



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.17.10.42-NTC

**CONTRIBUIÇÕES EM RESPOSTA AO PROCESSO DE
CONSULTA PÚBLICA REFERENTE À
ESTRUTURAÇÃO E MODELAGEM DE BASE DE
DADOS DE INDICADORES E ESTATÍSTICAS
SOCIOAMBIENTAIS DE RISCOS CLIMÁTICOS,
MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO SETOR DE ENERGIA DA EMPRESA
DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) E WAYCARBON**

Sérgio Mantovani Paiva Pulice, André Gonçalves,
Evandro Albiach Branco, Erica Acioli Canamary,
Érica Ferraz de Campos, Felipe Husade Poyer,
Gustavo Arcoverde, Júlia Menezes, Mariana Paz,
Meiriele Alvarenga Cumplido e Rodrigo Costa.

Laboratório de Análise e Desenvol-
vimento de Indicadores para Sus-
tentabilidade – LADIS/INPE
Laboratório de Modelagem e Es-
tudos de Recursos Renováveis de
Energia – LABREN/INPE.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47F26NL>>

INPE
São José dos Campos
2022

PUBLICADO POR:

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Coordenação de Ensino, Pesquisa e Extensão (COEPE)
Divisão de Biblioteca (DIBIB)
CEP 12.227-010
São José dos Campos - SP - Brasil
Tel.:(012) 3208-6923/7348
E-mail: pubtc@inpe.br

CONSELHO DE EDITORAÇÃO E PRESERVAÇÃO DA PRODUÇÃO INTELLECTUAL DO INPE - CEPPII (PORTARIA Nº 176/2018/SEI-INPE):

Presidente:

Dra. Marley Cavalcante de Lima Moscati - Coordenação-Geral de Ciências da Terra (CGCT)

Membros:

Dra. Ieda Del Arco Sanches - Conselho de Pós-Graduação (CPG)
Dr. Evandro Marconi Rocco - Coordenação-Geral de Engenharia, Tecnologia e Ciência Espaciais (CGCE)
Dr. Rafael Duarte Coelho dos Santos - Coordenação-Geral de Infraestrutura e Pesquisas Aplicadas (CGIP)
Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

BIBLIOTECA DIGITAL:

Dr. Gerald Jean Francis Banon
Clayton Martins Pereira - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

REVISÃO E NORMALIZAÇÃO DOCUMENTÁRIA:

Simone Angélica Del Ducca Barbedo - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)

EDITORAÇÃO ELETRÔNICA:

Ivone Martins - Divisão de Biblioteca (DIBIB)
André Luis Dias Fernandes - Divisão de Biblioteca (DIBIB)



MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS

sid.inpe.br/mtc-m21d/2022/08.17.10.42-NTC

**CONTRIBUIÇÕES EM RESPOSTA AO PROCESSO DE
CONSULTA PÚBLICA REFERENTE À
ESTRUTURAÇÃO E MODELAGEM DE BASE DE
DADOS DE INDICADORES E ESTATÍSTICAS
SOCIOAMBIENTAIS DE RISCOS CLIMÁTICOS,
MITIGAÇÃO E ADAPTAÇÃO ÀS MUDANÇAS
CLIMÁTICAS NO SETOR DE ENERGIA DA EMPRESA
DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE) E WAYCARBON**

Sérgio Mantovani Paiva Pulice, André Gonçalves,
Evandro Albiach Branco, Erica Acioli Canamary,
Érica Ferraz de Campos, Felipe Husade Poyer,
Gustavo Arcoverde, Júlia Menezes, Mariana Paz,
Meiriele Alvarenga Cumplido e Rodrigo Costa.

Laboratório de Análise e Desenvol-
vimento de Indicadores para Sus-
tentabilidade – LADIS/INPE
Laboratório de Modelagem e Es-
tudos de Recursos Renováveis de
Energia – LABREN/INPE.

URL do documento original:

<<http://urlib.net/8JMKD3MGP3W34T/47F26NL>>

INPE
São José dos Campos
2022



Esta obra foi licenciada sob uma Licença Creative Commons Atribuição-NãoComercial 3.0 Não Adaptada.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 3.0 Unported License.

Sumário

1. Introdução	4
2. Nota sobre o processo de construção dos indicadores	6
3. Sugestões e avaliações dos indicadores	7
3.1. Indicadores de Mitigação	8
3.1.1. Observações sobre indicadores de mitigação:	8
3.1.2. Sugestão de indicadores de mitigação	10
3.2. Indicadores de Adaptação	11
3.2.1. Observações sobre indicadores de adaptação	11
3.2.2. Sugestão de indicadores de adaptação	11
3.3. Indicadores de Risco	12
3.3.1. Observações sobre indicadores de risco	12
3.3.2. Sugestão de indicadores de risco	12
3.4. Indicadores de Adaptação/Risco	14
3.4.1. Observações sobre indicadores de adaptação/risco	14
3.5. Indicadores de Mitigação/Adaptação	15
3.5.1. Observações sobre indicadores de mitigação/adaptação	15
3.6. Indicadores do ANEXO III – ANÁLISE DESCRITIVA	16
3.6.1. Observações sobre indicadores do ANEXO III – ANÁLISE DESCRITIVA	16
3.7. Indicadores do ANEXO IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES	17
3.7.1. Observações sobre indicadores do ANEXO IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES	17
3.8. Indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES	18
3.8.1. Observações sobre indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES	18
3.8.2. Sugestão de inclusão de indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES	18
4. Contribuições sobre o conceito de Capacidade Adaptativa para o setor energético	19
4.1. Marco Conceitual e Marco teórico	19
4.2. Capacidade adaptativa e Governança	21
4.2.1. Alguns exemplos práticos sobre indicadores de processo, capacidade adaptativa e governança.	23
4.2.2. Disponibilidade e trabalho para construção de indicadores de governança	24
5. Síntese das contribuições	26

1. Introdução

Esta nota técnica elaborada por dois dos grupos de pesquisa da Divisão de Impactos, Adaptação e Vulnerabilidades (DIIAV) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) - o Laboratório de Análise e Desenvolvimento de Indicadores para Sustentabilidade (LADIS) e o Laboratório de Modelagem e Estudos de Recursos Renováveis de Energia (LABREN) - visa apresentar contribuições em resposta à chamada pública realizada pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e WayCarbon, referente ao edital de licitação EPE nº LI.EPE.003/2021. Este edital visava a prestação de serviços técnicos especializados, coordenação e execução das atividades de “estruturação e modelagem de base de dados de indicadores e estatísticas socioambientais de riscos climáticos, mitigação e adaptação às mudanças climáticas no setor de energia. São colocados aqui as contribuições destes dois grupos, dentro das suas respectivas áreas de competência.

A contribuição e intercâmbio de informações entre órgãos do governo e instituição de pesquisa é parte integrante da missão desses laboratórios, principalmente no que tange aos temas de energia e desenvolvimento de metodologias de indicadores para capacidade adaptativa.

A chamada para consulta pública disponibilizada pela EPE e WayCarbon no dia 15/06/2022, por meios digitais¹ apresenta síntese dos indicadores escolhidos para validação de especialistas e documento base P2.A contendo conceitos e descrição do processo de elaboração da base de indicadores.

Com base nesses documentos e na expertise sobre desenvolvimento de indicadores no contexto das mudanças ambientais globais, o LADIS oferece contribuições e ideias sobre indicadores de capacidade adaptativa. Da mesma forma, a expertise de desenvolvimento de estudos e dados sobre o setor de energia, o LABREN oferece contribuições e sugestões sobre os indicadores escolhidos para avaliação.

¹ <https://www.epe.gov.br/pt/aceso-a-informacao/participacao-social/audiencias-e-consultas-publicas>

Esta nota técnica está dividida em duas partes. A primeira, com contribuições sobre os indicadores consolidados disponibilizados no formulário de consulta pública. A segunda parte apresenta contribuições sobre o conceito de capacidade adaptativa, contribuições sobre marco conceitual e exemplos de indicadores que podem ser avaliados pela EPE e WayCarbon oportunamente.

2. Nota sobre o processo de construção dos indicadores

Como descrito no documento, o processo de construção de base de indicadores está em estágio avançado e já passou por interações com diferentes setores da sociedade e especialistas. Reconhecemos o trabalho como de grande importância e com exemplar execução. Nossas contribuições nesta nota técnica não visam questionar o trabalho já consolidado e cujas etapas metodológicas muito bem definidas foram seguidas. Outrossim, visamos oferecer contribuições para ampliação e aprofundamento de atuais e futuras discussões, como o próprio documento salienta².

Essa nota técnica tem como base a leitura do documento P2.A., cujo acesso foi recentemente disponibilizado. Colocamos aqui ideias, argumentos e, principalmente, sugestões para consideração que poderão beneficiar as etapas subsequentes do processo e futuras oportunidades de melhoria.

² Sugere-se ainda a consulta ao documento "Handbook on constructing composite indicators: methodology and user guide" (JRC 2008) preparado pela OECD e o 'Joint Research Centre (JRC)' da Comissão Européia em Ispra, Italia

3. Sugestões e avaliações dos indicadores

Nesta seção foram compiladas todas as contribuições de especialistas da DII-AV/INPE que receberam o link do questionário da consulta pública e o documento base. As contribuições são apresentadas de forma agregada tanto sobre questões do texto ou especificamente sobre os indicadores das fichas descritivas. A numeração dos indicadores tem como base as fichas de indicadores do documento P2.A.

Apenas uma pessoa repassou a resposta ao questionário online para esta nota técnica. Essa informação encontra-se no anexo 1. Os comentários e sugestões foram copiados na íntegra como disponibilizados pelos pesquisadores.

3.1. Indicadores de Mitigação

3.1.1. Observações sobre indicadores de mitigação:

- Quando se faz referência à geração de energia (como nos indicadores 1.1 e 1.2), emissão do setor de energia (como nos indicadores 1.5, 1.6, 1.7 e 1.10) e participação de renováveis no setor (como no indicador 1.8), está se referindo à toda matriz energética ou apenas à eletricidade (matriz elétrica)?
- Gostaríamos de encontrar maiores reflexões sobre o conceito de “Transição Energética”, uma vez que esse possui múltiplos sentidos na literatura. Embora ele possa estar relacionado aos resultados de substituição de fontes em um sistema, também pode se referir a processos que culminem em alterações na composição de fontes, sejam estes processos dados por demanda, tecnologia ou custos. Por essa razão, sugerimos considerar na ampliação desse conceito os temas sobre descarbonização, diversificação da matriz, ao invés de agregar as múltiplas abordagens no conceito de transição energética.
- Como parte da matriz elétrica, os Sistemas Isolados/SISOL (conforme definido no Art. 2º do Decreto nº 7.246/2010) também são contemplados? De modo que as contribuições na geração de energia e nas emissões de GEE por parte desses sistemas, bem como participação de renováveis nos mesmos, são contabilizadas nos indicadores? Obs.: os SISOL possuem importante participação na geração de energia a partir do diesel (indicador 1.2) e no recebimento de subsídios CCC - Conta de Consumo de Combustíveis (indicador 1.3).
- Se contemplados, qual o número de Sistemas Isolados a ser considerado – contabilizados pelo ONS ou pela EPE? Obs.: ONS, no “Plano Anual da Operação Energética dos Sistemas Isolados para 2022 – PEN SISOL 2022”, considera 165 Sistemas Isolados, concentrados na região Amazônica e na ilha de Fernando de Noronha. Já a EPE, no “Relatório de Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados, Horizonte 2022/2026 – Ciclo 2021”,

considera 251 Sistemas Isolados nas mesmas localidades. No planejamento do ONS são consideradas apenas localidades que recebem reembolso da CCC - Conta de Consumo de Combustíveis e autorizadas pela ANEEL, conforme Resolução Normativa ANEEL nº 801/2017, no planejamento da EPE, são incluídas outras localidades, conforme diretrizes da Portaria MME nº 67/2018.

- Para além dos SIN e SISOL, as categorias SIGFI (Sistema Individual de Geração de Energia Elétrica com Fonte Intermitente) e MIGDI (Microsistema Isolado de Geração e Distribuição de Energia Elétrica) nas chamadas “regiões remotas” dos sistemas isolados (Decreto nº 7.246/2010) também são contempladas nos indicadores?
- A participação de renováveis na matriz energética (indicador 1.8) contempla a importante participação e crescimento da geração distribuída por energia solar fotovoltaica ou apenas a geração centralizada?
- Será que o indicador 1.15 é robusto ao considerar geração de riqueza a partir do Produto Interno Bruto (PIB), e não contemplar também o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH)? Obs.: o PIB considera aspectos econômicos e o IDH, saúde, educação e renda. A expectativa de vida e os níveis de escolaridade e de renda de uma região se relacionam com a disponibilidade e o acesso à energia por parte da sua população (GOLDEMBERG, 2001; GOLDEMBERG; LUCON, 2007; VAZ; FARRET, 2020) 3.
- Os indicadores relacionados às emissões do setor de energia (1.5, 1.7 e 1.10) se baseiam em dados publicados pelo SIRENE/MCTI, que se encontra desatualizado. Devido à relevância deste indicador, sugere-se utilizar uma fonte de dados alternativa (mesmo que extra-oficial) como solução interina enquanto dados oficiais não são atualizados.

GOLDEMBERG, J. Energy and Human Well-being. In: United Nations Development Programme. Human Development Reports, 2001. Disponível em: <<https://hdr.undp.org/sites/default/files/goldemberg-energy-1.pdf>>.

GOLDEMBERG, J.; LUCON, O. Energia e Meio Ambiente no Brasil. In: Estudos Avançados, 2007. Disponível em: <DOI: 10.1590/S0103-40142007000100003>.

VAZ, E. F.; FARRET, F. A. Correlações de Pearson entre o Consumo de Energia Elétrica e os Índices de Desenvolvimento Humano e Econômico. Sociedade Brasileira de Automática, v. 2, n. 1, 2020. Disponível em: <DOI: <https://doi.org/10.48011/asba.v2i1.973>>.

3.1.2. Sugestão de indicadores de mitigação

- Seguindo o conceito dos indicadores 1.1 e 1.2, sugere-se um indicador “Geração de energia a partir de gás natural”. O objetivo é mensurar a quantidade de energia gerada a partir do gás natural, que também é um combustível de origem fóssil e com importante participação no setor energético brasileiro. A redução no consumo de gás natural pode ser um indicativo de descarbonização do setor de energia.
- Seguindo o conceito do indicador 1.9, sugere-se um indicador “Participação de renováveis nos Sistemas Isolados (SISOL)”. O objetivo é avaliar a variação da participação de fontes renováveis nos SISOL, os quais utilizam, predominantemente, óleo diesel como combustível, mas que se prevê uma redução do seu uso (conforme ONS no “Plano Anual da Operação Energética dos Sistemas Isolados para 2022 – PEN SISOL 2022”). A maior participação de fontes renováveis na geração de energia elétrica nos SISOL pode ser um indicativo de descarbonização destes sistemas e, portanto, do setor de energia.
- Seguindo o conceito do indicador 1.11, sugere-se um indicador “Fator de emissão dos Sistemas Isolados (SISOL)”. O objetivo é acompanhar a variação do fator de emissão médio dos SISOL, os quais utilizam, predominantemente, óleo diesel como combustível. Apesar de prevista a redução da participação na matriz elétrica dos Sistemas Isolados, indica-se que o diesel continuará como o principal responsável pelas emissões nestes sistemas (conforme EPE no “Relatório de Planejamento do Atendimento aos Sistemas Isolados, Horizonte 2022/2026 – Ciclo 2021”). O fator de emissão dos SISOL permitirá avaliar o quanto se emite de GEE por eletricidade gerada a partir destes sistemas.

3.2. Indicadores de Adaptação

3.2.1. Observações sobre indicadores de adaptação

- Sobre o indicador 2.5, no cenário brasileiro, este indicador além de estar relacionado como uma medida adaptativa conforme apresentado, também pode ser relacionado como uma medida de mitigação. A maioria dos municípios brasileiros sem acesso ao SIN queimam combustíveis fósseis para gerar eletricidade, ao conectar estas comunidades na rede, ocorre redução das emissões de CO₂.
- Sugere-se manter o indicador “Participação da lenha no consumo de energia residencial”. Embora existam variáveis socioeconômicas que o modulam, sua representatividade quanto à mitigação (emissões residenciais por mudanças de cobertura da terra) e adaptação (acesso a meios modernos de cocção) estão diretamente relacionados aos ODS’s e são específicos, não havendo outro indicador que quantifique este processo em nível de hábitos residenciais, o que pode subsidiar políticas públicas.

3.2.2. Sugestão de indicadores de adaptação

- Seguindo o conceito do indicador 2.3, sugere-se um indicador “Absoluto da população sem acesso à eletricidade”. O objetivo é mensurar o número de pessoas sem acesso à eletricidade e, portanto, com menor capacidade adaptativa aos eventos climáticos.
- Seguindo o conceito dos indicadores 2.3 e 2.5, sugere-se os indicadores: “Quantidade de municípios* atendidos pelo SISOL”, “Quantidade de municípios* atendidos pelo SIGFI” e “Quantidade de municípios* atendidos pelo MIGDI”. O objetivo é mapear as populações com acesso à energia e as condições de acesso. Em se tratando de inviabilidade de conexão ao SIN (Art. 2º do Decreto nº 7.246/2010), o aumento da capacidade adaptativa pode-se dar por meio de sistemas de geração mais robustos, combinando alternati-

vas que colaboram para, além da redução na emissão de GEE e custo da energia elétrica, maior agilidade na disponibilização e acesso à eletricidade (ex.: geração local por fontes renováveis associadas a tecnologias de armazenamento; SISOL de Oiapoque, no Amapá, emprega usinas solares fotovoltaicas). *Talvez seja o caso de substituir por 'regiões' ou 'comunidades' ou 'indivíduos'.

3.3. Indicadores de Risco

3.3.1. Observações sobre indicadores de risco

- Sobre o indicador 3.3, apesar de o histórico mostrar um crescimento do ACL baseado prioritariamente na oferta de energia de fontes renováveis, o motivador deste movimento de mercado não é apenas climático/ambiental, é também financeiro/regulatório. O aumento das fontes renováveis no ACL foi impulsionado tanto pelo aspecto financeiro (custo competitivo e benefício de desconto na tarifa de transmissão), como pela existência de uma reserva de mercado ("Consumidores Especiais") que obrigatoriamente precisavam comprar energia de fontes renováveis ao migrar para o ACL. Recentes mudanças regulatórias alteraram tanto as regras para a participação no ACL, como o benefício no desconto na transmissão para usinas de fontes renováveis. (Portarias MME nº 514/2018 e nº 465/2019, e Lei nº 14120 de 01/03/2021). Logo, considerando os novos aspectos regulatórios, a expansão futura do ACL pode não repetir o padrão verificado até o momento.

3.3.2. Sugestão de indicadores de risco

- Um dos maiores riscos impostos pelas mudanças do clima, além do aumento/redução na disponibilidade de recursos energéticos tem se mostrado no aumento da variabilidade destes recursos. Especificamente o impacto na sazonalidade (Ex: maior diferença entre a vazão máxima e mínima anual de

algumas bacias hidrográficas) é um fator relevante a ser acompanhado. Sugere-se a inclusão de indicadores que contabilizem a sazonalidade da geração (ou dos recursos) renováveis como sazonalidade de precipitação/vazões/geração hidráulica sazonalidade vento médio/fator de capacidade eólico e sazonalidade solar/fator de capacidade solar. Esta sazonalidade tem impacto nos preços, de modo que um indicador de sazonalidade de preços no ACL poderia ser um 'proxy' interessante deste processo.

3.4. Indicadores de Adaptação/Risco

3.4.1. Observações sobre indicadores de adaptação/risco

- Sobre o indicador 4.1 “Aumento de eventos extremos de vento ($V > 25$ m/s)” sugere-se utilizar um limiar mais baixo (ex: $V > 20$ m/s) por duas razões: i) As medições INMET são realizadas a 10m acima do solo e o vento sobre estruturas de geração/transmissão se dá em níveis mais elevados, onde os ventos são mais intensos devido ao cisalhamento vertical; ii) mesmo contabilizando rajadas de 3 segundos, o número de eventos $V > 25$ m/s anualmente será muito pequeno o que compromete a robustez da análise.
- Sobre o indicador 4.3, as chuvas intensas podem colocar a infraestrutura existente em risco, e isto pode ter consequências catastróficas, mas este indicador é robusto?
- Sobre o indicador 4.5, numa matriz elétrica majoritariamente hidráulica, o acompanhamento do regime de chuvas é muito relevante, mas este indicador é robusto? Devido as características energéticas brasileiras, e sua matriz interligada através do SIN, em algumas situações, é possível que casos regionais de estiagens possam ser compensados através do excedente de geração de outras regiões. Portanto trata-se essencialmente de um indicador de extremos. Sugere-se incluir outros indicadores mais representativos para seca como anomalia anual de precipitação, publicada pelo INMET e que poderia ser contabilizada por bacia.

3.5. Indicadores de Mitigação/Adaptação

3.5.1. Observações sobre indicadores de mitigação/adaptação

- Sobre o indicador 5.1, é um bom indicador para a categoria “adaptação”. Com relação a categoria “mitigação”, apesar da Geração Distribuída (GD) ser massivamente feita pela fonte solar fotovoltaica, isto ocorre devido a fatores técnicos e econômicos, e não apenas ambientais e climáticos. Mudanças regulatórias (atualmente se discute as regras para a GD) podem alterar a atratividade das fontes, e apesar de pouco provável, a expansão futura pode não repetir o padrão verificado até o momento.
- Sugere-se quantificar o intercâmbio de eletricidade entre os sub-mercados do SIN (N, NE, SE-CO e S) como uma forma de mensurar a resiliência do sistema elétrico (maior autonomia regional e maior adaptação) similar à lógica utilizada para o indicador de GD (5.1)

3.6. Indicadores do ANEXO III – ANÁLISE DESCRITIVA

3.6.1. Observações sobre indicadores do ANEXO III – ANÁLISE DESCRITIVA

- Manter os indicadores 11/54 - Emissão de GEE por unidade de PIB e 12/55 - Participação de biocombustíveis na matriz de transportes;
- Sobre o indicador 54 - Emissão de GEE por unidade de PIB e 55 - Participação de biocombustíveis na matriz de transportes do anexo III – ANÁLISE DESCRITIVA, manter;
- Sobre o indicador 62 - Emissões de GEE por consumo de energia dos transportes do anexo III – ANÁLISE DESCRITIVA, o transporte de cargas para o Brasil tem alta participação em consumo de energia fóssil e merece indicadores para monitoramento. Sugestão de combinar consumo e carga transportada e, se existirem dados disponíveis, a eficiência dos veículos. Por exemplo, coletar idade média da frota; consumo e emissões por carga transportada (J/t ou CO₂/t);
- Sobre os indicadores 20/62 - Emissões de GEE por consumo de energia dos transportes e 24/63 - Proporção da população com acesso à eletricidade, Transporte de cargas para o Brasil tem alta participação em consumo de energia fóssil e merece indicadores. Há dados para entender a eficiência dos veículos? Algo como:- idade média da frota; - consumo / emissões por carga transportada (J/t ou CO₂/t usando dados totais dos setores);

3.7. Indicadores do ANEXO IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES

3.7.1. Observações sobre indicadores do ANEXO IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES

- Sobre o indicador 8 - Porcentagem da participação de cada fonte de energia na geração de energia elétrica do anexo IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES, a sugestão é pela manutenção, pois é um indicador fácil de gerar e interessante acompanhar a evolução da participação dos tipos de energia, renováveis e fósseis. Mudanças do clima podem levar à redução de hidráulica e incentivar solar, eólica e outras alternativas.
- Sobre o indicador 43 - Custo da Energia Elétrica do anexo IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES, detalhar o descritivo do indicador, pois gera dúvidas sobre os dados irão compor: Custo de geração média ou por fonte energética? Inclui custo de transmissão e custo ao consumidor?
- Sobre o indicador 49 - Área queimada anual, retirar ou definir melhor. Será computado o evento de queimada que afetou diretamente a transmissão? Como fazer essa triagem dos eventos? Considerar indicador dedicado a mensurar eventos de queimada em áreas com contribuição dos reservatórios?
- Sobre o indicador 53 - Máxima vazão média registrada em 30 dias para cada reservatório do SIN do anexo IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES, confirmar se há outro Indicador sobre o nível dos reservatórios, que constitui um parâmetro relevante a se monitorar sobre a garantia de geração do SIN e potencial (estoque) de energia renovável.
- Sobre o indicador 66 - Vazão (afluência) anual média aos reservatórios do SIN do anexo IV – REFINAMENTO DOS INDICADORES. Manter aqui.
- Pode ser interessante avaliar a possibilidade de um indicador que traga a relação da vazão com a média histórica, ponderada pela participação da usina hidrelétrica no SIN.
- Sobre o indicador 69 Vazão média mensal, manter.

3.8. Indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES

3.8.1. Observações sobre indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES

- Sobre o Indicador 40/9 - Fator de capacidade para hidrelétricas ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES, influenciado por disponibilidade e gestão da água. Sugerimos manter indicadores de nível de reservatório e vazão para monitorar o efeito das decisões de gestão. Por exemplo, regiões com alto fator de capacidade que apresentam baixo nível de reservatórios ou escassez hídrica para usos consuntivos podem estar sendo sobrecarregados para garantir a segurança energética.
- Observação geral: Muitos links de referência podem gerar confusão no leitor e não funcionar como o esperado.
- Observação geral: Muitos indicadores categorizados como escala “Federal” poderiam ser quantificados a nível de “Submercado”, “Estadual” ou mesmo “Municipal”. Sugere-se avaliar qual a escala espacial mais adequada para o diagnóstico a que o indicador se propõe.

3.8.2. Sugestão de inclusão de indicadores do ANEXO V – LISTA FINAL DE INDICADORES

- Acesso à eletricidade, que cruze custo e renda por segmento econômico da população (quartil baixa e alta renda).
- Incorporar indicador de consumo energético médio por modal de transporte (J/t.km e CO₂/t.km)
- Demanda de eletricidade pelo setor de transporte, pois auxiliará no monitoramento do consumo e previsão da geração de eletricidade para atender à demanda futura por veículos elétricos.

4. Contribuições sobre o conceito de Capacidade Adaptativa para o setor energético

4.1. Marco Conceitual e Marco teórico

Tendo como base o documento P2.A. contribuímos com algumas percepções e sugestões a respeito do marco conceitual utilizado para desenvolvimento dos indicadores. Nossa contribuição trata da oportunidade de ampliar a discussão sobre o marco conceitual, o marco teórico e o tema de capacidade adaptativa e governança.

Entendemos que, em primeiro lugar, a definição do marco conceitual é fundamental para traçar os objetivos e limites do que se quer alcançar com os indicadores, bem como o próprio refinamento do banco de indicadores.

O marco conceitual norteador do modelo de análise oferecido no documento remete às tradicionais dimensões de Vulnerabilidade, Ameaças, Exposição, tendo como intersecção os riscos. As estratégias de atuação definidas são a de Mitigação e Adaptação, tendo como referência o Painel Intergovernamental para Mudança do Clima, em específico o glossário de termos e referências.

Os temas de interesse escolhidos estão apresentados na figura 19, com base na fonte da *International Energy Agency*.

Embora existam sentenças que traçam as definições e limites dos conceitos utilizados, ainda não está claro, na nossa percepção, as diferenças entre os conceitos, as relações com as dimensões das estratégias de ações e encadeamento lógico com os temas de interesse. A figura 13 ajuda a compreender tais definições e relações, porém, é possível e recomendável ampliar sua explicação e detalhamento, visando auxiliar o leitor a compreender como se chegou no encadeamento proposto, quais decisões foram tomadas para enquadrar as categorias, dimensões e temas, bem como qual a interpretação precisa que foi utilizada para o enquadramento.

Por exemplo, algumas situações que não pareceram claras na nossa avaliação, tratam da diferença do conceito de sensibilidade e exposição, sobre a

ideia de risco enquanto dimensão ou intersecção probabilística das dimensões, as diferenças entre os conceitos de resposta ou adaptação, a composição da dimensão vulnerabilidade e sua relação com capacidade adaptativa, a relação entre as estratégias de mitigação e adaptação com as dimensões acima citadas.

Entendemos que essas definições são amplas e, dependendo da abordagem, podem conter múltiplas interpretações. Na ausência de delimitações claras dos conceitos, a escolha e avaliação de indicadores poderá ser prejudicada em termos de sobreposição de enquadramentos ou déficit de cobertura sobre algum tema de interesse, alocação inadequada de medições e, conseqüentemente, dificuldade para ajustar modelos e projeções.

O próprio arcabouço do IPCC oferece algumas soluções mais detalhadas que poderão ajudar a nortear o texto e, conseqüentemente, ajudarão a estabelecer as linhas de base para a escolha dos indicadores. Portanto, se a escolha do marco conceitual passa pela lógica das 3 dimensões baseadas no IPCC, recomendamos o aprofundamento dessa discussão com foco em definir os conceitos e detalhar o encadeamento lógico com os temas de interesse.

Como base para definição do marco conceitual, sugerimos também o estabelecimento claro de um marco teórico alinhado às abordagens de sistema socioecológicas e/ou sistemas sociotécnicos, principalmente quando se trata de enquadrar o tema energia e mudanças climáticas em suas múltiplas interfaces.

Questões como incertezas, imprevisibilidade, dinâmica não-linear, processos de interação positivos e negativos, multi-escalaridade, resistência, resiliência, bacia de atração, transformabilidade, *path-dependency*, *carbon lock-in*, comumente tratadas nessas duas abordagens teóricas poderão ajudar a estabelecer ideias-chave para a definição do marco conceitual e do encadeamento lógico com os temas de interesse.

Entendemos que sem uma base teórica clara não será possível compreender o marco conceitual e, conseqüentemente, medir adequadamente a capacidade de enfrentamento do sistema energético do país frente aos impactos das mudanças climáticas. Entendemos também, assim como o texto coloca, que não é usual e há uma certa dificuldade em encontrar exemplos aplicados indicadores

de adaptação do setor energético às mudanças climáticas na literatura. Porém, colocamos como sugestão, que a articulação da teoria existente permite abrir caminhos possíveis para a construção de indicadores para adaptação. Como sugestão de suporte, indicamos a literatura recente sobre *Energy transition*, *Low-carbon transition* e *Sustainable Transition*, as quais oferecem uma miríade de abordagens e exemplos no mundo inteiro para enquadrar os objetos estudados dentro de uma concepção de mundo complexa que podem ser de grande valia para definição de indicadores.

4.2. Capacidade adaptativa e Governança

Se partirmos do conjunto teórico fundamentado nos sistemas sócio-ecológicos e sociotécnicos, juntamente com o marco conceitual da interface entre as dimensões vulnerabilidade, exposição e ameaças, teremos o entendimento de que, para tratar da vulnerabilidade do setor aos impactos das mudanças climáticas, precisaremos identificar medir e agir em função das condições de sensibilidade, resiliência, resistência e capacidade adaptativa do sistema, em suas múltiplas dimensões, escalas e dinâmicas.

Portanto, a capacidade adaptativa, um conceito polissêmico, pode ser entendida como o conjunto de ações e estratégias voltadas para lidar com os impactos de choques internos ou externos. Ou seja, ações concretas para lidar com as mudanças climáticas ou de outras naturezas. Capacidade adaptativa diz respeito aos processos, resultados e desempenho das ações do sistema analisado frente aos diversos aspectos do sistema. Visam manter o setor dentro de uma bacia de atração conhecida, cujo funcionamento possui certa previsibilidade.

A capacidade adaptativa, dentro da dimensão de vulnerabilidade, deve ser medida não apenas por indicadores de resultados e desempenho, mas também de processos de estruturação das ações.

Toda a ação ou estratégia para lidar com os impactos nasce a partir de algum processo interno. Ainda mais se considerarmos a governança do setor de energia centrada em atores governamentais, cuja principal ferramenta de ação

está apoiada em construção de políticas públicas. Portanto, para medir a capacidade adaptativa do setor de energia, é fundamental também medir a capacidade do setor de desenvolver tais processos de políticas públicas.

O que sugerimos para contribuição é que sejam considerados indicadores de processo de governança voltados para o enfrentamento de impactos das mudanças climáticas. Por exemplo, questões que podem ajudar a materializar indicadores de capacidade adaptativa e governança são:

- Quais e quantas estruturas da governança do setor existem para lidar com os impactos das mudanças climáticas?
- Quantas pessoas estão capacitadas para tratar do tema?
- Quantas políticas, planos e programas específicos existem para lidar com os impactos?

Trata-se, portanto, de um olhar para dentro do setor, que a nosso ver, já possui estruturas adequadas para esses indicadores.

A ideia construção de indicadores a partir dos tópicos de resultado, desempenho e processo pode ser de grande valia para detalhar a capacidade adaptativa do setor. Inúmeras referências da literatura de políticas públicas estão disponíveis, assim como exemplos de plataformas consolidadas de âmbito do estado e de empresas que demonstram tipos de temas e indicadores de processos.

Além da necessidade de inclusão de indicadores de processo para estratégias de adaptação, sugerimos como importante também compreender a concepção de temas prioritários a serem medidos nos processos governança. Isto se deve ao entendimento recente da literatura sobre Governança Reflexiva e os exemplos de países que já adotaram essa visão, no que concerne à necessidade de i) ter estruturas e espaços de governança para debater o tema; ii) possuir capital humano devidamente treinado sobre o tema; e iii) traduzir as ações em termos concretos em políticas públicas. Essa concepção traz à luz elementos da formação de processos de política pública e planejamento estratégico, os quais podem ser medidos por indicadores relativos às dimensões *polity* (estruturas de governança); *politics* (elementos de negociação e conflitos); *policy* (produtos concretos do processo político), principalmente no que diz respeito à capacida-

de de aprendizagem dos atores políticos (característica fundamental para adaptação).

4.2.1. Alguns exemplos práticos sobre indicadores de processo, capacidade adaptativa e governança.

Oferecemos aqui alguns links de plataformas de indicadores consolidados, de âmbito de governança de países que construíram e monitoram indicadores relativos aos processos e de governança.

A plataforma Adapta Brasil⁴ demonstra uma abordagem sobre os conceitos de impactos, vulnerabilidade, exposição e ameaça climática para temas estratégicos, tais como segurança energética. Incluem indicadores que podem ser enquadrados na dimensão de capacidade adaptativa do setor energético e podem servir como uma base para reflexão de enquadramento. Para outros temas estratégicos, apresenta indicadores de planejamento e gestão referentes à dimensão de governança e capacidade adaptativa.

O Observatório das Águas⁵ desenvolveu indicadores nas dimensões Legal e Institucional, Capacidades Estatais, Instrumentos de Gestão, Interação Estado e Sociedade, Relações Intergovernamentais atrelados à ideia de gestão e adaptação para recursos hídricos da governança das águas pelos atores e instâncias do SINGREH. São dimensões e indicadores usualmente disponíveis e de fácil organização.

A plataforma Monitora EA⁶, para o tema de educação ambiental e educação para sustentabilidade, desenvolveu ferramenta baseada em indicadores de governança para integração das iniciativas de educação ambiental em todo território nacional. As dimensões medidas são Dimensão Diagnóstica, Dimensão da Participação e Construção Coletiva, Dimensão da Formação Dialógica, Dimensão da Intervenção Socioambiental, Dimensão Indivíduo/ Subjetividade,

⁴ <https://adaptabrasil.mcti.gov.br/>

⁵ <https://observatoriodasaguas.org/>

⁶ <https://www.monitorea.org.br/> e <https://ppzcm.monitorea.org.br/>

Dimensão da Complexidade, Dimensão da Comunicação, Dimensão Institucional.

O projeto Nexus, Caminhos para a Sustentabilidade⁷, desenvolve banco de dados de indicadores para temas de água, energia e alimentação que contemplam também indicadores de capacidade adaptativa de uma dimensão de governança, como exemplo número de projetos associados ao Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), Níveis de implementação e articulação de planos municipais de saneamento básico, Proporção entre os tipos de participação da comunidade verificados pelo total de tipos de participações possíveis, envolvendo a questão da água, Existência de conselhos municipais e de composição paritária, Nível de implementação de Planos de Gerenciamento dos Recursos Hídricos considerando o Comitê de Bacia, Percentual estabelecimentos agropecuários que recebem orientação técnica, Situação do município quanto à existência ou não de planos de contingência para desastres ambientais visando ações de prevenção, mitigação, preparação, resposta e recuperação

4.2.2. Disponibilidade e trabalho para construção de indicadores de governança

Como o próprio documento ressalta, desde o início do processo de seleção de indicadores, alguns deles tangenciam a contribuição sobre indicadores de governança, porém foram excluídos por não serem produzidos sistematicamente, ou não existirem. Contribuímos com a discussão de que, em primeiro lugar, alguns deles de fato não existem formalmente, mas são monitorados internamente nas organizações estatais e de planejamento. Portanto, necessitando de uma busca e sistematização ativa de dados que existem.

Há também aqueles indicadores que existem e possuem desempenho zero, tal seja, que indicam que estruturas, políticas ou programas focados no tema não

⁷ <http://nexus.ccst.inpe.br/>

existem. Esse é o tipo de informação é de extrema importância para o conceito de capacidade adaptativa e governança no contexto de mudanças climáticas e energia, uma vez que possuir políticas, programas e estruturas aptas para lidar com tema é fundamental, e neste sentido, orientam para lacunas ou pontos a avançar.

Portanto, reconhecemos o critério de exclusão por ausência de informação sistematizada e gratuita, porém contribuimos com argumentos que colocam a importância de se tratar o tema de capacidade adaptativa e governança como prioritários para serem desenvolvidos ou sistematizados.

5. Síntese das contribuições

Em síntese, na primeira parte deste documento registramos todas as contribuições dos pesquisadores que responderam o questionário online disponibilizado na consulta pública. Estão descritos na íntegra as avaliações e sugestões para cada indicador ressaltado.

Na segunda parte, a contribuição sobre capacidade adaptativa oferecida segue em 2 eixos. O primeiro trata sobre aspectos teóricos e conceituais que podem ser melhor trabalhados, tais como o modelo conceitual sobre Vulnerabilidade, Ameaças e Exposição, aspectos conceituais sobre sistemas sócio-ecológicos e sociotécnicos.

O segundo eixo trata sobre a dimensão de governança da capacidade adaptativa que pode ser melhorada em termos de quantidade e qualidade de indicadores. Trata-se de desenvolver indicadores associados aos processos de construção de estratégias de mitigação e adaptação, principalmente aqueles relativos à dimensão de políticas públicas dos órgãos governamentais.

Esses indicadores de processos devem estar atentos às dimensões de estrutura de governança, processos de discussão e debates e produtos concretos gerados pelo setor. Ainda, esses indicadores também devem considerar não apenas camadas físicas e estruturais dos processos, mas também as camadas cognitivas e institucionais da capacidade dos atores de compreender o tema de mudanças climáticas. Na ausência desses elementos, entendemos que a abordagem para avaliar a capacidade adaptativa do setor será medida de forma apenas parcial, não revelando as estratégias necessárias para que as estruturas, os órgãos de governo e as empresas sejam de fato aptas a lidar com os desafios climáticos.

Entendemos que, do ponto de vista dos órgãos governamentais do setor, já há implementado muitos elementos de capacidade adaptativa que, ao serem medidas por adequados indicadores, revelarão que o setor possui estruturas suficientes para tratar do tema de mudanças climáticas. Trata-se, portanto, de não apenas elencar lacunas de governança, mas também de ressaltar as virtudes que o sistema já possui implementado.

Anexo 1 – Resposta ao questionário online da consulta pública

Contribuição: Erica Acioli Canamary

Aluna de doutorado CST INPE

Indicadores de Risco	Nota
7.Aumento de eventos extremos de vento ($V > 25$ m/s)	8
8.Custo da Energia Elétrica	10
9.Área queimada anual	6
10.Número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm	8
11.Número de dias com temperatura acima de 40°C	10
12.Evaporação dos reservatórios	10
13.Participação do ACL (Ambiente de Contratação Livre) no consumo total de eletricidade	6
14.Consumo de energia elétrica residencial per capita	7
15.Número máximo de dias secos consecutivos com a taxa de precipitação diária < 1mm	10
16.Porcentagem dos desligamentos de linhas de transmissão por causas climáticas	7
17.Produtividade da cana de açúcar	8
19.Gostaria de sugerir algum indicador? Em caso positivo, favor inseri-lo no espaço abaixo com a justificativa da sua importância.	
<p>Precipitação anual total dos dias em que a chuva supera o percentil de 95% (dias) (R95p), que mostra a ocorrência de extremos segundo os valores de precipitação que ocorrem na região.</p> <p>E, em relação a temperatura seria interessante o Número de dias no ano em que a temperatura máxima está acima do 90° percentil (TX90p).</p>	

Indicadores de Mitigação	Nota
20.Capacidade instalada de mini e micro geração distribuída de energia	10
21.Geração de energia a partir de carvão mineral	9
22.Geração de energia a partir de diesel	9
23.Fator de capacidade para eólicas	8
24.Fator de capacidade para hidrelétricas	8
25.Incentivos diretos e indiretos a combustíveis fósseis	8
26.Participação da eletricidade no consumo energético de transportes	8
27.Emissão de CO ₂ (dióxido de carbono) anual do setor de energia	9
28.Emissão de CH ₄ (metano) anual do setor de energia	9
29.Emissão de N ₂ O (óxido nitroso) anual do setor de energia	9
30.Participação de renováveis na matriz energética	10
31.Participação de renováveis no Sistema Interligado Nacional (SIN)	10
32.Participação do setor de energia nas emissões de GEE do país	10
33.Fator de emissão médio do SIN (Sistema Interligado Nacional)	10
34.Participação de biocombustíveis na matriz de transportes	8
35.Participação de fontes fósseis na matriz elétrica de autoprodutores	10
36.Emissão de GEE (Gases de Efeito Estufa) per capita	10
37.Intensidade Energética	9
38.Capacidade instalada de termelétricas a biogás	10
39.Produtividade da cana de açúcar	10
40.Espaço destinado para sugestão de alteração dos indicadores: O indicador de capacidade instalada não se refere a capacidade de adaptação, pois reduz a vulnerabilidade da população. Acredito que devido a correlação entre os indicadores referentes aos itens 32 e 36, seja interessante utilizar apenas o indicador de emissões per capita.	

Indicadores de Adaptação	Nota
42.Adesão ao Programa Cidades Resilientes	10
43.Aumento de eventos extremos de vento ($V > 25$ m/s)	6
44.Capacidade instalada de mini e micro geração distribuída de energia	10
45.Continuidade do fornecimento de energia elétrica	8
46.Área queimada anual	7
47.Número de dias com precipitação maior ou igual a 20 mm (R20mm)	6
48.Número de dias com temperatura acima de 40°C	6
49.Proporção da população com acesso à eletricidade	7
50.Número de barragens de uso "Regularização de Vazão"	10
51.Número máximo de dias secos consecutivos com a taxa de precipitação diária < 1mm	6
52.Quantidade de municípios atendidos pelo SIN (Sistema Interligado Nacional)	10
<p>53.Espaço destinado para sugestão de alteração dos indicadores:</p> <p>Uma possibilidade de indicador seria a correlação entre a energia gerada por diferentes fontes em centros de interesse, como foi realizado pela Quarta Comunicação Nacional do Brasil à UNFCCC de 2020, detalhado na página 230.</p>	
<p>54.Gostaria de sugerir algum indicador? Em caso positivo, favor inseri-lo no espaço abaixo com a justificativa da sua importância.</p> <p>Acredito que os indicadores 43, 46, 47, 48 e 51 refletem o risco climático</p>	