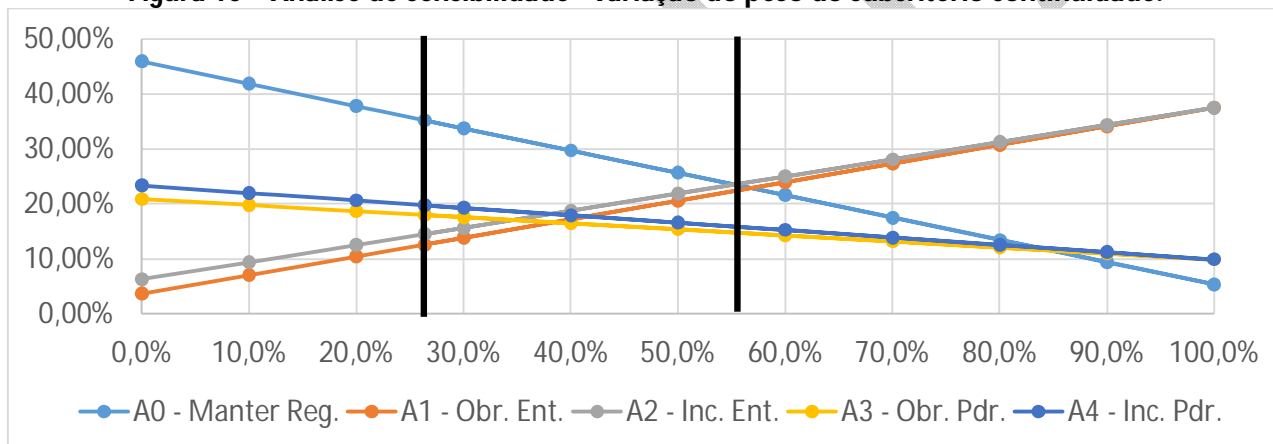
119. As análises de sensibilidade conduzidas permitem concluir que o modelo aponta com boa margem de segurança a Alternativa 0 como a mais adequada para o endereçamento do problema regulatório. Ou seja, entre as alternativas avaliadas, considera-se que a regulação atual é a mais adequada e que sua alteração nesse momento poderia mais prejudicar do que ajudar no aumento da resiliência do sistema e na prestação do serviço adequado.

P. 37 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

**Figura 9 – Análise de sensibilidade - variação do peso do critério serviço adequado.**



**Figura 10 – Análise de sensibilidade - variação do peso do subcritério continuidade.**



## 8.4 Identificação e definição dos efeitos e riscos

120. A alternativa selecionada neste Relatório de Análise de Impacto Regulatório consiste na manutenção da regulação vigente, preservando-se a prerrogativa das distribuidoras na escolha dos padrões construtivos e das soluções técnicas mais adequadas para enfrentar os desafios associados ao aumento de eventos climáticos extremos, em consonância com o modelo de regulação por incentivos e com os contratos de concessão.

### Efeitos Esperados

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 38 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

- **Preservação da coerência regulatória e contratual:** a manutenção do arcabouço atual preserva o alinhamento com o modelo de regulação por incentivos, cujo foco recai sobre os resultados (qualidade e continuidade do serviço) e não sobre os meios empregados para sua obtenção. Evita-se, assim, a ruptura do paradigma regulatório vigente, reduzindo custos regulatórios e riscos jurídicos associados a alterações estruturais no modelo.
- **Eficiência na alocação de recursos:** ao manter a liberdade decisória das distribuidoras, a alternativa permite que os investimentos sejam direcionados conforme as características específicas de cada área de concessão, considerando severidade dos eventos climáticos, densidade de carga, características urbanas e viabilidade econômica. Tal abordagem favorece a escolha de soluções com melhor relação benefício-custo, incluindo padrões intermediários de rede aérea mais robustos, quando mais eficientes que a adoção generalizada de redes subterrâneas.
- **Preservação da modicidade tarifária:** A ausência de imposição regulatória quanto à adoção obrigatória de padrões construtivos de elevado custo mitiga o risco de aumentos tarifários expressivos e generalizados. Considerando que os impactos dos eventos climáticos extremos são assimétricos no território nacional, a manutenção da regulação evita a socialização de custos elevados entre consumidores não diretamente beneficiados. Conforme já mencionado, ressalta-se que os resultados do Índice ANEEL de Satisfação do Consumidor (IASC) indicam que o item “valor percebido”, relacionado à tarifa paga em relação aos benefícios recebidos, apresenta pontuação significativamente inferior aos demais aspectos avaliados. Tal evidência reforça a necessidade de cautela na adoção de soluções regulatórias que impliquem elevação estrutural de custos, sobretudo quando os benefícios não são uniformemente distribuídos entre os consumidores. Nesse contexto, a preservação da modicidade tarifária constitui elemento central na avaliação da conveniência regulatória.
- **Flexibilidade tecnológica e adaptativa:** a alternativa permite que as distribuidoras incorporem progressivamente novas tecnologias (como sistemas de armazenamento, automação, redes inteligentes e soluções não baseadas em rede) conforme sua maturidade técnica e viabilidade econômica evoluam. Essa flexibilidade reduz o risco de adoção de soluções que possam se tornar obsoletas em horizonte temporal relativamente curto.
- **Estímulo à gestão eficiente de OPEX e CAPEX:** mantém-se o incentivo para que as distribuidoras aprimorem práticas de operação, manutenção, gestão de vegetação, planejamento e resposta a emergências, reconhecendo que a resiliência não depende exclusivamente do padrão construtivo adotado, mas também da qualidade da gestão dos ativos e dos recursos operacionais.

### Riscos Associados à Alternativa

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 39 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

121. Embora a alternativa apresente vantagens relevantes, sua adoção não é isenta de riscos, os quais devem ser monitorados pelo regulador.

- **Risco de insuficiência de investimentos em resiliência:** a manutenção do modelo atual pode resultar, em algumas concessões, em decisões empresariais excessivamente conservadoras em termos de investimento, priorizando soluções de menor custo inicial mesmo diante de aumento da exposição a eventos extremos. Esse risco pode comprometer ganhos adicionais de continuidade em áreas mais vulneráveis.
- **Risco reputacional e de percepção pública:** Em cenários de eventos climáticos severos com grande repercussão social, pode haver percepção pública de inação regulatória, especialmente quando soluções como o enterramento de redes ganham visibilidade no debate público. Esse risco exige adequada comunicação institucional e transparência quanto aos fundamentos técnicos e econômicos da decisão regulatória.
- **Risco de heterogeneidade excessiva de desempenho:** a manutenção da liberdade decisória pode ampliar diferenças de desempenho entre distribuidoras, caso algumas adotem estratégias mais eficazes de adaptação que outras. Esse risco reforça a importância do monitoramento contínuo dos indicadores de continuidade e da adequada aplicação dos instrumentos regulatórios existentes.
- **Risco de dependência excessiva de soluções tradicionais:** pode haver inércia tecnológica em determinadas concessões, retardando a adoção de soluções mais modernas ou resilientes. Tal risco pode ser mitigado por meio de acompanhamento regulatório, benchmarking e eventual revisão futura da regulação caso se verifique inadequação sistêmica do modelo.
- **Risco climático estrutural crescente:** caso a intensidade e frequência dos eventos extremos evoluam além das projeções atuais, o modelo baseado exclusivamente em incentivos pode revelar-se insuficiente para induzir o nível de adaptação necessário, demandando futura reavaliação regulatória.

122. A gestão dos riscos identificados será realizada por meio:

- do acompanhamento contínuo dos indicadores de continuidade (DEC, FEC e componentes associados a eventos climáticos);
- da avaliação do correto enquadramento das interrupções em situação de emergência;
- da utilização dos instrumentos regulatórios já existentes (metodologia de limites, componente Q do Fator X, compensações e ranking da continuidade);
- da reavaliação periódica do tema, caso haja mudança relevante no cenário climático ou no desempenho das distribuidoras.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 40 do RELATÓRIO DE AIR N° XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

123. Por fim, destaca-se que a manutenção da regulação vigente produz efeitos positivos relevantes em termos de coerência regulatória, eficiência econômica, modicidade tarifária e flexibilidade tecnológica. Os riscos identificados são predominantemente de natureza comportamental, reputacional ou prospectiva e podem ser mitigados por meio de monitoramento contínuo e eventual revisão regulatória futura.

124. Dessa forma, conclui-se que os efeitos esperados da alternativa superam seus riscos, sendo estes administráveis no âmbito do modelo regulatório vigente.

## **9. Implementação, monitoramento e avaliação**

125. A alternativa selecionada neste Relatório de Análise de Impacto Regulatório consiste na manutenção da regulação vigente, preservando-se a prerrogativa das distribuidoras quanto à escolha dos padrões construtivos e das soluções técnicas mais adequadas para enfrentamento dos efeitos decorrentes do aumento da frequência e intensidade de eventos climáticos extremos. A implementação dessa alternativa não demanda alteração estrutural imediata no arcabouço normativo, mas requer estratégia regulatória ativa baseada no fortalecimento do monitoramento e na utilização adequada dos instrumentos já existentes no modelo de regulação por incentivos.

126. A implementação ocorrerá no âmbito do arcabouço regulatório atual, mantendo-se o foco na avaliação dos resultados obtidos pelas distribuidoras quanto à continuidade e à qualidade do serviço. Nesse contexto, a resiliência dos sistemas de distribuição será acompanhada por meio dos indicadores de continuidade já consolidados na regulação, especialmente o DEC e o FEC, considerados tanto em seus valores globais quanto em sua decomposição entre interrupções expurgáveis e não expurgáveis, com especial atenção à componente associada às interrupções em situação de emergência (ISE).

127. O monitoramento deverá avaliar a evolução da participação do DEC INE<sup>14</sup> no DEC total, o tempo médio de recomposição do serviço em eventos classificados como situação de emergência e a correlação entre frequência de eventos severos e desempenho observado. A análise comparativa entre concessões com características climáticas semelhantes (benchmarking) poderá ser utilizada como instrumento complementar para avaliação da eficiência relativa das estratégias adotadas pelas distribuidoras.

128. No plano econômico-regulatório, o acompanhamento abrangerá a coerência entre os níveis de investimento (CAPEX) e os resultados de continuidade apresentados, bem como a consistência entre despesas operacionais (OPEX), especialmente aquelas relacionadas à manutenção preventiva e gestão de vegetação, e o desempenho observado em eventos críticos (efetividade dos planos de

---

<sup>14</sup> INE: interno, não programado, ocorrido em situação de emergência.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 41 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

contingência elaborados). Essa análise permitirá identificar eventuais situações de subinvestimento ou alocação inadequada de recursos que comprometam a resiliência do sistema.

129. É desejável que a fiscalização seja orientada por risco, priorizando concessões que apresentem contribuição relevante e recorrente para o DEC INE nacional ou deterioração significativa de desempenho frente à exposição climática enfrentada. Nessas hipóteses, poderão ser solicitados planos de ação específicos voltados ao aumento da robustez do sistema, bem como realizadas auditorias técnicas destinadas a verificar a adequada classificação de interrupções como situação de emergência e a coerência entre investimentos realizados e resultados alcançados.

130. Importa destacar que a implementação da alternativa não representa postura de inação regulatória, mas a utilização intensiva dos instrumentos já previstos no modelo vigente, tais como a metodologia de definição de limites de continuidade, o componente Q do Fator X, os mecanismos de compensação por transgressão dos indicadores individuais, incluindo o novo DISE, e a avaliação progressiva do desempenho contratual. Tais mecanismos permanecem aptos a induzir melhorias estruturais quando necessárias, preservando-se a coerência com o modelo de regulação por incentivos.

131. A avaliação da adequação da alternativa será realizada de forma contínua. Caso se observe deterioração sistemática e persistente dos indicadores de continuidade associada a eventos climáticos extremos, padrão recorrente de subinvestimento em robustez da rede ou mudança significativa no cenário climático ou tecnológico que altere a relação benefício-custo das soluções disponíveis, o tema poderá ser reavaliado no âmbito regulatório, com eventual proposição de medidas normativas adicionais.

132. Em síntese, a estratégia de implementação, monitoramento e avaliação adotada assegura a preservação da flexibilidade decisória das distribuidoras, combinada com supervisão regulatória contínua e baseada em evidências. Essa abordagem mantém a coerência com o modelo regulatório vigente, promove eficiência na alocação de recursos, resguarda a modicidade tarifária e preserva a capacidade adaptativa do setor elétrico diante de um ambiente climático e tecnológico em constante transformação.

## **10. Alterações em regulamentos**

133. A alternativa selecionada neste Relatório de Análise de Impacto Regulatório consiste na manutenção do modelo regulatório vigente, não sendo, portanto, necessárias alterações ou revogações de dispositivos constantes das Resoluções Normativas atualmente em vigor.

\* O Relatório de AIR é um documento emitido pelas Unidades Organizacionais e destina-se a subsidiar as decisões da Agência.

P. 42 do RELATÓRIO DE AIR Nº XX/20XX, de XX/XX/XXXX.

## 11. Vigência

134. Considerando que a alternativa selecionada não implica edição de novo ato normativo nem alteração das normas vigentes, não há necessidade de fixação de prazo específico para início de vigência. A implementação da alternativa ocorre de forma imediata, no âmbito da regulação atualmente em vigor.

*(Assinado digitalmente)*  
MARCELO SILVA CASTRO  
Especialista em Regulação

*(Assinado digitalmente)*  
DAVI VIDAL RÔLA ALMEIDA  
Coordenador Adjunto de Qualidade na  
Prestação do Serviço de  
Distribuição

*(Assinado digitalmente)*  
RENATO EDUARDO FARIAS DE SOUSA  
Coordenador de Qualidade na Prestação do Serviço de Distribuição

### **De acordo:**

*(Assinado digitalmente)*  
PEDRO MELLO LOMBARDI  
Gerente de Regulação do Serviço de Distribuição

*(Assinado digitalmente)*  
CARLOS ALBERTO CALIXTO MATTAR  
Superintendente de Regulação dos Serviços de Transmissão e Distribuição de Energia Elétrica