

GRUPO DE ESTUDO DE DESEMPENHO AMBIENTAL DE SISTEMAS ELÉTRICOS - GMA

ÍNDICE DE VULNERABILIDADE INDÍGENA ÀS MUDANÇAS CLIMÁTICAS (IVI)

**LUCIANA ROCHA LEAL DA PAZ(1); KATIA C GARCIA(1); DENISE FERREIRA DE MATOS(1); IGOR
PINHEIRO RAUPP(1); CAMILA FERREIRA DE VASCONCELLOS(1)
CENTRO DE PESQUISAS DE ENERGIA ELÉTRICA CEPEL(1)**

RESUMO

As mudanças climáticas devem causar impactos importantes nas bacias hidrográficas brasileiras, modificando a disponibilidade de recursos naturais, afetando a subsistência das comunidades e intensificando os conflitos entre os usuários. Assim, a avaliação da vulnerabilidade das comunidades indígenas pode contribuir para a definição de estratégias bem-sucedidas de adaptação às mudanças climáticas. Este artigo propõe a construção do Subíndice de Pressão por Interesses Econômicos em Áreas Indígenas referente ao componente “Exposição” do Índice de Vulnerabilidade Indígena às mudanças climáticas. A metodologia utiliza informações geográficas em diferentes camadas, permitindo avaliar as diferentes pressões nos territórios indígenas, e consequentemente, áreas que necessitam de maior atenção no planejamento da adaptação.

PALAVRAS-CHAVE

índice de vulnerabilidade, populações indígenas, mudanças climáticas, adaptação

1.0 INTRODUÇÃO

As diferentes estratégias setoriais para a gestão dos recursos naturais geram conflitos pela adoção de políticas e ações divergentes, que impactam as comunidades. Assim, uma abordagem integrada para o planejamento das ações de adaptação é necessária e está alinhada ao disposto no Plano Nacional de Adaptação de 2016 (Brasil, 2016), agora em revisão. Este plano orienta para a consideração do impacto territorial da mudança do clima, a abordagem por setor e por tema e a consideração multisetorial e prioritária dos grupos mais vulneráveis, dentre os quais estão as populações indígenas.

Neste sentido, a identificação e avaliação da vulnerabilidade existente nas comunidades indígenas contribuem para a definição de estratégias bem-sucedidas de adaptação às mudanças climáticas. Isto inclui o conhecimento da natureza da vulnerabilidade, das causas e formas de pressão e da capacidade existente de adaptação e gerenciamento de riscos que a comunidade enfrenta (Ford e Smit, 2004). Para as comunidades indígenas, a avaliação da vulnerabilidade inclui um olhar sobre as pressões externas, as questões relacionadas com a salvaguarda do território e dos recursos naturais necessários à sua sobrevivência, bem como sobre as condições sociais, econômicas, políticas e culturais internas.

O levantamento da experiência de outros países pode fornecer importantes elementos para a construção de estratégias de adaptação mais proativas e antecipatórias. A literatura internacional corrobora a importância de considerar os fatores externos e não climáticos para a avaliação da vulnerabilidade e definição de ações de adaptação em comunidades, promovendo uma compreensão mais ampla de fatores que podem influenciar a capacidade de adaptação, como as condições sociais, econômicas, culturais e políticas das comunidades. Os governos podem auxiliar este processo com a construção de políticas que promovam o acesso dessas comunidades a tecnologias, treinamentos, acesso a crédito e financiamento e estímulo para o fortalecimento de estruturas de governança local.

Desta forma, o olhar pela experiência internacional em relação aos temas adaptação e comunidade permite o levantamento de lições e aprendizados que muito podem auxiliar na construção de um processo de adaptação mais efetivo. A avaliação e o monitoramento da adaptação é um importante elemento para o gerenciamento de riscos climáticos, mas muitas das discussões mostram que apesar dos esforços empreendidos para o exame crítico da adaptação no mundo, esta avaliação ainda não foi traduzida na prática.

A avaliação de 57 planos de adaptação de diferentes setores e níveis de planejamento da Austrália, Reino Unido e Estados Unidos realizadas por Preston et al. (2011) sugere que os planos são em sua maioria superficiais e baseados em percepções de risco incompletas ou tendenciosas por não considerarem outros fatores socioeconômicos e biofísicos. Portanto, a construção de um indicador que auxilie na compreensão dos fatores de vulnerabilidade às mudanças climáticas de populações indígenas pode fornecer elementos importantes para o estabelecimento de estratégias efetivas de adaptação.

A análise de alguns índices de vulnerabilidade existentes (IPEA, 2018; Day et al., 2019; FIOCRUZ, 2018) contribuiu para auxiliar em mais uma etapa da construção do Índice de Vulnerabilidade Indígena – IVI (Paz et al., 2019), que faz parte de um estudo maior que visa medir o grau de vulnerabilidade de populações indígenas e ecossistemas para construir uma estratégia integrada de adaptação. Assim, este artigo busca mostrar a construção do Subíndice de Pressão por Interesses Econômicos em Áreas Indígenas referente ao componente exposição do Índice de Vulnerabilidade Indígena, de acordo com o levantamento de questões relevantes para proposição de um indicador (Paz et al., 2019).

2.0 ESTRATÉGIAS DE ADAPTAÇÃO EM NÍVEL INTERNACIONAL

A formalização do planejamento de adaptação às mudanças climáticas tem avançado nos últimos anos, especialmente após a 21ª Conferência das Partes (COP 21), realizada em Paris em 2015, quando foi estabelecido um acordo em que cada país apresentou sua contribuição para reduzir as emissões de gases de efeito estufa de forma que a temperatura média global seja limitada a 1,5°C acima dos níveis pré-industriais. De acordo com Preston et al. (2011), os primeiros esforços em termos de políticas para combater os riscos climáticos foram mais voltados para a mitigação, e mais recentemente essas ações incluíram a adaptação. Ford e Smit (2004) reconhecem que as estratégias de mitigação não conseguirão sozinhas diminuir ou cessar as ações antrópicas que causam mudanças no clima, impactos negativos irão inevitavelmente ocorrer, e muitos países já estão procurando apoio da comunidade internacional para estabelecer e adotar medidas de adaptação. A avaliação da vulnerabilidade das comunidades indígenas permitirá a definição de estratégias mais eficientes de adaptação às mudanças climáticas e um olhar sobre a experiência internacional em relação aos temas adaptação e comunidade pode fornecer importantes subsídios neste sentido.

Um estudo de caso empreendido por Regmi et al. (2016) sobre a adaptação de uma comunidade no Nepal mostrou que apesar da promoção da Adaptação baseada em Comunidade (AbC) em países em desenvolvimento apresentar vantagens, podendo até ser considerada uma ferramenta de governança que ajuda a gerenciar os riscos da mudança climática fazendo sinergias com objetivos mais amplos voltados para o desenvolvimento sustentável e combate à pobreza, ainda existem muitos desafios a serem superados. As relações de poder, o acesso a recursos, a localização geográfica e o favoritismo são as principais dimensões da AbC relacionadas à equidade, sendo que a capacidade de adaptação está diretamente ligada ao acesso e controle sobre os meios de subsistência, acesso aos serviços básicos e redes sociais que fornecem mais opções de sobrevivência. A exclusão de alguns grupos do processo de planejamento e tomada de decisão pode acabar por beneficiar os menos vulneráveis da comunidade, ou seja, é importante **entender as relações de poder local** para planejar a participação e o engajamento comunitário de forma eficiente. Para Regmi et al (2016), uma estratégia bem-sucedida de AbC depende da inclusão e responsividade das estruturas institucionais locais e sua governança interna.

Em um estudo realizado por Gustafson et al. (2018) na bacia do baixo Mekong, que envolve Vietnã, Laos, Camboja e Tailândia, o planejamento da adaptação às mudanças climáticas incluiu a caracterização da vulnerabilidade da comunidade, utilizando uma abordagem que equilibra estratégias e processos baseados tanto na ciência quanto no conhecimento da comunidade. A experiência da mistura dos dados científicos com a perspectiva comunitária permite o **preenchimento das lacunas de conhecimento** de ambos os lados e um entendimento mais abrangente da vulnerabilidade, o que se refletirá no planejamento da adaptação. As projeções climáticas foram desenvolvidas considerando um cenário conservador de emissões e a média de seis modelos climáticos globais (GCMs), que foram usadas pelos facilitadores do projeto para fazer as avaliações da vulnerabilidade orientadas pela ciência, identificando os principais meios de subsistência no local do estudo. Já a vulnerabilidade identificada pela comunidade foi avaliada por pesquisas de conscientização, entrevistas com atores chave e oficinas comunitárias, envolvendo três etapas: (1) identificação de recursos e meios de subsistência por meio de mapeamento comunitário de recursos físicos e naturais; (2) identificação da natureza, localização e época das ameaças climáticas usando mapas de risco climáticos, calendários sazonais e análises históricas de riscos climáticos; (3) ranking de vulnerabilidade de subsistência (Gustafson et al, 2018). Os resultados deste estudo mostraram que as observações da comunidade em relação ao aumento da temperatura e da intensidade das tempestades corroboram com as projeções científicas, mas em relação à precipitação e mudança do padrão de chuva estas visões são mais diferenciadas, tanto por falta de ajuste na análise de alguns dados por parte dos cientistas quanto pela forma como a comunidade enxerga as mudanças climáticas potenciais no âmbito de seus meios de subsistência. Portanto, o estudo de Gustafson et al (2018) **corrobora a necessidade de considerar as perspectivas científicas e comunitárias para avaliar a vulnerabilidade** às ameaças climáticas.

Um estudo de Asefi-Najafabady et al (2018) sobre vulnerabilidade e exposição ao estresse pelo calor na Região dos Grandes Lagos Africanos (GLR) mostrou a importância de uma **compreensão tanto das mudanças climáticas quanto da capacidade de adaptação das populações envolvidas para os riscos físicos projetados**. Os nove países da GLR (Uganda, Ruanda, Burundi, Tanzânia, Malauí, Moçambique, Zâmbia, Quênia e República Democrática do Congo) têm uma população grande e em rápido processo de crescimento, mas com uma baixa capacidade de adaptação. As projeções indicam aumento na frequência, magnitude e duração de eventos extremos de calor, com implicações para a saúde da população da região. O mapeamento de padrões sinérgicos do risco de aumento do calor, da mudança demográfica e da vulnerabilidade social nessa região de condições climatológicas diversas pode identificar áreas particularmente vulneráveis aos impactos negativos na saúde e áreas onde se pode achar algum refúgio para a exposição ao calor. O estudo mostrou que as **áreas com maiores níveis de pobreza estão associadas com aumentos significativos no estresse térmico projetado**, especialmente no nordeste da Uganda, oeste do Congo e no nordeste do Quênia (Asefi-Najafabady et al, 2018). Para se ter um planejamento regional adequado e estratégias eficazes de mitigação é necessário ter uma compreensão da capacidade de adaptação da sociedade às mudanças climáticas.

A pesquisa de Gong et al (2018) realizada com famílias de agricultores na bacia do rio Langcang, no sudoeste da China, buscou identificar o papel do capital social como estratégia de adaptação individual pela adoção de tecnologias/práticas agrícolas. Os autores (Gong et al, 2018) definem capital social como as conexões entre os indivíduos e as normas de reciprocidade e de confiança que surgem entre eles, englobando as conexões no grupo ("bonding") e as conexões externas ao grupo ("bridging"). O resultado da pesquisa mostrou que apesar das famílias terem um forte capital social, as **decisões de adaptação são mais ligadas com as conexões feitas internamente ao grupo do que com as externas**, sendo recomendado que os governos possam criar estratégias e políticas que ajudem a população rural mais pobre a fazer uma **combinação mais equilibrada desses dois tipos de capital social** para melhorar a capacidade de adaptação de longo prazo e promover o desenvolvimento rural sustentável.

Bunce et al (2016) desenvolveu um estudo para identificar a vulnerabilidade e a capacidade de adaptação às mudanças climáticas das mulheres Inuit da comunidade Iqaluit, localizada no território canadense de Nunavut, fazendo uma **diferenciação dos impactos climáticos por gênero**. O estudo usou uma abordagem de vulnerabilidade para identificar e caracterizar como as mulheres Inuit respondem aos impactos das mudanças climáticas em um contexto de múltiplos estresses, ajudando a compreender a influência dos processos biofísicos e sociais e a estabelecer possíveis respostas da sociedade às mudanças futuras. Os autores afirmam que as consequências das mudanças climáticas têm potencial de exacerbar a vulnerabilidade diferenciada por gênero em contextos geográficos diferentes, especialmente no Ártico, que está experimentando estas mudanças de forma mais intensa. Os papéis tradicionais femininos na sociedade Inuit permanecem importantes mesmo com as mudanças socioculturais que vem ocorrendo desde os anos 1950 e 1960, com o engajamento em empregos assalariados, sendo que em muitas famílias as mulheres são as principais fontes de renda, o que acaba por reduzir o tempo disponível para as atividades tradicionais.

Como resultado, o estudo de Bunce et al (2016) identificou os **sete componentes chave mais relatados como influenciadores da capacidade de adaptação**, chamados **pilares da capacidade de adaptação**, que também influenciam a sensibilidade à mudança das condições climáticas e bem-estar geral: saúde mental, bem-estar físico, uma forte base educacional, segurança financeira, segurança alimentar, fortes redes sociais e uma conexão com a identidade Inuit. Esses pilares são afetados pelas condições sociais, econômicas e políticas externas sobre as quais as famílias possuem pouco controle, podendo tanto apoiar ou prejudicar a capacidade de adaptação.

Desta forma, o levantamento de lições e aprendizados da experiência internacional permite o conhecimento de problemas, lacunas e possíveis caminhos a seguir em busca de melhores soluções de adaptação, de forma que esta seja mais efetiva. A avaliação e o monitoramento da adaptação é um importante elemento para o gerenciamento de riscos climáticos, mas muitas das discussões mostram que apesar dos esforços empreendidos para o exame crítico da adaptação no mundo, esta avaliação ainda não foi traduzida na prática.

3.0 CONTRIBUIÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DO ÍNDICE DE VULNERABILIDADE INDÍGENA

A análise do Índice de Vulnerabilidade Social - IVS do IPEA (2018), do Climate Vulnerability Index – CVI da James Cook University da Austrália (Day et al. 2019) e o Índice Municipal de Vulnerabilidade da FIOCRUZ (2018) forneceram importantes subsídios para a construção do Índice de Vulnerabilidade Indígena – IVI tratado neste artigo (Paz et al., 2019).

O **IVS do IPEA** é um índice sintético construído a partir dos indicadores de vulnerabilidade social do Atlas de Desenvolvimento Humano (ADH), que é uma plataforma de consulta ao Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDHM). Os indicadores dispostos nas 3 dimensões, Infraestrutura Urbana, Capital Humano e Renda e Trabalho ajudam a mostrar a presença ou ausência das condições de bem-estar das populações dos municípios brasileiros. Segundo esta metodologia, aí reside a definição de vulnerabilidade social, que é um "instrumento de identificação de falhas de oferta de bens e serviços públicos no território nacional" (IPEA, 2015). A medida do IVS é um valor que varia entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior é a vulnerabilidade social do município.

O **Climate Vulnerability Index (CVI)** foi construído para avaliar a vulnerabilidade do que é listado como Patrimônio Mundial pela UNESCO e tem por base a abordagem de vulnerabilidade descrita no 4º Assessment Report do IPCC, mas se diferencia por possuir duas fases distintas, uma que avalia a vulnerabilidade do valor universal excepcional (VUE) dos bens do Patrimônio Mundial considerado¹ (conceito principal do Patrimônio Mundial da Unesco) e outro que avalia a vulnerabilidade da comunidade, que é baseado na dependência social, econômica e cultural do que é patrimônio da Unesco (Day et al., 2019). É feita uma avaliação preliminar da condição atual e da tendência do Valor Universal Excepcional do bem considerado (do patrimônio mundial), e de um total de 13 fatores ligados às mudanças climáticas identificam os 3 que mais podem impactar os VUE em um prazo acordado (2050, por exemplo). Os 13 fatores são divididos em **atmosféricos** (mudança da temperatura do ar, mudança do vento, frequência e severidade de secas, eventos extremos de temperatura, mudança na umidade, mudança na precipitação, intensidade e frequência das tempestades), e **marinhos** (mudança de temperatura da água, tempestade, eventos extremos de calor marinho, alteração do nível do mar, acidificação do oceano, mudança nas correntes oceânicas). O processo do CVI envolve 8 etapas (Day et al., 2019):

1. Avaliação de risco de exposição e sensibilidade em níveis de 1 (muito improvável) a 5 (muito provável) considerando os 3 fatores climáticos selecionados e o prazo estabelecido.
2. Identificação dos possíveis impactos dos 3 fatores climáticos, com a construção de uma matriz de risco para determinar o nível do impacto potencial (baixo, moderado, alto e extremo) considerando a exposição (muito improvável, improvável, possível, provável e muito provável) e a sensibilidade (muito baixa, baixa, moderada, alta e muito alta).
3. Avaliação da capacidade de adaptação em relação à capacidade de resposta do gerenciamento local, do nível de suporte científico e da eficácia em lidar com os efeitos climáticos, classificando em 4 níveis que variam de nenhuma capacidade à capacidade alta de adaptação.
4. Avaliação do nível de vulnerabilidade a partir do impacto potencial e da capacidade de adaptação.
5. Avaliação da vulnerabilidade da comunidade do entorno do patrimônio em questão às mudanças climáticas considerando as dependências econômicas, sociais e culturais.
6. Avaliação do impacto potencial econômico, social e cultural da vulnerabilidade do patrimônio em relação à dependência econômica, social e cultural da comunidade que foi identificada, considerando os níveis de risco baixo, moderado e alto.
7. Avaliação do nível de capacidade de adaptação separadas por aspecto econômico, social e cultural.
8. Construção da matriz de risco para avaliar a vulnerabilidade da comunidade a partir do impacto potencial econômico, social e cultural e da capacidade de adaptação.

O Índice Municipal de Vulnerabilidade Humana à Mudança do Clima, desenvolvido pela FIOCRUZ (2018) é composto de 3 índices, de exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa, como preconiza o IPCC (2014). A **exposição** compreende a natureza e o grau que o sistema experimenta o estresse biofísico, climático ou sociopolítico; a **sensibilidade** representa o grau com que o sistema é afetado ou modificado por perturbações; e **capacidade adaptativa** é a habilidade de um sistema evoluir para acomodar e lidar com os estresses ambientais considerando as condições de organização social (FIOCRUZ, 2018). Além do Índice de Vulnerabilidade, o índice final também considera o **Índice de Cenário Climático (ICC)**, que tem por base dois dos quatro cenários possíveis propostos pelo IPCC (RCP 2.6, 4.5, 6.0 e 8.5) que consideram para as projeções futuras a emissão de gases de efeito estufa, as diferentes tecnologias de geração de energia, e informações sobre o uso do solo. Os dois cenários considerados são o RCP 4.5 e RCP 8.5, que correspondem ao ICC 4.5 e ICC 8.5, respectivamente. Quanto maior o índice, maior será a diferença entre o clima futuro e presente (FIOCRUZ, 2018). Os índices finais representam o valor do município e podem variar de 0 a 1, sendo que o 1 é indicativo de maior vulnerabilidade. Ressalta-se que se trata de um índice comparativo, portanto, “receber pontuação zero não indica ausência de vulnerabilidade, ao passo que a pontuação 1 não significa vulnerabilidade completa e sim que, em relação aos demais municípios do estado, determinado município é mais ou menos vulnerável” (SANTOS, 2016).

4.0 ÍNDICE DE VULNERABILIDADE INDÍGENA (IVI): SUBÍNDICE DE PRESSÃO POR INTERESSES ECONÔMICOS EM ÁREAS INDÍGENAS

De acordo com o exposto, é importante considerar para as comunidades a avaliação da vulnerabilidade para a definição de ações de adaptação, processo que inclui a compreensão dos fatores externos que podem influenciar na capacidade de adaptação. Neste sentido, a avaliação da vulnerabilidade envolve um olhar sobre as pressões externas que as comunidades estão sujeitas, as questões relacionadas a salvaguarda do território e dos recursos naturais imprescindíveis à sobrevivência, bem como sobre as condições sociais, econômicas, políticas e culturais internas.

¹ Para ser reconhecido como Patrimônio Mundial da UNESCO, o bem cultural ou natural considerado significativo passa pela explicitação do seu Valor Universal Excepcional, que é definido pelos 10 critérios da Convenção do Patrimônio Mundial da UNESCO de 1972. Ele irá atestar que estes bens são importantes de serem preservados como um patrimônio partilhado pelas gerações atuais e futuras de toda a humanidade. Os países signatários da Convenção indicam os bens que farão parte desta lista (IPHAN, 2008).

A análise de alguns índices de vulnerabilidade contribuiu para auxiliar em mais uma etapa da construção do Indicador de Vulnerabilidade Indígena. Assim, a Tabela 1 mostra um resumo do modelo conceitual para a composição do Indicador, considerando os índices de Exposição, Sensibilidade e Capacidade Adaptativa.

O Índice de Vulnerabilidade Indígena (IVI) faz parte de um estudo maior que busca medir o grau de vulnerabilidade às mudanças climáticas de uma área em relação às questões indígenas e de ecossistemas, juntamente com a análise das alterações de temperatura do ar e precipitação, conforme mostra a Figura 1, a seguir. Em azul destaca-se a etapa que está sendo desenvolvida no momento.

Tabela 1 - Subíndices que compõem o Índice de Vulnerabilidade Indígena

Índice	Subíndice	Variáveis
Exposição (Fatores Externos de Stress)	Índice de Pressão por Interesses Econômicos em áreas indígenas: - Mostrar a intersecção entre os diferentes interesses	<ul style="list-style-type: none"> • Presença de Estradas – densidade da malha viária • Incidência de Atividades minerárias (Projetos de Mineração e garimpo) • Incidência de empreendimentos de geração elétrica • Incidência de empreendimentos de petróleo e gás • Incidência de Projetos Agropecuários de pequena e larga escala (incluindo também assentamentos rurais) • Incidência de projetos de exploração madeireira
Sensibilidade (Fatores internos de stress)	Índice de proteção do território indígena - Mostrar o nível de proteção legal do território (proteção oficial pela legislação). - Mostrar se o território é suficiente para a sobrevivência do grupo, o nível de conflito atual e histórico que pode existir e as perdas históricas que o território já sofreu.	<ul style="list-style-type: none"> • Condição de proteção legal do território (estágio da regularização fundiária) • Situação de conflito atual e preexistente • Existência de situação de invasão do território • Condições de Sobrevivência material do grupo (suficiência do território para a reprodução do grupo) • Perdas históricas do território
	Índice de qualidade ambiental da bacia - Mostrar a qualidade ambiental do entorno da Terra Indígena e os tipos de uso do solo.	<ul style="list-style-type: none"> • Nível de desmatamento • Presença de áreas urbanizadas • Uso do solo na bacia (percentual de área por tipo de uso) • Condicionantes ambientais da bacia (dinâmica de cheias, erosão, aptidão agrícola).
Capacidade de Adaptação (Fatores estruturais de stress, aspectos administrativos, legais e de serviços que ajudam a comunidade)	Índice de Engajamento - Mostrar o grau de organização social e política dos grupos, a existência de unidade política intragrupo ou entre grupos, e as relações entre povos indígenas e a sociedade.	<ul style="list-style-type: none"> • Participação em Associações e Organizações indígenas • Formas e natureza do contato com a sociedade envolvente. • Formas de relação com outros grupos • Eixos de solidariedade recíproca e eixos de rivalidade entre grupos indígenas
	Índice de proteção no entorno das Terras Indígenas - Mostrar as unidades de conservação que existem no entorno da terra indígena e que podem ajudar a proteger de pressões externas.	<ul style="list-style-type: none"> • Incidência de áreas protegidas (UC) no entorno

Fonte: Elaboração Própria.

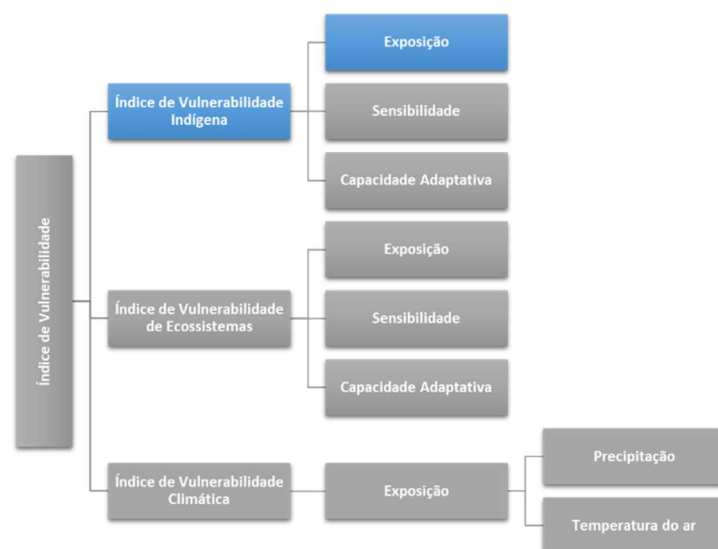


Figura 1: Estrutura Geral do Índice de Vulnerabilidade.

Portanto, o índice de vulnerabilidade (IV) mostrado na Figura 1 é composto por dois índices intermediários: o **Índice de Vulnerabilidade Indígena (IVI)** e o **Índice de Vulnerabilidade de Ecossistemas (IVE)**. O grau de vulnerabilidade nestes dois índices é obtido considerando o grau de exposição, a sensibilidade e a capacidade adaptativa de cada

sub-região da área de estudo. Além do IVI e IVE, um terceiro índice intermediário é considerado ainda no cálculo do IV, o Índice de Vulnerabilidade Climática (IVC), associado às alterações de temperatura do ar e precipitação.

O presente artigo tem por foco apresentar a construção do Subíndice de Pressão por Interesses Econômicos em Áreas Indígenas referente ao **componente exposição do Índice de Vulnerabilidade Indígena (IVI)**, tendo por base o levantamento prévio de questões relevantes para proposição de um indicador, conforme Paz et al. (2019). A Figura 2 mostra a estrutura do IVI e seus componentes, bem como um esquema resumido do componente Exposição do IVI.

O subíndice proposto é composto pelas variáveis: estradas, projetos de mineração e garimpo, empreendimentos de geração elétrica, empreendimentos de petróleo e gás, projetos agropecuários e exploração madeireira. Para cada variável foram adotados critérios para as notas e pesos das diferentes pressões. Estes critérios foram aplicados em uma avaliação visual sob forma de mapa, que reuniu todos os componentes que caracterizam a exposição da área a ser considerada. Para o cálculo do componente Exposição do IVI, a metodologia utiliza **informações geográficas em diferentes camadas de acordo com as pressões** produzidas nos territórios indígenas. Para tal utiliza-se **álgebra de mapas** para sintetizar a quantificação das pressões, valores atribuídos às feições geográficas indicando o potencial de interação negativa com os territórios indígenas.

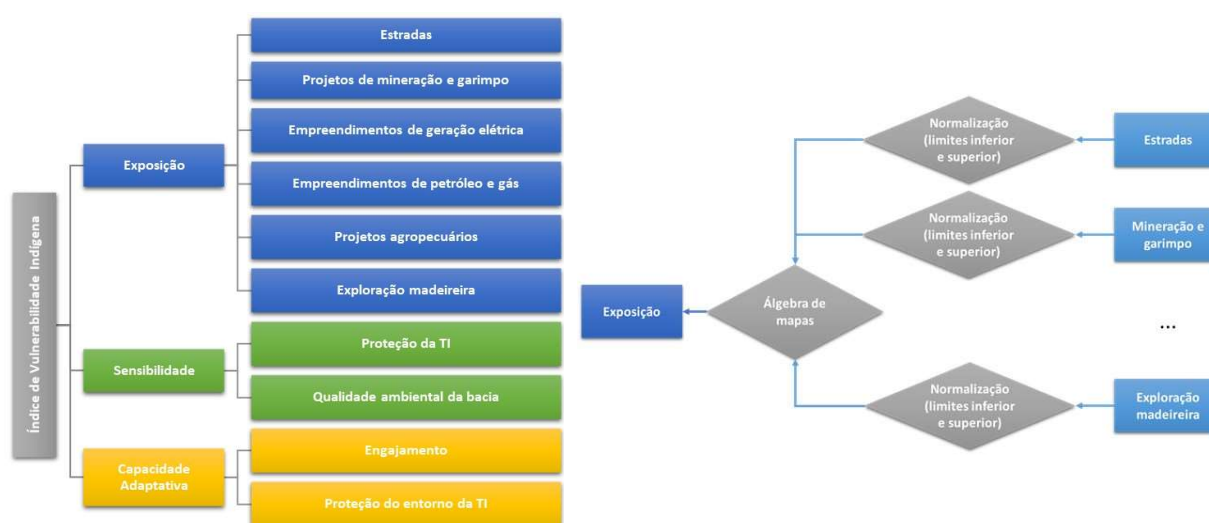


Figura 2: Composição do Índice de Vulnerabilidade Indígena e Resumo do Cálculo do componente Exposição.

Como exercício, foi escolhida uma bacia hidrográfica que tivesse elementos que pudessem ajudar a construir a metodologia do componente Exposição do IVI, a bacia selecionada foi a do Xingu, que possui terras indígenas, áreas protegidas, assentamentos rurais, projetos minerários, empreendimentos do setor elétrico, exploração madeireira, desmatamento e outros elementos que permitem a avaliação do Índice de Pressão por Interesses Econômicos em áreas indígenas. O mapa da Figura 3, a seguir, é o resultado da união de todos os componentes escolhidos para caracterizar a exposição da bacia. Cada um desses itens tem uma participação no aumento da Exposição e a distribuição de incidência desses elementos explicita através de uma análise visual as localidades mais e menos expostas da bacia hidrográfica do Xingu.

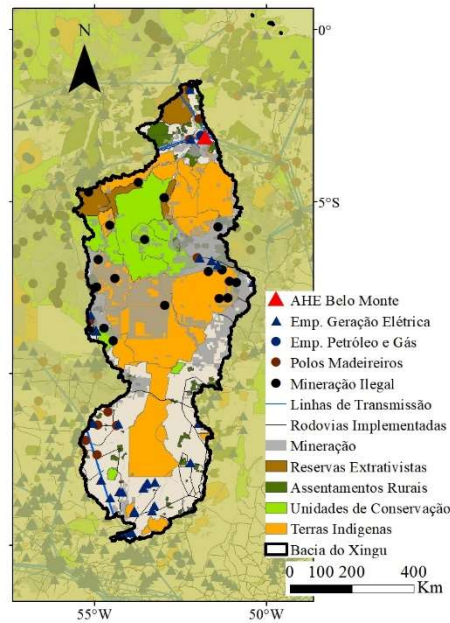


Figura 3: Componentes de Exposição (Fonte: elaboração própria, 2021)

Dados os componentes do índice de exposição, foram construídas superfícies de pressão com uma ferramenta do software do ArcMap. Essa ferramenta retorna o valor da distância euclidiana, ou seja, cada um dos pixels da imagem recebe o valor da menor distância que ele apresenta de qualquer uma das feições que caracterizam a exposição da área. A Figura 4 mostra os componentes do índice de exposição e o mapa resultante com a sobreposição das superfícies de pressão.

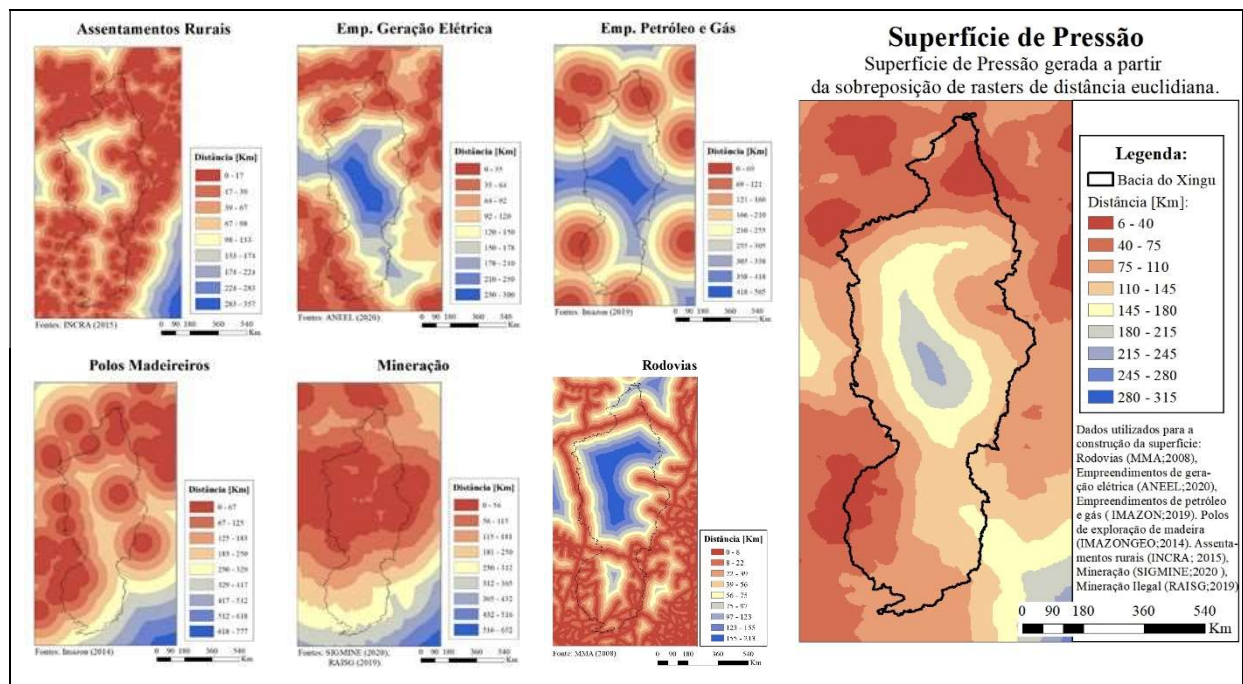


Figura 4: Componentes da Exposição e superfície de pressão resultante. Fonte: elaboração própria, 2021)

Essas superfícies de pressão foram convertidas em um índice por meio da definição de mínima e máxima pressão relacionada a distância que a área está da pressão em si. Distâncias menores, ou seja, mais próximas da pressão, recebem um valor mais alto para o índice. Distâncias maiores, diminuem a influência da pressão e, por conseguinte, obtêm índices menores. Assim, devem ser definidas as distâncias máximas por pressão, ou seja, a máxima distância que cada feição influencia na exposição do seu entorno, de acordo com a avaliação dos especialistas para cada caso. Como resultado, o local onde ocorre a pressão recebe o valor de índice igual a 1 (valor máximo) e todas as

distâncias maiores que as máximas definidas recebem valor de índice igual a zero. Isso traduz a ideia de que cada componente da exposição exerce pressão até a sua distância máxima atribuída. Distâncias além da máxima atribuída passam a não mais receber pressão. O valor do Índice para as distâncias intermediárias recebe valor entre 0 e 1, diminuindo à medida que se afasta do ponto máximo de pressão. A sobreposição das diversas feições pela álgebra de mapas permite identificar em mapa as áreas com maior ou menor exposição, considerando a cumulatividade das diversas pressões sobre o território. Neste artigo, as distâncias máximas foram arbitradas para efeito de estudo levando em consideração o tipo de influência que cada um dos componentes da exposição exerce no desmatamento da região, se é pontual, local ou regional. A Figura 5 mostra a tabela com o resumo das distâncias máximas por feição consideradas, e o mapa resultante com esta primeira aplicação do Índice de Exposição.

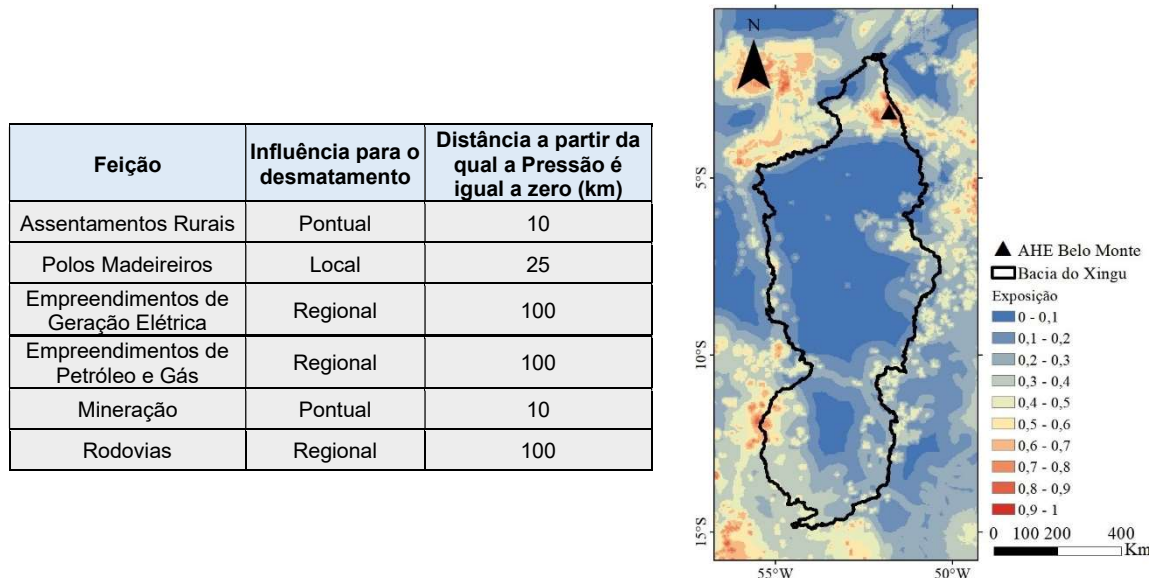


FIGURA 5: Tabela com as distâncias máximas para a influência no desmatamento por feição e o mapa resultante (Fonte: elaboração própria, 2021)

Pelo mapa é possível identificar as áreas menos expostas (que aparecem na tonalidade azul), bem como aquelas mais suscetíveis a exposição de pressões (tonalidades de amarelo a vermelho). No centro inferior do mapa é possível identificar uma estrada que corta horizontalmente a bacia (observada na Figura 4 referente ao mapa de rodovia), exercendo uma pressão no território e mostrando que mesmo considerando um grande número de feições, é possível observar no mapa resultante a pressão exercida por uma única feição. Observa-se também que as regiões próximas à UHE Belo Monte apresentam uma maior cumulatividade de pressões, o que era de se esperar, sendo umas das áreas da bacia com maior exposição. Vale destacar que grande parte das áreas com alta exposição (valores mais altos) se encontram fora da delimitação da bacia e, apesar de estarem fora do recorte geográfico da área, a sua consideração é fundamental uma vez que influenciam as áreas dentro da bacia.

Ressalta-se que para a identificação das áreas mais vulneráveis, ainda é necessário sobrepor as demais camadas de informação que compõem o Índice de Vulnerabilidade Indígena, quais sejam, a sensibilidade e a capacidade adaptativa.

5.0 CONCLUSÃO

A compreensão dos fatores de vulnerabilidade das populações indígenas às mudanças climáticas é fundamental para a construção de estratégias de adaptação antecipatórias e proativas. Neste sentido, o entendimento das pressões e ameaças dos muitos interesses econômicos que incidem sobre os territórios, recursos naturais, e a própria subsistência dessas populações representa o primeiro passo.

Este artigo abordou a primeira etapa da construção do Índice de Vulnerabilidade Indígena, mostrando o detalhamento do componente "Exposição", por meio do Subíndice de Pressão por Interesses Econômicos em Áreas Indígenas. A base para o desenvolvimento deste Subíndice foi apresentada no levantamento prévio das questões relevantes para a proposição de um indicador (Paz et al., 2019). Assim, para a elaboração do Subíndice de Pressão foram consideradas as variáveis presença de estradas, incidência de atividades minerárias, incidência de empreendimentos de geração elétrica e de petróleo e gás, incidência de projetos agropecuários e de exploração madeireira, em uma avaliação por meio de álgebra de mapas considerando critérios para notas e pesos dessas diferentes pressões, bem como uma classificação baseada no estabelecimento de distâncias máximas que cada uma das feições poderiam influenciar na exposição do seu entorno. Os primeiros resultados obtidos mostraram que a avaliação das pressões

por meio da utilização de informações geográficas em diferentes camadas permite a visualização das áreas mais expostas de forma muito eficiente.

Com isso, os próximos passos incluem continuar com o desenvolvimento dos critérios para a consideração das variáveis para os índices de sensibilidade e capacidade adaptativa utilizando as ferramentas de informação geográfica, para depois cruzar com o Índice de Vulnerabilidade Climática presente e futuro, considerando os cenários do IPCC para avaliar o possível aumento da vulnerabilidade de populações indígenas frente às mudanças climáticas.

BIBLIOGRAFIA

- ASEFI-NAJAFABADY, S., VANDECAR, K. L., SEIMON, A., LAWRENCE, P., & LAWRENCE, D. (2018). **Climate change, population, and poverty: vulnerability and exposure to heat stress in countries bordering the Great Lakes of Africa**. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-018-2211-5>.
- BRASIL, MMA (2016) **Plano Nacional de Adaptação à Mudança do Clima: volume 2: estratégias setoriais e temáticas**. Portaria MMA nº 150 de 10 de maio de 2016. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: MMA, 2016. 2 v. 295p.
- BUNCE, A.; FORD, J.; HARPER, S.; EDGE, V. & IHACC Research Team (2016). **Vulnerability and adaptive capacity of Inuit women to climate change: a case study from Iqaluit, Nunavut**. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-016-2398-6>.
- DAY, J.C.; HERON, S.F.; MARKHAM, A.; DOWNES, J.; GIBSON, J.; HYSLOP, E.; JONES, R.; LYALL, A. (2009) **Climate Risk Assessment for Heart of Neolithic Orkney World Heritage Property: An Application of the Climate Vulnerability Index**. Historic Environment Scotland, Edinburgh.
- FIOCRUCZ. (2018) **Relatório do Projeto Construção de Indicadores de Vulnerabilidade da População como Insumo para a Elaboração das Ações de Adaptação à Mudança do Clima no Brasil. Volume: Sumário Metodológico**. Fundação Oswaldo Cruz, Ministério do Meio Ambiente, Fundo Nacional sobre Mudança do Clima – Brasília, DF: MMA.
- FORD, JAMES D. & SMIT, BARRY (2004) **A Framework for Assessing the Vulnerability of Communities in the Canadian Arctic to Risks Associated with Climate Change**. *Arctic Vol.* 57, N° 4, Dezembro de 2004, p. 389– 400.
- GONG, Y.; LI, H.; PARKS, M.; PANG, J. & de FRAITURE, C. (2018). **The role of social capital for farmers' climate change adaptation in Lancang River basin in China**. *Climatic Change* 149: 75-89. DOI10.1007/s10584-017-2057-2.
- GUSTAFSON, S.; JOEHL CADENA, A.; NGO, C. C.; KAWASH, A.; SAENGHKAWE, I. & HARTMAN, P. (2018). **Merging science into community adaptation planning processes: a cross-site comparison off our distinct areas of the Lower Mekong Basin**. *Climatic Change*. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1887-7>.
- IPCC (2014) **Climate Change 2014: Synthesis Report**. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 151 pp.
- IPEA (2015) **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros**. Editores: Marco Aurélio Costa, Bárbara Oiveririta Marguti. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília. Obtido pelo site: http://ivs.ipea.gov.br/images/publicacoes/ivs/publicacao_atlas_ivs.pdf, último acesso em outubro de 2019.
- IPEA (2018) **Métodos e Conceitos para o Cálculo do Índice de Vulnerabilidade Social com base nas PNADS e Desagregações: Relatório Institucional**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA, Brasília. Acesso em agosto de 2018, pelo endereço: http://www.ipea.gov.br/portal/images/stories/PDFs/relatorio_institucional/180426_RI_metodos_e_conceitos.pdf.
- IPHAN (2008) **Patrimônio Mundial: fundamentos para seu reconhecimento – A convenção sobre proteção do patrimônio mundial, cultural e natural, de 1972: para saber o essencial**. 80p. Brasília, DF. Obtido pelo site http://portal.iphan.gov.br/uploads/ckfinder/arquivos/Cartilha_do_patrimonio_mundial.pdf em 11 de outubro de 2019.
- PAZ, L. R. L. & GARCIA, K. C. (2019) **Vulnerabilidade às Mudanças Climáticas e Populações Indígenas: Levantamento de Questões Relevantes para a Proposição de um Indicador**. XXV SNPTEE - Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica, Grupo de Estudo de Desempenho Ambiental de Sistemas Elétricos – GMA, Belo Horizonte.
- PRESTON, B.L.; WESTAWAY, R.M.; YUEN, E.J. (2011) **Climate Adaptation Planning in Practice: an evaluation of adaptation plans from three developed nations**. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* vol. 16, pp. 407-438. DOI 10.1007/s11027-010-9270-x.
- REGMI, B. R., STAR, C., & LEAL FILHO, W. (2016). **An overview of the opportunities and challenges of promoting climate change adaptation at the local level: a case study from a community adaptation planning in Nepal**. *Climatic Change*, 138(3–4), 537–550. <https://doi.org/10.1007/s10584-016-1765-3>.
- SANTOS, R.B.d.; MENEZES, J.A.; CONFALONIERI, U.; MADUREIRA, A.P.; DUVAL, I. de B.; GARCIA, P.P.; MARGONARI, C. (2019) **Construção e aplicação de um índice de vulnerabilidade humana à mudança do clima para o contexto brasileiro: A experiência do estado do Espírito Santo**. *São Paulo. Saúde e Sociedade*, 28(1), 299-321. <https://dx.doi.org/10.1590/s0104-12902019180431>.

Referências Bibliográficas dos Mapas:

- Estradas, site <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm>) acesso em 03/08/2020.
- Mineração e Garimpo, site <http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/> acesso em 11/08/2020.
- Geração Elétrica, site <https://sigel.aneel.gov.br/Down/> acesso em 03/08/2020.
- Petróleo e Gás, site https://mapbiomas.org/dados-de-infraestrutura?cama_set_language=pt-BR acesso em 03/08/2020.
- Assentamentos Rurais, site http://certificacao.incra.gov.br/csv_shp/export_shp.py acesso em 11/08/2020.
- Terras Indígenas, site <http://www.funai.gov.br/index.php/shape> acesso em 18/06/2021.

Unidades de Conservação, site <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> acesso em 03/08/2020.
Reservas Extrativistas, site <http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm> acesso em 03/08/2020.

DADOS BIOGRÁFICOS



Luciana Rocha Leal da Paz é Doutora em Planejamento Ambiental pelo Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ em 2006, Mestre em Sociologia pela Universidade de Brasília em 1997, Bacharel em Geografia pela Universidade de Brasília em 1991. É Pesquisadora do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) desde 2005. Tem experiência na área de Planejamento Energético e Ambiental, e atua principalmente nos temas ligados à sustentabilidade empresarial, questão indígena, mudanças climáticas e inserção da variável ambiental no planejamento do setor elétrico.

(2) **Katia Cristina Garcia** é Engenheira Química, formada pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, com Pós-Doutorado em Adaptação às Mudanças Climáticas pela Université Grenoble Alpes da França (IEPG-UJF-UPMF), Doutora em Planejamento Energético e Ambiental pela COPPE/UFRJ e Mestre em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ, possuindo também MBA em Desenvolvimento Gerencial pela FGV/SP. Pesquisadora do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL) e Coordenadora do Comitê de Gestão de Sustentabilidade do Centro. Membro do Comitê de Meio Ambiente do Cigré (C3) e representante brasileira no Working Group C3.20.

(3) **Denise Ferreira de Matos** é pesquisadora do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica, da área de meio ambiente, mais especificamente estudos socioeconômicos; atua em estudos e desenvolvimento de metodologias para avaliação de impactos socioambientais destacando a atividade de geração transmissão de energia elétrica, e ainda no desenvolvimento de indicadores ambientais e de sustentabilidade corporativa com foco na área socioambiental. Especializações: Mestrado em Estudos Populacionais e Pesquisas Sociais - ENCE (Escola Nacional de Estatística), atualmente doutoranda do Programa de Planejamento Energético da COPPE/UFRJ, com foco em estudos de Avaliação de Ciclo de Vida.

(4) **Igor Pinheiro Raupp** é Doutor e Mestre em Engenharia civil pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia (COPPE/UFRJ, 2019 e 2008) e Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ, 2004). Atualmente é pesquisador do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica (CEPEL), atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento da expansão de sistemas hidrotérmicos, aproveitamentos hidroelétricos, operação de sistemas hidroelétricos, controle de cheias, inventário hidrelétrico, inclusão da avaliação de impactos ambientais na expansão da matriz, índice de vulnerabilidade e métodos multicritério.

(5) **Camila Ferreira de Vasconcellos** é estudante de Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), com previsão de formação para dezembro de 2022. Atuou no projeto de Adaptações às Mudanças Climáticas no Cepel (Centro de Pesquisas de Energia Elétrica) de 2019 até 2021, onde pode desenvolver e aprofundar seu interesse na área de meio ambiente e pesquisas acadêmicas.