



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

## **MODELOS CONCEITUAIS E AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA PARA SISTEMAS URBANOS**

Paloma Cardoso de Oliveira Santos

Relatório Final de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC (PIBIC/CNPQ/INPE),  
orientado pela Dr<sup>a</sup>. Júlia Alves Menezes e  
coorientado pelo Dr. Davi Edson Sales e  
Souza.

INPE  
São José dos Campos  
2023





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

## **MODELOS CONCEITUAIS E AVALIAÇÃO DE RESILIÊNCIA PARA SISTEMAS URBANOS**

Paloma Cardoso de Oliveira Santos

Relatório Final de Iniciação Científica do  
Programa PIBIC (PIBIC/CNPQ/INPE),  
orientado pela Dr<sup>a</sup>. Júlia Alves Menezes e  
coorientado pelo Dr. Davi Edson Sales e  
Souza.

INPE  
São José dos Campos  
2023



## RESUMO

Desde a década de 1990, tem sido observado um aumento na frequência e magnitude de eventos climáticos extremos e desastres como ondas de calor, secas, aumento do nível do mar, dentre outros, os quais têm se intensificado devido à mudança climática e afetado um contingente populacional cada vez maior ao redor do globo. Esse cenário se mostra especialmente crítico para os sistemas urbanos, pois estes conformam uma grande concentração de população, ativos e atividades econômicas que implicam maiores riscos associados aos diversos impactos das mudanças climáticas. A capacidade institucional e individual dos sistemas urbanos em lidar com o risco climático pode modular os impactos associados, quer sejam presentes ou futuros, e conseqüentemente a resiliência do sistema. Em parceria com o LADIS - Laboratório de Análises e Desenvolvimento de Indicadores para a Sustentabilidade - o projeto teve como objetivo desenvolver arcabouço metodológico para a avaliação da resiliência em sistemas socioecológicos urbanos brasileiros, a partir i) de uma revisão exploratória da literatura sobre resiliência e indicadores no contexto da mudança do clima e ii) da construção de uma base de dados capaz de embasar a operacionalização de um modelo conceitual a ser aplicado em área piloto. Para o primeiro objetivo, 24 artigos foram lidos na íntegra abordando tanto a parte conceitual quanto a utilização de indicadores de resiliência para contextos urbanos. Os principais termos foram contabilizados em um glossário, que revelou a “resiliência urbana” e a “vulnerabilidade” como os mais comuns, convergindo com a literatura. O primeiro se referia à capacidade do sistema urbano suportar um choque e retornar ao seu estado, adaptando-se, e o segundo, à capacidade das cidades lidarem com os perigos. A revisão também apontou cinco dimensões como importantes para mensurar a resiliência de áreas urbanas: ambiental/ecológica, econômica, governança e segurança/instituições, infraestrutura/ambiente construído e social. Para o segundo objetivo, cerca de 300 indicadores foram compilados em um banco de dados a partir da literatura. Destes, 143 foram assinalados com alta probabilidade de serem obtidos de forma idêntica ou similar ao observado na revisão, ainda que com algumas repetições entre eles. A partir do refinamento da disponibilidade desses indicadores, um banco de indicadores está sendo finalizado para permitir a avaliação da resiliência da área urbana piloto com base nas cinco dimensões observadas. A partir dos resultados, espera-se contribuir para a consolidação de um banco de dados de indicadores de resiliência adaptados à realidade brasileira, a ser albergado no LADIS, e compreender os fatores que incrementam ou reduzem a resiliência urbana em escala local.

Palavras-chave: Resiliência. Mudança do Clima. Urbano. Indicadores



## LISTA DE FIGURAS

	<u>Pág.</u>
Figura 1: Fases do Ciclo Adaptativo. ....	6
Figura 2: Localização dos municípios do Estado do Pará. ....	11
Figura 3. Mapa da Dimensão Ambiental do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	31
Figura 4. Mapa da Dimensão de Infraestrutura do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	32
Figura 5. Decomposição do Índice da Dimensão de Infraestrutura do Município de Jacareacanga mostrando os indicadores básicos. ....	32
Figura 6. Mapa da Dimensão Social do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	33
Figura 7. Mapa da Dimensão Econômica do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	34
Figura 8. Mapa da Dimensão de Governança do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	35
Figura 9. Decomposição do Índice da Dimensão de Governança para os Municípios de Óbidos e Altamira, com maior e menor valor na dimensão, mostrando seus indicadores básicos. ....	35
Figura 10. Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará. ....	36
Figura 11. Desempenho dos quatro municípios com menores valores do Índice de Resiliência Urbana no Pará, desagregado por dimensão. ....	37
Figura 12. Desempenho dos quatro municípios com maiores valores do Índice de Resiliência Urbana no Pará, desagregado por dimensão. ....	38



## SUMÁRIO

	<u>Pág.</u>
<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 Objetivo .....	2
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Resiliência Urbana .....	3
2.2 Sistemas Socioecológicos .....	5
2.3 Vulnerabilidade e Capacidade Adaptativa .....	7
2.4 Indicadores como Ferramenta para Avaliação da Resiliência Urbana.....	9
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>11</b>
3.1 Área de Estudo .....	11
3.2 Revisão Bibliográfica .....	13
3.3 Banco de Dados e Refinamento .....	13
3.4 Construção do Índice de Resiliência Urbana .....	23
3.5 Mapa do Índice de Resiliência Urbana .....	23
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>23</b>
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>38</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Desde a década de 1990, tem sido observado um aumento na frequência e magnitude de eventos climáticos extremos e desastres como ondas de calor, secas, aumento do nível do mar, dentre outros, os quais têm se intensificado devido à mudança climática e afetado um contingente populacional cada vez maior ao redor do globo (DEBORTOLI et al., 2017; IPCC, 2007, 2012, 2014a, 2018).

Estima-se que cerca de 495 mil pessoas morreram em todo o mundo como resultado direto dos mais de 12 mil eventos registrados entre 1999-2018, com perdas se aproximando dos US\$3,54 trilhões em poder de paridade de compra (ECKSTEIN et al., 2019).

Tal cenário se mostra especialmente crítico para os sistemas urbanos, pois estes conformam uma grande concentração de população, ativos e atividades econômicas que implicam maiores riscos associados aos diversos impactos das mudanças climáticas (TAPIA et al., 2017). Cabe esclarecer que o risco se dá em função do perigo, da exposição a esse perigo e das condições de vulnerabilidade da população, ativos ou sistemas expostos, sendo esses fatores dinâmicos no tempo e no espaço (GALLOPÍN, 2006; IPCC, 2014; UNISDR, 2017).

A capacidade institucional e individual dos sistemas urbanos em lidar com o risco climático pode modular os impactos associados, quer sejam presentes ou futuros, e consequentemente a resiliência do sistema. Assim, os impactos podem se dar sobre a vida, meios de subsistência, saúde, ecossistemas, economia, serviços e infraestrutura urbanos, e se conjugar para reduzir ou amplificar contextos locais de vulnerabilidade e de exposição ao perigo climático, criando novos riscos (UNISDR, 2017).

As cidades são alvos importantes para o conceito de resiliência às mudanças climáticas porque contêm inúmeros setores e atividades interdependentes e intimamente ligados, como é o caso de um organismo. Elas não apenas devem mitigar o risco de vários desastres no curto prazo, mas também devem construir sua capacidade de responder efetivamente a uma transformação sistêmica e, desenvolver essa capacidade requer uma nova abordagem que busca uma mudança fundamental no planejamento e gestão urbana à medida que as incertezas futuras e a complexidade urbana se intensificam.

Na produção dos riscos, a capacidade adaptativa tem influência na probabilidade de o risco se materializar (OPPENHMEIER et al., 2014; IPCC, 2012), o que coloca a resiliência e a capacidade de resposta das áreas urbanas como questão central para que os gestores locais possam equalizar diferenças e injustiças socioambientais relacionadas aos impactos climáticos. Além disso, a grande diversidade biofísica e social existente no território brasileiro enseja uma variedade de desastres que acometem com peso distinto cada região do país.

Considerando o contexto apresentado, o rápido processo de urbanização associado às condições socioeconômicas e ambientais dos sistemas urbanos justificam a necessidade de as cidades repensarem seus métodos de planejamento e operações em resposta a um ambiente em evolução, cujos subsistemas, como o ambiente construído, as infraestruturas, os sistemas sociais, naturais e de produção, estão em constante modificação (LIU; CHAN, 2007; TAPIA et al., 2017; TURNER et al., 2003).

Tendo em vista que a Amazônia desempenha um papel importante no ciclo de carbono planetário e é considerada como uma região de grande risco do ponto de vista das influências das mudanças climáticas, pois na região há um aumento das atividades humanas como o aumento da emissão de gases de efeito estufa, de queimadas, com o desmatamento, a formação de ilhas urbanas de calor, etc., o estudo se voltará para a o estado do Pará, localizado na região norte do país.

## **1.1 Objetivo**

- Desenvolver arcabouço metodológico para a avaliação da resiliência em sistemas socioecológicos urbanos no contexto de impactos climáticos observados em municípios brasileiros (paraenses);
- Definir um modelo piloto;
- Levantar indicadores e métodos de análise para operacionalização do modelo (em literatura e na base de dados do projeto Adapta Brasil);
- Realizar um estudo de caso que permita avaliar a resiliência de áreas urbanas pós-impacto climático;
- Ajustar o modelo a partir dos resultados do estudo de caso.

## **2 REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Resiliência Urbana**

A palavra “Resiliência” vem do verbo latino *resilire*, que significa rebote ou retorno. Os físicos usaram pela primeira vez a noção de resiliência para explicar a elasticidade e descrever a capacidade de um material de resistir a choques externos. O termo, que se originou nos campos da ecologia e das ciências naturais, passou a ser usado em várias outras disciplinas, como a psicologia e o estudo das doenças psiquiátricas, as ciências sociais e o desenvolvimento comunitário, e projeto de engenharia.

A resiliência tem sido um conceito importante no debate contemporâneo sobre mudanças climáticas e adaptação. O quinto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC 2014) define resiliência como “a capacidade dos sistemas sociais, econômicos e ambientais de lidar com um evento perigoso, tendência ou distúrbio, respondendo ou reorganizando de maneira a manter sua função essencial, identidade e estrutura, ao mesmo tempo que mantém a capacidade de adaptação, aprendizagem e transformação”. O relatório recomenda a criação de um caminho resiliente ao clima como medida para responder aos riscos das mudanças climáticas que podem estar concentrados em áreas urbanas. Ou seja, em termos de desenvolvimento sustentável, a sociedade deve mudar a tomada de decisão e o comportamento em relação à economia, sociedade, tecnologia e política.

A resiliência aborda como as cidades podem sustentar o progresso e o desenvolvimento diante das mudanças climáticas. Logo, a necessidade de discutir a resiliência climática urbana está na ameaça contra a prosperidade contínua das cidades, tendo em vista que cidades prósperas estão intimamente associadas ao desenvolvimento, progresso e crescimento da sociedade humana, e as mudanças climáticas são consideradas um distúrbio que põe em risco o avanço contínuo.

Holling (1973), pioneiro no conceito de resiliência, afirmava que a resiliência determina a persistência de relações dentro de um sistema e é uma medida da capacidade desses sistemas de absorver mudanças de variáveis de estado, variáveis de direção e parâmetros e ainda persistir. Sendo assim, a resiliência é a propriedade do sistema e a persistência ou probabilidade de extinção é o resultado.

Walker et. al. (2004) define a resiliência como a capacidade de um sistema de absorver distúrbios e se reorganizar enquanto passa por mudanças, de modo a manter essencialmente a mesma função, estrutura, identidade e feedbacks.

Para Leichenko (2011) resiliência, é a “Capacidade de um sistema de resistir a um grande choque e manter ou retornar rapidamente à função normal”, além disso a resiliência urbana seria “Capacidade de uma cidade ou sistema urbano de absorver perturbações enquanto retém identidade, estrutura e processos-chave”, ou seja, aumento da capacidade das cidades, sistemas de infraestrutura e populações e comunidades urbanas para se recuperarem rápida e perigos.

Satterthwaite (2013) define a resiliência às mudanças climáticas como a capacidade de uma cidade de absorver distúrbios/choques relacionados às mudanças climáticas, mantendo a mesma estrutura básica e modos de funcionamento, ou seja, capacidade de resistir a esses choques e de se recuperar, podendo incluir a capacidade de recuperação de forma a reduzir os riscos de choques futuros. Quando a resiliência às mudanças climáticas é considerada para áreas urbanas, isso significa levar em consideração cada possível impacto da mudança climática (por exemplo, resiliência a restrições de água doce não é o mesmo que resiliência a eventos extremos como ondas de calor) e se a área urbana ou distrito em questão pode absorver cada impacto, mantendo sua estrutura e modos de funcionamento.

Para Suárez (2016), resiliência é a capacidade de sistemas socioecológicos complexos de mudar, adaptar e, crucialmente, transformar em resposta a tensões e tensões. Sendo uma prioridade no planejamento urbano, tendo sido incluída como objetivo principal nas estratégias locais de adaptação às alterações climáticas ou na Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. Ademais, enfatiza a diferença entre resiliência evolutiva (Reconhecimento de que sistemas complexos estão em constante mudança, e não há nenhum estado de equilíbrio ao qual os sistemas possam retornar ou avançar após uma perturbação) e resiliência ecológica (Reconhece que existem múltiplos estados de equilíbrio, e o sistema pode entrar em um novo após a ocorrência da perturbação).

## 2.2 Sistemas Socioecológicos

A resiliência climática urbana começa com dois tipos importantes de mudança climática: fenômenos resultantes de mudanças climáticas abruptas e aqueles resultantes de mudanças lentas e constantes. O primeiro inclui padrões climáticos anormais e condições meteorológicas severas, que afetam as cidades. A mudança climática abrupta tem sido explorada no contexto da redução do risco de desastres. Do ponto de vista da tecnologia de engenharia, a resiliência compreende a discussão conceitual necessária para responder a esses fenômenos. No entanto, isso não reflete a natureza contínua e gradual das mudanças causadas pelo aumento da temperatura e do nível do mar, além das transformações ecológicas. O impacto das mudanças climáticas lentas e constantes remodela o sistema urbano enquanto exige uma mudança em direção a uma melhor qualidade. Isso reflete a visão de resiliência evolutiva e se preocupa com o tipo de preparação necessária a longo prazo.

Castillo-Villanueva e Velázquez-Torres (2015), abordam sobre possibilidade de interações, tanto verticais como horizontais, feedbacks e amplificações em sistemas socioecológicos que podem levar a o sistema a um estado de crise. Portanto, é importante ter abordagens que nos permitem saber quais são os limiares de resistência das interações do sistema, sua capacidade de adaptação e auto-organização que permitem a sua viabilidade ao longo do tempo.

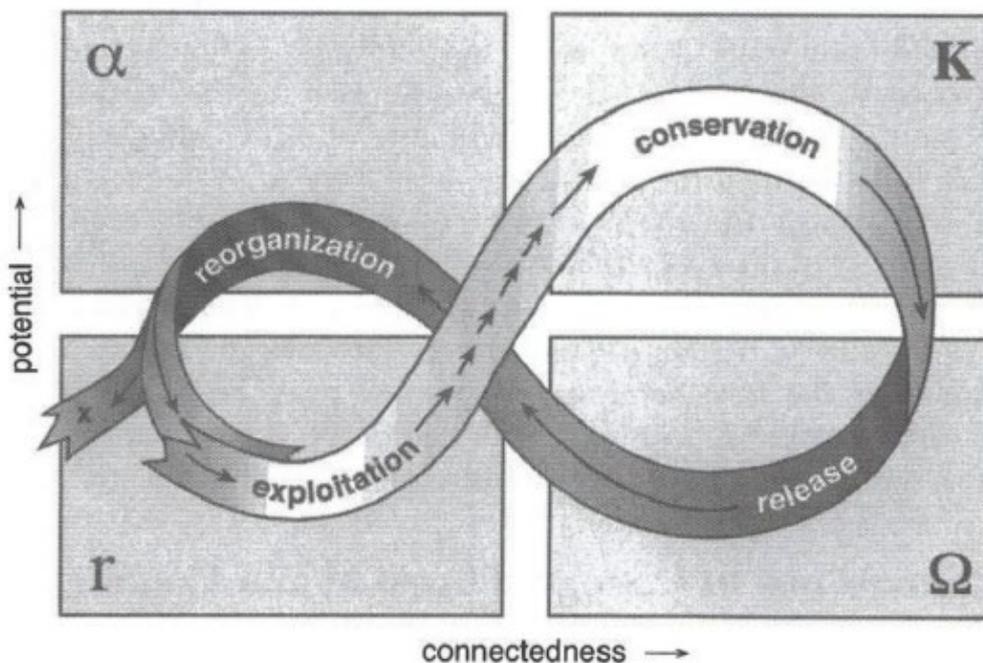
Várias investigações mostram que os sistemas socioecológicos constituem sistemas adaptativos complexos. O ciclo adaptativo, inicialmente proposto por Holling em 1986, é uma metáfora para descrever quatro fases que comumente ocorrem nos processos de mudança de sistemas complexos como resultado de sua dinâmica interna e influência externa: crescimento, conservação, liberação ou destruição criativa e reorganização. Muitos sistemas se movem nessas quatro fases, descritas como o ciclo adaptativo, incluindo ecossistemas, sistemas sociais, sistemas institucionais e sistemas socioecológicos.

Na figura 1 a progressão no ciclo vai da fase de crescimento lentamente para a conservação, muito rapidamente para a liberação, rapidamente para a reorganização e rapidamente também para outra fase de crescimento. As setas curtas indicam mudanças lentas e as setas longas indicam mudanças rápidas. Durante o ciclo lento do crescimento

à manutenção, a conectividade e a estabilidade aumentam e um capital é gradualmente acumulado o que aumenta o potencial do sistema. Em um sistema econômico ou social, o potencial acumulado pode consistir em habilidades, redes de relacionamentos humanos e confiança mútua que cresce à medida que o progresso é feito neste loop (HOLLING E GUNDERSON, 2002).

Walker et al. (2006) apontam que a primeira fase (r) é interpretada como de crescimento; caracterizada pela disponibilidade de recursos, estrutura de acúmulo e alta resiliência. Embora a estrutura e as conexões entre componentes do sistema são aumentadas, a quantidade de energia necessária para mantê-lo crescendo. A segunda fase (K) é aquela em que o ritmo de crescimento da rede desacelera e o sistema se torna mais interconectado, menos flexível e mais vulnerável a choques externos. Essas duas fases, r-K, são integrados em um loop de crescimento do loop frontal e correspondem ao processo de sucessão ecológica nos ecossistemas e constitui os modos de desenvolvimento nas organizações e sociedades.

**Figura 1:** Fases do Ciclo Adaptativo.



Fonte: Holling e Gunderson (2002).

Holling e Gunderson (2002) mencionam que a terceira fase, conhecida como fase  $\Omega$ , corresponde à da libertação ou destruição criativa, onde a conectividade excessiva do sistema é liberada repentinamente causada por certos agentes perturbadores. A quarta fase ( $\alpha$ ) é conhecida como reorganização e equivale a fase de inovação e reestruturação na indústria ou na sociedade – tipo de processos econômicos e políticos que surgem em tempos de recessão transformação econômica ou social. “Estas duas fases constituem uma segunda loop chamado back loop. A nova fase r pode ser semelhante à fase anterior r ou ligeiramente diferente” (Walker et al., 2006: 2).

Para Sharifi (2016), as cidades como sistemas socioecológicos estão enfrentando os crescentes desafios impostos por uma ampla gama de estressores, como mudança climática, crescimento populacional, urbanização, desastres naturais e causados pelo homem e esgotamento de recursos, onde o reconhecimento do fato de que nem todas essas ameaças podem ser evitadas levou à difusão do conceito de resiliência.

De acordo com Buschbacher (2014), um bom exemplo de um sistema socioecológico é a fronteira amazônica, onde múltiplos grupos de interesse (madeireiros, agricultores, pecuaristas, assentados, indígenas e conservacionistas) interagem em busca de múltiplos objetivos (produção, lucro, equidade, conservação e manutenção cultural); onde os fatores biofísicos (como água, clima e biodiversidade) afetam e são afetados por essas atividades sociais e econômicas; e onde múltiplos fatores, internos e externos, vindo das escalas locais, nacionais e internacionais (desde políticas públicas e aplicação das leis, à cultura, poder e eficácia de diferentes discursos) influenciam sua dinâmica.

### **2.3 Vulnerabilidade e Capacidade Adaptativa**

De acordo com Engle et. al. (2014) a adaptação é cada vez mais vista como um componente essencial da gestão dos riscos desencadeados pelas mudanças climáticas induzidas pelo homem, onde vulnerabilidade, resiliência e capacidade adaptativa são os conceitos centrais para determinar como ajudar países e comunidades, porque fornecem estruturas que vinculam a sensibilidade biofísica do clima a fatores sociais/econômicos que mitigam ou amplificam as consequências das mudanças ambientais.

Para Lankao e Qin (2011), a vulnerabilidade é a possibilidade de um sistema ser afetado negativamente por algo (um perigo ou estresse), também é uma propriedade relativa que define tanto a sensibilidade quanto a capacidade de lidar com aquele

estressor. Assim como, define a vulnerabilidade física como exposição a riscos climáticos, sensibilidade de infraestruturas urbanas, populações ou atividades e os impactos resultantes ou potenciais e a vulnerabilidade urbana como um processo dinâmico baseado na capacidade decrescente de uma cidade ou de suas populações para lidar com um conjunto de perigos e tensões sociais e ambientais, dos quais a mudança climática é apenas um.

Para Gallopín (2006), a vulnerabilidade, também, é mais frequentemente conceituada como sendo constituída por componentes que incluem exposição a perturbações ou estresses externos, sensibilidade à perturbação e capacidade de adaptação, sendo a capacidade de vulnerabilidade também pensada como uma suscetibilidade ao dano, um potencial para uma mudança ou transformação do sistema quando confrontado com uma perturbação, e não como o resultado desse confronto. Enquanto, define adaptabilidade (ou capacidade adaptativa) como uma habilidade de se tornar adaptado (ou seja, ser capaz de viver e se reproduzir) a uma certa gama de contingências ambientais. Logo, a adaptabilidade é o estado de ser adaptado, e um traço adaptativo ou uma "adaptação" é uma característica da estrutura, função ou comportamento do organismo que é fundamental para assegurar a adaptabilidade.

Além disso, Hardoy e Lankao (2011), afirmam que as mudanças climáticas trazem outro nível de estresse para essas populações já vulneráveis, visto que os riscos recaem desproporcionalmente em grupos de baixa renda que ocupam locais de alto risco, têm a provisão menos adequada de infraestrutura e serviços de proteção e nenhuma posse formal sobre a terra que ocupam. Além de enfrentarem múltiplos riscos ambientais e sociais, também enfrentam despejos.

Kim e Lim (2016), se referem à adaptação ou capacidade adaptativa como um indicativo de capacidade socioeconômica, que forma a base de respostas e preparação visíveis, significando então aumentar a conscientização e reforçar os esforços de preparação para situações de emergência, onde medidas de adaptação são projetadas para proteger ativos, pessoas e espaços contra os impactos das mudanças climáticas e devem ser deduzidas do ângulo da resiliência da engenharia. Essa noção se concentra em produzir resultados de adaptação tangíveis e melhorar fisicamente comunidades, espaços e infraestrutura, que são vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas.

## **2.4 Indicadores como Ferramenta para Avaliação da Resiliência Urbana**

Para Satterthwaite (2013), um indicador de resiliência em áreas urbanas é necessário pois leva em consideração onde e como os riscos mudam (incluindo uma exacerbação ou mudança dos riscos existentes e novos riscos), onde populações vulneráveis, empresas e instituições já estão concentradas (ou não), onde estes têm capacidade para lidar com os riscos variáveis e onde haja capacidade de adaptação para que essa adaptação reduza também o risco futuro.

Suaréz (2016) afirma que indicadores podem ser usados para fins de pesquisa, mas também para tomada de decisão e comunicação pública, uma vez que condensam a complexidade de qualquer sistema em uma quantidade compacta e gerenciável de informações. Em consonância, Zhang et. al. (2020), afirma que a construir um índice de resiliência urbana resulta em uma ferramenta cada vez mais popular para monitorar o progresso em direção a cidades à prova de clima.

De acordo com Sharifi (2016), os indicadores devem ser usados para transformar a resiliência em um conceito mensurável e fornecer uma lente através da qual as complexidades das cidades como sistemas socioecológicos possam ser mais bem compreendidas. Esses indicadores podem ser usados posteriormente para desenvolver ferramentas de avaliação que, entre outras coisas, podem ser usadas para determinar as condições básicas, avaliar a eficácia das intervenções e medir o progresso na consecução dos objetivos da comunidade, tendo em vista que eles devem ser usados para ajudar os planejadores a entender a melhor forma de aprimorar as habilidades de planejar/preparar, absorver, recuperar e adaptar-se a eventos disruptivos.

Tyler et. al. (2016), afirmam que o principal benefício de se desenvolver indicadores de resiliência é a capacidade local que o processo constrói, em termos de compreensão da resiliência, compreensão compartilhada de conceitos e medição e estabelecimento de uma plataforma comum para planejamento futuro e monitoramento de intervenções de adaptação climática no nível das cidades.

Sendo assim, a resiliência representa uma oportunidade importante para melhorar a tomada de decisões de adaptação, mas também é uma tarefa desafiadora. Entre as ferramentas de apoio à decisão que podem ajudar os profissionais do desenvolvimento

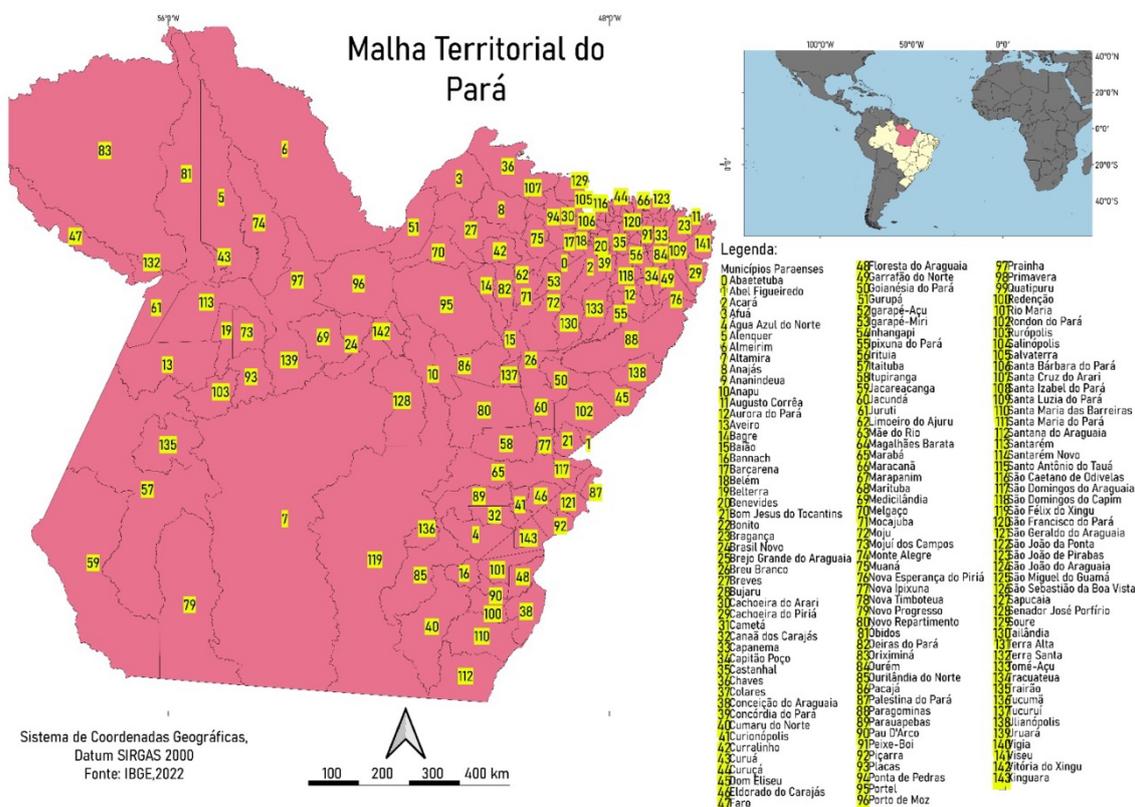
estão as estruturas de avaliação e os indicadores que avaliam a eficácia de projetos e programas para aumentar a resiliência.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Área de Estudo

O estado do Pará está situado na Região Norte, sendo o segundo maior estado do país em extensão territorial, com uma área de 1.245.870,798 km<sup>2</sup> (figura 1). É dividido em 144 municípios, sendo Belém a capital. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, em 2018 a densidade demográfica equivalia a 6,70 habitantes por quilômetro quadrado.

Figura 2: Localização dos municípios do Estado do Pará.



O clima predominante no Pará é o Equatorial, caracterizado pela elevada umidade relativa do ar e pelas altas temperaturas na maior parte do ano. Há, entretanto, variações regionais: enquanto não se registra uma estação seca no norte paraense, os invernos no sul do estado apresentam menores índices pluviométricos. A umidade do ar nesta área é também menor e as temperaturas médias variam de 24 °C a 27 °C, enquanto o índice anual de chuvas é de 1500 mm a 2500 mm, sendo que em algumas áreas, esse valor pode atingir 3000 mm.

Nos últimos anos, o estado experimentou um notável crescimento econômico, registrando um Produto interno bruto (PIB) considerado alto e uma urbanização maciça em suas maiores cidades. No entanto, o Pará ainda registra vários problemas sociais e ambientais, especialmente em seu interior. Vem do Pará o maior índice de desmatamento no Brasil, mesmo em áreas de preservação ambiental, alinhado a outras anomalias sociais. Problemas como a pobreza e criminalidade são elevados e o estado possui a segunda pior educação pública do Brasil, conforme o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD-Brasil), além do quarto menor Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) da nação, com 0,698 (2017).

A taxa de urbanização do Pará é de 68,48%, conforme os dados de 2010 (IBGE, 2010). A capital, Belém, é o seu município mais populoso e reúne 1.499.641 habitantes. Ananindeua é a segunda maior cidade paraense, com 535.547 habitantes. Destacam-se, ainda, Santarém, Marabá e Parauapebas. Ademais, quase 70% da população paraense se declaram como pardos; 21,81%, como brancos; 7,24% como negros; e 0,52%, como indígena. Em valores absolutos, a população indígena do Pará é a terceira maior da região Norte, com 51.217 pessoas.

A economia paraense é a maior da região Norte. O estado detém um PIB de R\$ 161,34 bilhões, o equivalente a 2,3% do nacional. Sem levar em consideração as atividades atreladas à administração pública, o setor terciário responde por 36,76% da economia do Pará. Na sequência está a indústria, com 30,98%. As atividades agropecuárias são responsáveis por 10,19% do PIB paraense, conforme as informações do IBGE para 2018. A mineração é a principal atividade econômica do Pará, o estado é reconhecido como detentor da maior província mineral do planeta em decorrência das

grandes jazidas localizadas no sudeste do estado, mais especificamente na serra dos Carajás.

### **3.2 Revisão Bibliográfica**

A metodologia utilizada foi a exploratória e descritiva, onde realizou-se o levantamento de artigos científicos por meio do Google Acadêmico. As palavras-chave utilizadas foram: resiliência, resiliência urbana, sistemas socioecológicos, mudanças climáticas, modelos-conceituais, indicadores e dimensões de resiliência.

Para todos os artigos foi feito um fichamento de citações, em que as frases mais importantes foram transcritas na íntegra. Os fichamentos serviram de base para a construção de um glossário com os principais termos relacionados à temática da resiliência urbana. A revisão de literatura também embasou a construção do banco de dados de indicadores e as principais definições do modelo conceitual de resiliência urbana a ser adotada na presente pesquisa (dimensões).

### **3.3 Banco de Dados e Refinamento**

Um banco de indicadores utilizados pelos trabalhos levantados na revisão bibliográfica foi construído, totalizando cerca de 300 indicadores. Esses foram classificados em dimensões e subdimensões de resiliência. Posteriormente, esse banco foi refinado pela elegibilidade de indicadores adotando os critérios de i) compatibilidade – aqueles que eram mais similares à realidade das cidades brasileiras e ii) disponibilidade – aqueles que eram passíveis de obtenção em outras bases de dados secundárias ou de projetos no nível municipal. Nesse último caso, as bases do projeto Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas (AdaptaBrasil MCTI) serviram de apoio para a coleta de informações. Os indicadores do projeto Tipologias de Vulnerabilidade Urbana, desenvolvido no LADIS/DIIAV/INPE também foram consultados para inclusão.

Após definição do corpo de indicadores do trabalho, uma checagem dos dados foi realizada usando o programa Excel. O intuito da checagem foi identificar aqueles indicadores i) com valores faltantes acima de 20%, ii) com pouca variação entre seus valores sendo, portanto, pouco discriminativos, e iii) com informações complementares que poderiam ser agregados em um indicador único. Para os dois primeiros casos, os

indicadores foram eliminados. Para o último, a agregação foi realizada por média aritmética.

Os indicadores escolhidos foram escrutinados para remover altas correlações através da correlação de Spearman, uma medida não paramétrica de correlação de postos, utilizando o software SAS Studio (SAS Institute Inc., 2023). As correlações entre indicadores de uma mesma dimensão e entre dimensões foram analisadas para um ponto de corte de + ou - 0,7, sendo então eliminadas. Etapa seguinte consistiu na análise individual dos indicadores por dimensão, sendo removidas aquelas consideradas menos relevantes para a avaliação da resiliência. Foi estabelecido um limite de cerca de 35 indicadores para a construção do Índice de Resiliência Urbana como estratégia para evitar o inflacionamento do índice. Os metadados com as informações sobre os indicadores é mostrado no quadro 1.

**Quadro 1.** Metadados dos indicadores que compuseram o Índice de resiliência urbana constando a descrição e fonte.

<b>Sigla</b>	<b>Nome Indicador</b>	<b>Descrição</b>	<b>Fonte</b>
Amb_1	Áreas Verdes Urbanas	Indicador resultante do cálculo da proporção de áreas verdes em áreas urbanizadas em cada município. As áreas verdes são consideradas as classes de Formação Florestal, Formação Savanica, Mangue e Restinga arborizada derivado do mapeamento de uso e cobertura da terra para 2020 do MapBiomias Coleção 7.0 (Variável A). As áreas urbanizadas derivam do mapeamento de Áreas Urbanizadas do IBGE para 2019 (Variável B). A proporção de áreas verdes em áreas urbanizadas é calculada pela intersecção espacial entre a variável A e B. Posteriormente calcula-se a proporção de áreas verdes em relação a áreas total do município	MapBiomias
Amb_3	Agregado Qualidade do ar	Média dos indicadores: - Material particulado fino (PM2.5) per capita: Média da emissão (g) de MP2.5 total per capita entre 2010 e 2020 - Emissão per capita CO2: Média da emissão per capita de CO2 para o período 2015 -2018	IDSC

Continua

**Quadro 2 - Continuação.**

Amb_4	Balanço hídrico qualitativo	O balanço hídrico qualitativo considera a capacidade de assimilação das cargas orgânicas domésticas pelos corpos d'água. Este indicador, produzido pela ANA (2016), leva em conta a carga de esgoto doméstico gerada, considerando a população urbana de cada município (no estudo foi considerado o Censo Demográfico do IBGE de 2008), e desse valor são subtraídos os volumes tratados de esgoto doméstico, segundo dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento - SNIS, complementados com informações do Plano Nacional de Saneamento Básico - PNSB (IBGE, 2008). Valores superiores a um indicam que a carga orgânica lançada é superior à carga assimilável. Valores inferiores a um indicam que a carga orgânica lançada é inferior à carga assimilável. Desse modo, tem-se uma escala de valores que corresponde à seguinte relação: 0-0,5 (ótima), 0,5-1,0 (boa), 1,0-5,0 (razoável), 5,0-20,0 (ruim) e >20 (péssima).	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.
Amb_6	Consumo médio percapita água (l/hab./dia)	Indicador obtido por meio da média do consumo per capita de água (IN022) e posteriormente multiplicado pelo peso atribuído pelos especialistas considerando a relevância regional do mesmo à ameaça de seca. Dados obtidos em Indicadores Municipais Consolidados, disponibilizado pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o período de 2010 a 2015	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.

Continua

**Quadro 3 - Continuação.**

Amb_7	Índice de Segurança Hídrica (humana)	A avaliação da oferta de água foi realizada com base na disponibilidade hídrica dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados para abastecimento da população de cada sede municipal e na sua capacidade de atendimento às demandas. Mediante o balanço hídrico desses mananciais em cada ponto de captação, definiram-se os percentuais da população exposta a situações de desabastecimento. O cálculo do indicador utilizou também como fator restritivo, além do balanço hídrico, o nível de cobertura da rede urbana de distribuição de cada município, representativo do acesso à água pela cobertura da rede urbana de distribuição de cada município, representativo do acesso à água pela população	ANA
Amb_10	Taxa de áreas florestadas e naturais por hab.	Média da taxa de formações florestais naturais por habitante, sendo a cobertura de formações florestais naturais (HA) dividido pela população total, entre 2015-2020	IDSC
Amb_12	Agregado Resíduos	Média dos indicadores (anos 2015-2020): - Resíduos domiciliares per capita (Ton / Hab. / Ano): resíduos sólidos coletados sobre a população total. - Recuperação de resíduos sólidos urbanos coletados seletivamente: taxa de recuperação de materiais recicláveis (exceto matéria orgânica e rejeitos) em relação à quantidade total coletada. - População atendida com coleta seletiva (%): população urbana atendida com coleta seletiva sobre a população urbana total.	IDSC

Continua

**Quadro 4 - Continuação.**

Infra_1	Densidade Populacional 2000-2020 (%)	Varição da densidade populacional no período 2000 - 2020. A densidade populacional foi calculada a partir da variação percentual do incremento da população em relação a área municipal para os intervalos de 2000-2010 e 2010-2020, em seguida, essas variações percentuais foram somadas para verificar a variação da densidade demográfica entre 2000-2020. A população residente, estimativas e área territorial foram retiradas do IBGE.	Primário
Infra_2	Área Urbanizada	Total de áreas urbanizadas, em quilômetros quadrados, para 2019.	IBGE
Infra_3	Expansão Urbana 2000-2020 (%)	Taxa de expansão urbana no município considerando o intervalo de 20 anos. Utilizou-se os mapeamentos de uso e cobertura da terra do MapBiomias Coleção 7.0 para os anos 2000, 2010 e 2020. Selecionou-se a classe área urbanizada para cada ano e somou-se o total desta classe em cada município para cada ano investigado. A taxa de expansão urbana foi calculada a partir da variação percentual do ganho de áreas urbanas relativos aos intervalos de 2000-2010 e 2010-2020, em seguida, somam-se essas variações percentuais para verificar a taxa de expansão urbana entre 2000-2020.	Primário
Infra_4	Tempo Deslocamento Igual ou superior 1h (%)	% pessoas que trabalhavam tempo igual ou superior a 40h semanais cujo tempo de deslocamento para o trabalho era igual ou superior a 1h em 2010	Censo

Continua

Quadro 5 - Continuação.

Infra_5	Investimento público em infraestrutura (R\$)	Média dos valores entre 2015-2020 da razão entre o valor do investimento público em infraestrutura e o produto interno bruto (PIB)	IDSC
Infra_6	Agregado comunicação	Média dos acessos por 100 habitantes/domicílios para internet e telefonia móvel entre 2011 e 2022. Para a informação de internet, foi realizada a média da densidade de acessos a cada 100 domicílios, por município, entre outubro de 2011 e outubro de 2022. Para a informação de telefonia móvel, foi utilizada a média da densidade de acessos a cada 100 habitantes, por município, entre outubro de 2019 e outubro de 2022. Os dados foram coletados a partir de 2019 devido a alteração do cálculo da densidade pela ANATEL. "A partir de 2019 o cálculo da densidade do serviço considera somente acessos do tipo "Padrão", não considerando em seu cômputo acessos do tipo "Ponto de Serviço" e "M2M".	ANATEL
Social_1	Alimentos básicos provenientes da agricultura familiar por 1000 hab.	Quantidade produzida, em toneladas, de alimentos básicos da agricultura familiar (arroz, feijão, milho, trigo, mandioca e leite) para cada 1000 habitantes obtida do Censo Agropecuário 2017. A quantidade de leite foi convertida em toneladas considerando a densidade de 1.032g/l. Razão entre a soma da quantidade produzida de leite de vaca, arroz em casca, feijão preto em grão, feijão de cor em grão, feijão fradinho em grão, feijão verde, mandioca (aipim, macaxeira), milho em grão, trigo em grão e trigo preto em grão, em toneladas, e a população do município em 2017, multiplicado por 1000.	Primário / IBGE

Continua

**Quadro 6 - Continuação.**

Social_2	Mortes no Trânsito	Taxa de mortalidade média para o período de 2015 a 2020, obtida pela razão entre o número de mortes no trânsito e a população residente, por 100 mil habitantes (x100.000)	IDSC
Social_3	Profissionais de saúde 1000 hab.	Os profissionais de saúde correspondem à razão entre a soma do número de profissionais de nível superior e elementar e a população do município, sendo computada a média do período de 2010 a 2021, multiplicado por 1000.	Data SUS
Social_10	Abrangência do Programa Bolsa Família	A abrangência do programa foi calculada a partir da razão entre o número médio de beneficiários do bolsa família para 2012 a 2019 (obtidos pelo Portal da Transparência disponibilizado pela Controladoria Geral da União (CGU)) e média da quantidade estimada de domicílios com até meio salário-mínimo para 2012 a 2016 (a partir dos dados do Censo Demográfico 2010 e das estimativas populacionais para o mesmo período divulgadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE))	Sistema de Informações e Análises sobre Impactos das Mudanças Climáticas - Adapta Brasil MCTI.
Social_11	Instrução Mulheres Chefes Família (%)	Percentual das famílias urbanas em que o responsável é do sexo feminino, com baixa ou nenhuma instrução em 2010	Censo

Continua

Quadro 7 - Continuação.

Social_13	Vereadoras Câmara	Medida dos anos de 2012, 2016 e 2020 para o número de vereadoras na Câmara Municipal em relação ao número total de vereadores (as), multiplicado por 100	IDSC
Social_14	Agregado Equipamentos	Média dos indicadores: - Número de estabelecimentos da educação básica (educação infantil, ensino fundamental e ensino médio) em relação à população do município em 2021 - Número de centros culturais, espaços e casas de cultura, públicos e privados, por 100 mil habitantes em 2018	IDSC
Social_15	Ensino Médio e Superior (%)	Percentual de pessoas com 25 anos ou mais, residentes em áreas urbanas, com o ensino médio completo, superior incompleto ou superior completo em 2010	Censo
Econ_1	Rendimento nominal médio mensal (R\$)	Valor do rendimento nominal médio mensal das pessoas de 10 anos ou mais de idade (Reais)	Censo
Econ_2	PIB per capita	Razão entre o valor médio do PIB municipal entre 2013 e 2020 e a população média para o mesmo período.	IBGE
Econ_4	Valor Adicionado PIB Indústria	Média do valor adicionado do PIB para o setor industrial entre 2013-2015	Atlas Brasil
Econ_5	Taxa de desemprego	Taxa média de desemprego no município em 2010	IDSC

Continua

**Quadro 8 - Continuação.**

Econ_6	Taxa de ocupação	Ocupação das pessoas com 16 anos de idade ou mais calculada pela razão entre o número de pessoas de 16 anos ou mais com ocupação e o número total de pessoas com 16 anos ou mais em 2010	IDSC
Gov_1	Organizações Civas 1000hab	Número de organizações da sociedade civil em 2020 dividido pela população, por 1000 habitantes	IPEA
Gov_2	Conselhos Municipais - Existência e Paridade	<p>Existência de conselho municipal, por tipo de formação (paritário, com maior participação da sociedade civil ou com maior participação governamental) nas áreas de segurança alimentar, saneamento, meio ambiente, habitação e transporte.</p> <p>Média das notas atribuídas para existência e formação de cada conselho da seguinte forma:</p> <p>Habitação (2020): existência sim (1) ou não/não informou/recusa (0) e formação - maior participação sc (1), paritário (0,8), maior participação gov. (0,5), recusa/não informou/não foi instalado ou está inativo (0), - (NA)</p> <p>Saneamento (2017): existência sim ou sim, em conjunto com outras políticas (1) e não/não informou/recusa (0)</p> <p>Transporte (2020): existência sim (1) ou não/não informou/recusa (0) e formação - maior participação sc (1), paritário (0,8), maior participação gov. (0,5), recusa/ não informou (0), - (NA)</p> <p>Meio Ambiente (2020): existência sim (1) e não/não informou/recusa (0) e formação - maior participação sc (1), paritário (0,8), maior participação gov. (0,5), recusa/ não informou (0), - (NA)</p> <p>Segurança alimentar (2013): existência sim (1) e não/ não informou/recusa (0) e formação paritário - sim (0,8), não/ recusa/ não informou (0), (NA)</p>	MUNIC, IBGE

**Quadro 9 - Conclusão.**

Gov_3	Combate corrupção	Grau de estruturação das políticas de combate à corrupção calculado pelo número de instrumentos e políticas de controle interno e combate à corrupção existentes no município ÷ número de instrumentos e políticas de controle interno e combate à corrupção disponíveis (7 no total) (x100) em 2019	IDSC
Gov_4	Política direitos humanos	Grau de estruturação das políticas de direitos humanos calculado pelo número de conselhos temáticos existentes no município ÷ número total de conselhos disponíveis (7 no total) (x100) em 2019	IDSC
Gov_5	Política transparência	Proporção de instrumentos de transparência governamental calculada pelo número de instrumentos e políticas de transparência existentes no município ÷ número de instrumentos e políticas de transparência disponíveis (6 no total) (x100) em 2019	IDSC
Gov_6	Financiamento proteção ambiental	Proporção de instrumentos de gestão e financiamento da proteção ambiental calculada pelo número de instrumentos de financiamento da proteção existente no município ÷ número de instrumentos de financiamento da proteção ambiental disponíveis (6 no total) (x100) em 2020	IDSC
Gov_7	Gestão de riscos e prevenção desastres	Participação das estratégias adotadas sobre o total de estratégias recomendadas calculada pela média (2017 e 2020) do número de estratégias adotadas ÷ número de estratégias recomendadas (25) (x100)	IDSC

### **3.4 Construção do Índice de Resiliência Urbana**

O tratamento dos dados consistiu em i) normalização pelo método mínimo-máximo, de forma que todos os valores ficassem entre 0 e 1; e ii) imputação de valores faltantes, para a qual foi utilizada o valor médio do indicador.

Um ajuste de direcionalidade também foi aplicado para garantir que todos os indicadores apresentassem a mesma relação com o fenômeno de interesse, no caso, a resiliência. Assim, os indicadores que apresentavam relação indireta com a resiliência foram invertidos para guardarem sempre a mesma direção que os demais, quanto maior o valor do indicador, maior a resiliência.

Foi considerado que todos os indicadores estavam contribuindo igualmente para o cálculo do índice, por isso, não foram adotados pesos. Para cada dimensão, foi feita uma média aritmética dos indicadores que a compunham. Para obtenção do Índice de Resiliência Urbana, também foi utilizada a média aritmética dos índices finais de cada dimensão.

### **3.5 Mapa do Índice de Resiliência Urbana**

Para representar os índices obtidos para o estado do Pará, foram gerados mapas cloropléticos. De acordo com os conceitos da teoria de linguagem cartográfica (MacEachren, 1994), o mapeamento cloroplético tem a área como dimensão do fenômeno e os valores como o nível de medida. Assim, a representação visual do mapa mostra as quantidades correspondentes aos diferentes municípios a partir da associação do maior valor com a cor mais escura, em uma escala entre 0 (menos resiliente) e 1 (mais resiliente). Os mapas foram construídos utilizando o software Qgis, versão 3.28 LTR (Firenze).

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A leitura na íntegra dos trabalhos que compuseram a etapa de revisão de literatura conduziu a 24 fichamentos de artigos relacionados, principalmente, aos trabalhos seminiais sobre resiliência, como Holling (1973) e Walker (2004), bem como aos temas de indicadores de resiliência em área urbanas e de modelos conceituais de resiliência. Os fichamentos podem ser consultados em:

[https://drive.google.com/file/d/15JplyTcFZ6itvbuKxesDKgA\\_WNnuJnbm/view?usp=share\\_link](https://drive.google.com/file/d/15JplyTcFZ6itvbuKxesDKgA_WNnuJnbm/view?usp=share_link).

Esses trabalhos são alguns dos que embasaram a definição do conceito de resiliência, transitando de uma perspectiva da engenharia (retorno ao estado anterior), para a ecologia (impulso a um novo estado) até culminar na evolutiva (transformação de múltiplos sistemas estáveis). Os conceitos mais importantes emergidos da pesquisa foram: ‘resiliência’, ‘vulnerabilidade’, ‘capacidade adaptativa’, ‘risco’, ‘sustentabilidade’, ‘fases do ciclo adaptativo’.

Os principais termos foram contabilizados em um glossário, que revelou a “resiliência urbana” e a “vulnerabilidade” como os mais comuns, convergindo com a literatura. O primeiro se referia à capacidade do sistema urbano suportar um choque e retornar ao seu estado, adaptando-se, e o segundo, à capacidade das cidades lidarem com os perigos. A revisão também apontou cinco dimensões como importantes para mensurar a resiliência de áreas urbanas: ambiental/ecológica, econômica, governança e segurança/instituições, infraestrutura/ambiente construído e social. O glossário e a tabela de frequência podem ser consultados aqui: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1M0eDEpt0SViVjmH4FUW0GuTjKciSfvOP/edit?usp=share\\_link&oid=112216007409616005648&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1M0eDEpt0SViVjmH4FUW0GuTjKciSfvOP/edit?usp=share_link&oid=112216007409616005648&rtpof=true&sd=true).

Cerca de 300 indicadores foram compilados em um banco de dados a partir da literatura. Destes, 143 foram assinalados com alta probabilidade de serem obtidos de forma idêntica ou similar ao observado na revisão, ainda que com algumas repetições entre eles. O banco de dados da literatura e a lista de indicadores possíveis de serem coletados está disponível em: [https://docs.google.com/spreadsheets/d/1HRoxKOFtGAdU1zY9fov9cpYr5B0CNwtt/edit?usp=share\\_link&oid=112216007409616005648&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/spreadsheets/d/1HRoxKOFtGAdU1zY9fov9cpYr5B0CNwtt/edit?usp=share_link&oid=112216007409616005648&rtpof=true&sd=true).

A partir do refinamento da disponibilidade desses indicadores e do tratamento dos dados, o que implicou em eliminações devido ao indicador não atender aos critérios de 20% no máximo de dados faltantes ou ser pouco discriminativo, um banco de indicadores foi finalizado para permitir a avaliação da resiliência da área urbana do estado do Pará com base nas cinco dimensões observadas (Tabela 1).

**Tabela 1.** Índices por dimensão e índice de resiliência urbana dos municípios do Pará.

<b>Município</b>	<b>Índice Ambiental</b>	<b>Índice Infraestrutura</b>	<b>Índice Social</b>	<b>Índice Econômico</b>	<b>Índice Governança</b>	<b>Índice Resiliência Urbana</b>
Abacetuba (PA)	0.748	0.499	0.282	0.286	0.577	0.634
Abel Figueiredo (PA)	0.559	0.546	0.360	0.258	0.418	0.468
Acará (PA)	0.634	0.433	0.338	0.323	0.169	0.306
Afuá (PA)	0.676	0.440	0.265	0.126	0.598	0.444
Água Azul do Norte (PA)	0.537	0.490	0.286	0.205	0.485	0.376
Alenquer (PA)	0.596	0.453	0.197	0.269	0.573	0.433
Almeirim (PA)	0.785	0.490	0.383	0.546	0.552	0.875
Altamira (PA)	0.498	0.501	0.226	0.649	0.136	0.382
Anajás (PA)	0.792	0.342	0.239	0.288	0.496	0.479
Ananindeua (PA)	0.172	0.189	0.371	0.425	0.422	0.096
Anapu (PA)	0.518	0.367	0.073	0.494	0.479	0.330
Augusto Corrêa (PA)	0.646	0.365	0.204	0.204	0.615	0.397
Aurora do Pará (PA)	0.635	0.441	0.257	0.111	0.331	0.225
Aveiro (PA)	0.711	0.632	0.251	0.250	0.695	0.732
Bagre (PA)	0.759	0.350	0.193	0.110	0.384	0.239
Baião (PA)	0.733	0.368	0.314	0.342	0.783	0.732
Bannach (PA)	0.337	0.520	1.000	0.398	0.642	0.968
Barcarena (PA)	0.518	0.389	0.294	0.477	0.800	0.691
Belém (PA)	0.246	0.244	0.622	0.550	0.887	0.738
Belterra (PA)	0.594	0.411	0.161	0.172	0.653	0.369
Benevides (PA)	0.000	0.289	0.327	0.398	0.543	0.081
Bom Jesus do Tocantins (PA)	0.673	0.377	0.386	0.336	0.666	0.665
Bonito (PA)	0.625	0.420	0.400	0.320	0.390	0.477
Bragança (PA)	0.945	0.449	0.298	0.339	0.871	0.972

Continua

Tabela 2 - Continuação.

Brasil Novo (PA)	0.590	0.582	0.471	0.410	0.641	0.835
Brejo Grande do Araguaia (PA)	0.614	0.622	0.304	0.342	0.326	0.513
Breu Branco (PA)	0.613	0.482	0.395	0.214	0.563	0.552
Breves (PA)	0.524	0.466	0.273	0.252	0.422	0.334
Bujaru (PA)	0.473	0.423	0.354	0.367	0.640	0.545
Cachoeira do Piriá (PA)	0.655	0.499	0.330	0.218	0.329	0.396
Cachoeira do Arari (PA)	0.681	0.444	0.293	0.113	0.587	0.452
Cametá (PA)	0.567	0.463	0.153	0.301	0.308	0.237
Canaã dos Carajás (PA)	0.016	0.122	0.467	1.000	0.738	0.601
Capanema (PA)	0.570	0.517	0.399	0.397	0.732	0.782
Capitão Poço (PA)	0.553	0.505	0.345	0.363	0.612	0.624
Castanhal (PA)	0.299	0.415	0.390	0.393	0.748	0.537
Chaves (PA)	0.548	0.344	0.169	0.234	0.250	0.074
Colares (PA)	0.657	0.543	0.409	0.296	0.429	0.595
Conceição do Araguaia (PA)	0.551	0.438	0.382	0.423	0.652	0.670
Concórdia do Pará (PA)	0.609	0.415	0.248	0.350	0.574	0.505
Cumarú do Norte (PA)	0.532	0.421	0.278	0.422	0.439	0.436
Curionópolis (PA)	0.556	0.487	0.364	0.282	0.445	0.464
Curralinho (PA)	0.604	0.429	0.305	0.279	0.586	0.509
Curuá (PA)	0.652	0.435	0.322	0.320	0.539	0.553
Curuçá (PA)	0.618	0.550	0.225	0.145	0.599	0.465
Dom Eliseu (PA)	0.434	0.530	0.279	0.240	0.539	0.389
Eldorado do Carajás (PA)	0.549	0.502	0.290	0.377	0.600	0.586
Faro (PA)	0.761	0.410	0.549	0.282	0.676	0.825
Floresta do Araguaia (PA)	0.532	0.342	0.186	0.273	0.496	0.261

Continua

Tabela 3 - Continuação.

Garrafão do Norte (PA)	0.764	0.443	0.189	0.432	0.450	0.558
Goianésia do Pará (PA)	0.517	0.470	0.127	0.278	0.617	0.381
Gurupá (PA)	0.655	0.381	0.312	0.296	0.494	0.467
Igarapé-Açu (PA)	0.591	0.532	0.317	0.179	0.510	0.460
Igarapé-Miri (PA)	0.735	0.437	0.262	0.230	0.420	0.431
Inhangapi (PA)	0.591	0.482	0.426	0.255	0.454	0.512
Ipixuna do Pará (PA)	0.625	0.314	0.306	0.135	0.629	0.380
Irituia (PA)	0.591	0.572	0.170	0.422	0.538	0.569
Itaituba (PA)	0.402	0.458	0.054	0.434	0.778	0.458
Itupiranga (PA)	0.587	0.516	0.196	0.195	0.635	0.460
Jacareacanga (PA)	0.817	1.000	0.057	0.372	0.698	1.000
Jacundá (PA)	0.556	0.342	0.325	0.134	0.745	0.442
Juruti (PA)	0.685	0.336	0.366	0.435	0.688	0.713
Limoeiro do Ajuru (PA)	1.000	0.409	0.312	0.377	0.000	0.439
Mãe do Rio (PA)	0.571	0.515	0.267	0.326	0.584	0.549
Magalhães Barata (PA)	0.570	0.452	0.190	0.356	0.481	0.407
Marabá (PA)	0.426	0.439	0.319	0.597	1.000	0.892
Maracanã (PA)	0.293	0.510	0.270	0.254	0.383	0.182
Marapanim (PA)	0.589	0.433	0.255	0.369	0.442	0.432
Marituba (PA)	0.513	0.219	0.313	0.196	0.630	0.289
Medicilândia (PA)	0.411	0.423	0.213	0.487	0.427	0.349
Melgaço (PA)	0.714	0.486	0.188	0.080	0.358	0.259
Mocajuba (PA)	0.628	0.447	0.262	0.207	0.075	0.122
Moju (PA)	0.631	0.328	0.396	0.371	0.495	0.521

Continua

Tabela 4 - Continuação.

Mojuí dos Campos (PA)	0.559	0.419	0.365	0.318	0.444	0.444
Monte Alegre (PA)	0.560	0.460	0.300	0.281	0.565	0.484
Muaná (PA)	0.861	0.347	0.187	0.170	0.305	0.288
Nova Esperança do Piriá (PA)	0.574	0.510	0.179	0.345	0.267	0.292
Nova Ipixuna (PA)	0.556	0.435	0.310	0.345	0.672	0.585
Nova Timboteua (PA)	0.514	0.500	0.365	0.288	0.335	0.376
Novo Progresso (PA)	0.426	0.580	0.000	0.694	0.719	0.652
Novo Repartimento (PA)	0.576	0.418	0.244	0.374	0.573	0.497
Óbidos (PA)	0.610	0.422	0.277	0.356	0.934	0.771
Oeiras do Pará (PA)	0.646	0.397	0.352	0.317	0.283	0.371
Oriximiná (PA)	0.679	0.429	0.314	0.404	0.839	0.815
Ourém (PA)	0.546	0.554	0.249	0.264	0.604	0.518
Ourilândia do Norte (PA)	0.442	0.534	0.264	0.577	0.746	0.748
Pacajá (PA)	0.487	0.403	0.188	0.317	0.744	0.466
Palestina do Pará (PA)	0.555	0.609	0.355	0.252	0.439	0.513
Paragominas (PA)	0.669	0.353	0.273	0.511	0.728	0.729
Parauapebas (PA)	0.384	0.000	0.504	0.844	0.733	0.682
Pau D'Arco (PA)	0.527	0.618	0.424	0.192	0.678	0.665
Peixe-Boi (PA)	0.594	0.521	0.352	0.114	0.478	0.413
Piçarra (PA)	0.553	0.627	0.609	0.246	0.591	0.789
Placas (PA)	0.520	0.264	0.340	0.344	0.519	0.366
Ponta de Pedras (PA)	0.865	0.443	0.366	0.168	0.470	0.582
Portel (PA)	0.592	0.445	0.072	0.245	0.448	0.244
Porto de Moz (PA)	0.722	0.411	0.251	0.288	0.612	0.563

Continua

Tabela 5 - Continuação.

Prainha (PA)	0.615	0.341	0.171	0.302	0.527	0.345
Primavera (PA)	0.490	0.640	0.245	0.151	0.503	0.394
Quatipuru (PA)	0.586	0.448	0.225	0.174	0.403	0.265
Redenção (PA)	0.400	0.451	0.071	0.521	0.575	0.386
Rio Maria (PA)	0.504	0.471	0.485	0.531	0.627	0.784
Rondon do Pará (PA)	0.490	0.543	0.312	0.222	0.749	0.584
Rurópolis (PA)	0.695	0.526	0.341	0.250	0.410	0.522
Salinópolis (PA)	0.555	0.697	0.359	0.468	0.455	0.728
Salvaterra (PA)	0.587	0.659	0.212	0.320	0.494	0.554
Santa Bárbara do Pará (PA)	0.310	0.395	0.585	0.284	0.185	0.215
Santa Cruz do Arari (PA)	0.625	0.372	0.262	0.000	0.198	0.016
Santa Izabel do Pará (PA)	0.547	0.405	0.312	0.298	0.575	0.465
Santa Luzia do Pará (PA)	0.588	0.436	0.322	0.164	0.340	0.275
Santa Maria das Barreiras (PA)	0.501	0.297	0.413	0.325	0.664	0.506
Santa Maria do Pará (PA)	0.504	0.552	0.357	0.385	0.470	0.552
Santana do Araguaia (PA)	0.328	0.309	0.322	0.141	0.462	0.085
Santarém (PA)	0.600	0.429	0.351	0.391	0.836	0.776
Santarém Novo (PA)	0.567	0.448	0.235	0.184	0.002	0.000
Santo Antônio do Tauá (PA)	0.598	0.417	0.266	0.305	0.220	0.246
São Caetano de Odivelas (PA)	0.567	0.473	0.234	0.226	0.263	0.217
São Domingos do Araguaia (PA)	0.706	0.404	0.268	0.314	0.364	0.412
São Domingos do Capim (PA)	0.613	0.408	0.537	0.375	0.316	0.539
São Félix do Xingu (PA)	0.626	0.173	0.392	0.304	0.597	0.435
São Francisco do Pará (PA)	0.523	0.453	0.383	0.297	0.577	0.529

Continua

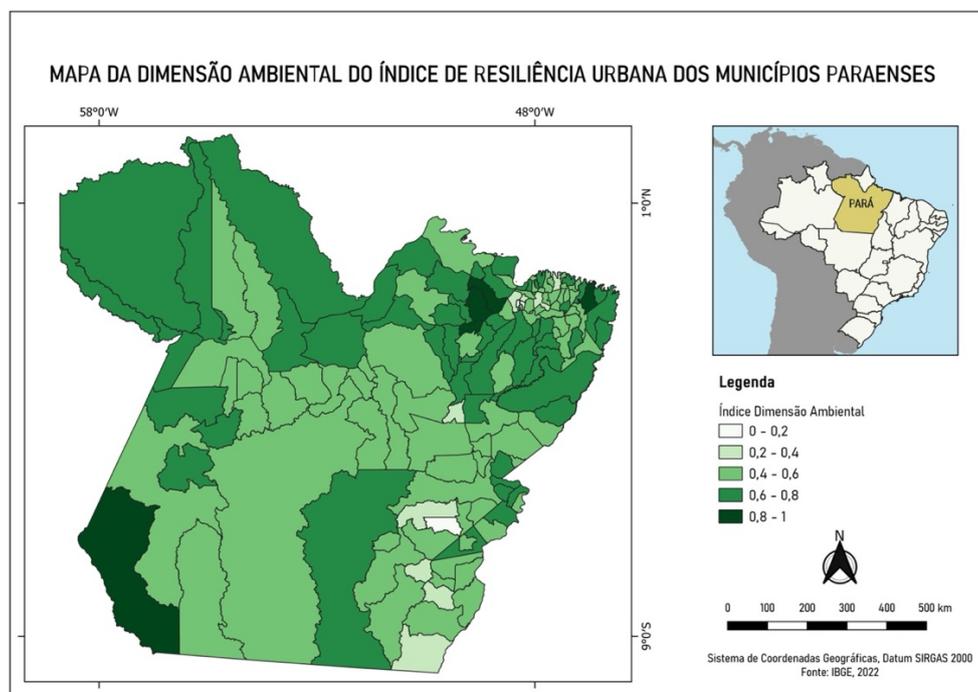
Tabela 6 - Conclusão.

São Geraldo do Araguaia (PA)	0.670	0.520	0.344	0.334	0.731	0.771
São João da Ponta (PA)	0.651	0.648	0.085	0.333	0.299	0.385
São João de Pirabas (PA)	0.636	0.517	0.180	0.136	0.534	0.376
São João do Araguaia (PA)	0.611	0.413	0.300	0.262	0.743	0.593
São Miguel do Guamá (PA)	0.528	0.511	0.235	0.397	0.608	0.559
São Sebastião da Boa Vista (PA)	0.615	0.449	0.282	0.265	0.423	0.397
Sapucaia (PA)	0.599	0.437	0.378	0.477	0.545	0.664
Senador José Porfírio (PA)	0.446	0.646	0.349	0.331	0.619	0.634
Soure (PA)	0.762	0.614	0.286	0.184	0.568	0.648
Tailândia (PA)	0.554	0.384	0.186	0.040	0.384	0.076
Terra Alta (PA)	0.514	0.480	0.212	0.136	0.538	0.295
Terra Santa (PA)	0.689	0.520	0.278	0.619	0.469	0.756
Tomé-Açu (PA)	0.609	0.435	0.323	0.413	0.605	0.629
Tracuateua (PA)	0.615	0.345	0.288	0.200	0.450	0.306
Trairão (PA)	0.639	0.398	0.172	0.407	0.644	0.547
Tucumã (PA)	0.485	0.403	0.428	0.626	0.619	0.746
Tucuruí (PA)	0.394	0.410	0.274	0.728	0.727	0.728
Ulianópolis (PA)	0.800	0.236	0.137	0.142	0.301	0.120
Uruará (PA)	0.512	0.528	0.251	0.417	0.340	0.407
Vigia (PA)	0.624	0.437	0.074	0.253	0.528	0.319
Viseu (PA)	0.679	0.250	0.139	0.120	0.360	0.075
Vitória do Xingu (PA)	0.486	0.371	0.295	0.596	0.806	0.741
Xinguara (PA)	0.795	0.468	0.338	0.550	0.689	0.930

Os resultados da tabela acima foram projetados em mapas cloropléticos para melhor visualização. Os valores dos índices foram categorizados em muito baixo (0 – 0,2), baixo (0,2 – 0,4), médio (0,4 – 0,6), alto (0,6 – 0,8) e muito alto (0,8 – 1,0).

O índice da dimensão ambiental pode ser analisado na figura 3. Observa-se que as porções Norte e Nordeste do Pará apresentaram maior valor do índice, denotando melhores condições ecológicas do que a parte central do estado. Esses resultados são corroborados por dados do Anuário Estatístico do Pará, em que essas mesmas regiões são as que apresentam as menores taxas de desflorestamento acumulado e de focos de calor do estado (FAPESPA, 2017). Se destacaram nessa dimensão o município de Jacareacanga com valores muito altos.

**Figura 3.** Mapa da Dimensão Ambiental do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.

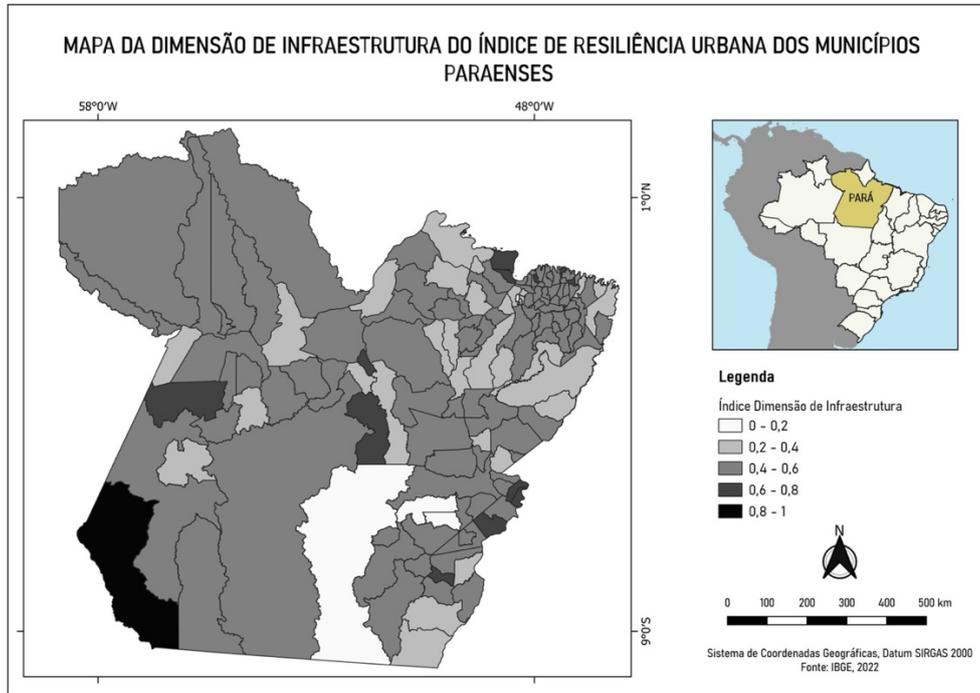


Fonte: Autores, 2023.

Para a infraestrutura, a maior parte do estado apresentou valores considerados médios (superiores a 0,4). Porém, chamam a atenção os municípios de São Felix do Xingu, Parauapebas e Canaã dos Carajás, para os quais o índice foi muito baixo, assim como um aglomerado de municípios na porção Nordeste, com desempenho baixo (figura 4). Por outro lado, Jacareacanga se destacou novamente com um índice de infraestrutura

considerado muito alto. Analisando a figura 5, percebe-se que o município apresenta pequena área urbana, com baixas densidade demográfica e taxa de expansão urbana, o que parece ter exercido grande peso na configuração final do índice.

**Figura 4.** Mapa da Dimensão de Infraestrutura do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará



Fonte: Autores, 2023.

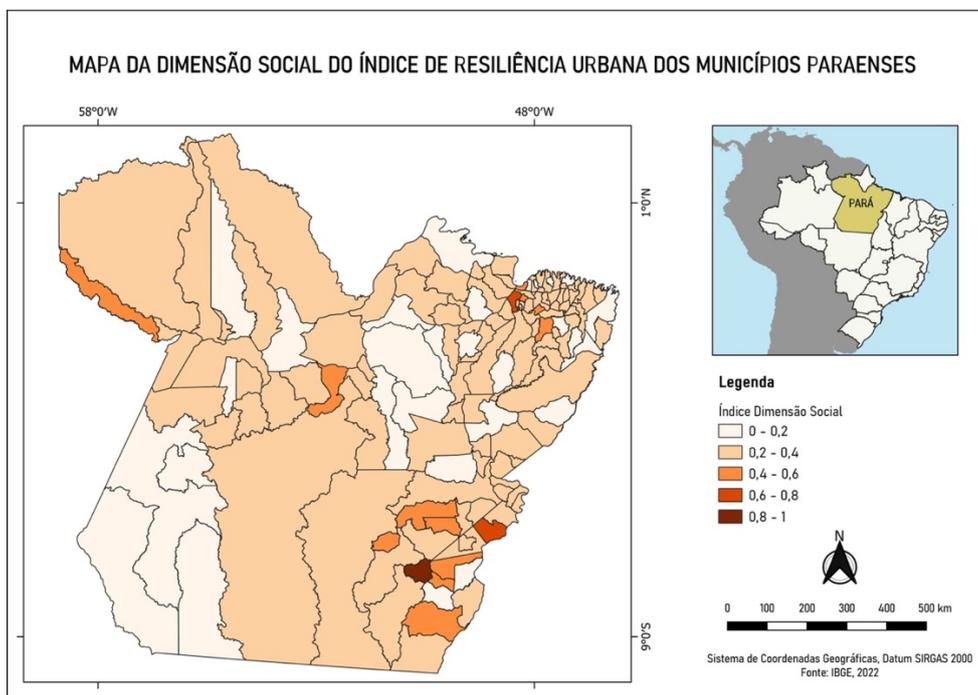
**Figura 5.** Decomposição do Índice da Dimensão de Infraestrutura do Município de Jacareacanga mostrando os indicadores básicos.



Fonte: Autores, 2023.

A distribuição dos valores do índice da dimensão social é mostrada na figura 6. No geral, os municípios paraenses apresentaram desempenho baixo ou muito baixo, com algumas exceções de valores médios e altos dispersos pelo estado. Os dados do Índice de Desenvolvimento Humano do Brasil reiteram esse perfil observado na dimensão social, uma vez que o IDH-M também se apresenta nos limites mais baixos para a maior parte do estado (PNUD, s.d.).

**Figura 6.** Mapa da Dimensão Social do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.

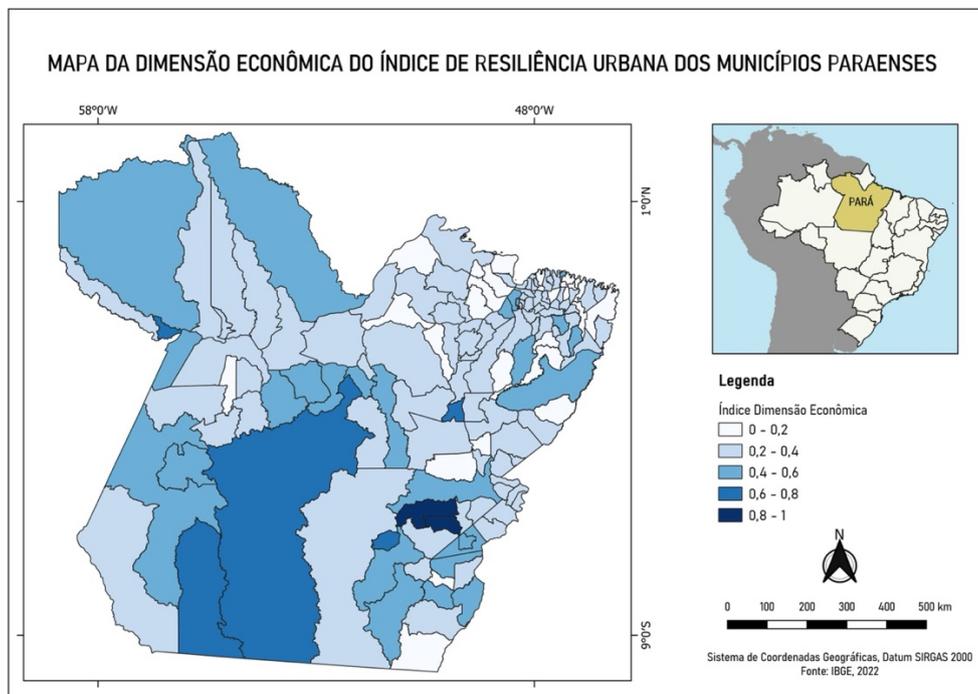


Fonte: Autores, 2023.

Os resultados do índice para a dimensão econômica mostraram maior resiliência na no eixo sul do estado, com alguns destaques nos extremos leste e oeste. Assim como na dimensão social, a maior parte dos municípios paraenses apresentou valores entre muito baixo e baixo para a economia. Enfatiza-se que os indicadores que compuseram a dimensão econômica estão fortemente ligados a fatores do PIB e empregos, o que concorda com a distribuição dos dados sobre a economia paraense que mostra maior pujança (ex. valor adicionado bruto a preços correntes e repasse de ICMS) justamente no eixo centro-sul do estado (FAPESPA, 2017). Entretanto, cabe a reflexão se, no campo da

resiliência urbana e mudanças climáticas, esses indicadores seriam os mais adequados para garantir o desenvolvimento urbano mais equitativo e justo socioambientalmente.

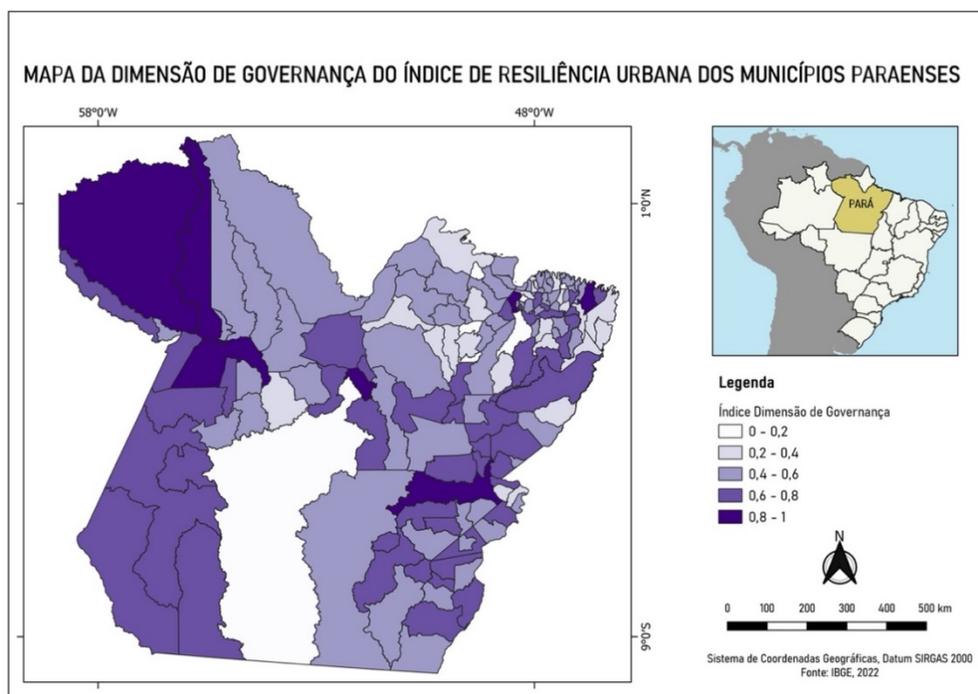
**Figura 7.** Mapa da Dimensão Econômica do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.



Fonte: Autores, 2023.

A questão da governança e instituições está mostrada na figura 8. Percebe-se que houve um agrupamento de municípios a oeste com maior resiliência nessa dimensão, sendo que a maior parte dos municípios paraenses ficou com valores de índices entre as categorias médio e alto. Destaque foram os municípios de Óbidos, com valor máximo, e Altamira, com o valor mais baixo (figura 9).

**Figura 8.** Mapa da Dimensão de Governança do Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.



Fonte: Autores, 2023.

**Figura 9.** Decomposição do Índice da Dimensão de Governança para os Municípios de Óbidos e Altamira, com maior e menor valor na dimensão, mostrando seus indicadores básicos.

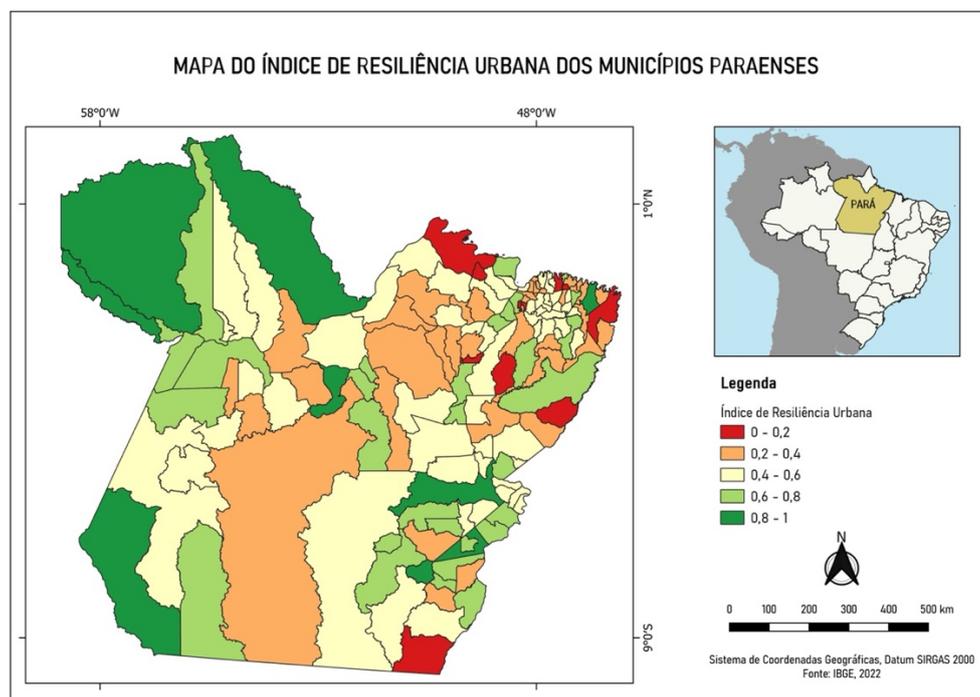


Fonte: Autores, 2023.

Por fim, o Índice de Resiliência Urbana dos municípios paraenses é apresentado na figura 10, com a gradação de vermelho (muito baixo) para verde (muito alto). É possível

observar que há maior resiliência urbana, considerando todas as dimensões avaliadas, para o eixo oeste do estado, com um aglomerado de municípios mais resilientes também na porção sudeste. Em uma comparação com os resultados do Índice de Desenvolvimento Sustentável das Cidades (IDSC-Brasil), considerando a pontuação geral dos municípios nesse índice, percebe-se um padrão semelhante de desempenho entre baixo e muito baixo na maior parte do estado. Entretanto, é importante ressaltar que a gradação do IDSC difere do Índice de Resiliência Urbana aqui apresentado, de forma que são considerados valores muito baixos entre 0 e 39,9 e baixos entre 40 e 49,9. Isso faz com que os municípios do Pará se apresentem mais homogêneos no IDSC-Brasil, com pouquíssima variação em seu desempenho, enquanto a distribuição do Índice de Resiliência Urbana é mais dispersa e heterogênea, permitindo analisar de maneira mais focalizada as diferentes regiões e municípios paraenses.

**Figura 10.** Índice de Resiliência Urbana dos Municípios do Pará.

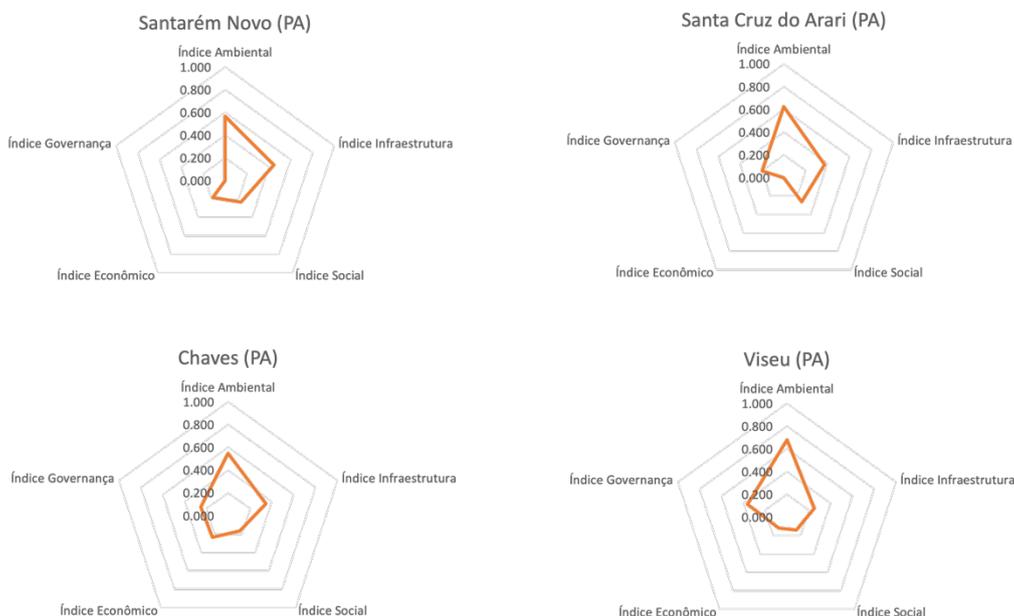


Fonte: Autores, 2023.

Nesse sentido, a análise do gráfico radar pode contribuir para compreender o que definiu o perfil de resiliência urbana de cada município, pois desagrega os índices ou indicadores permitindo identificar aqueles que mais contribuíram para aumentar o reduzir

a resiliência urbana. A figura 11 apresenta os quatro municípios com menor valor do Índice de Resiliência Urbana para o estado do Pará – Santarém Novo (0,0), Santa Cruz do Arari (0,016), Chaves (0,074) e Viseu (0,075). Vê-se que cada município apresenta valor distinto para cada dimensão, conformando desempenhos também distintos no Índice de Resiliência Urbana. De maneira geral, todos os municípios apresentaram valores muito baixos para os índices da dimensão de governança, social e econômica.

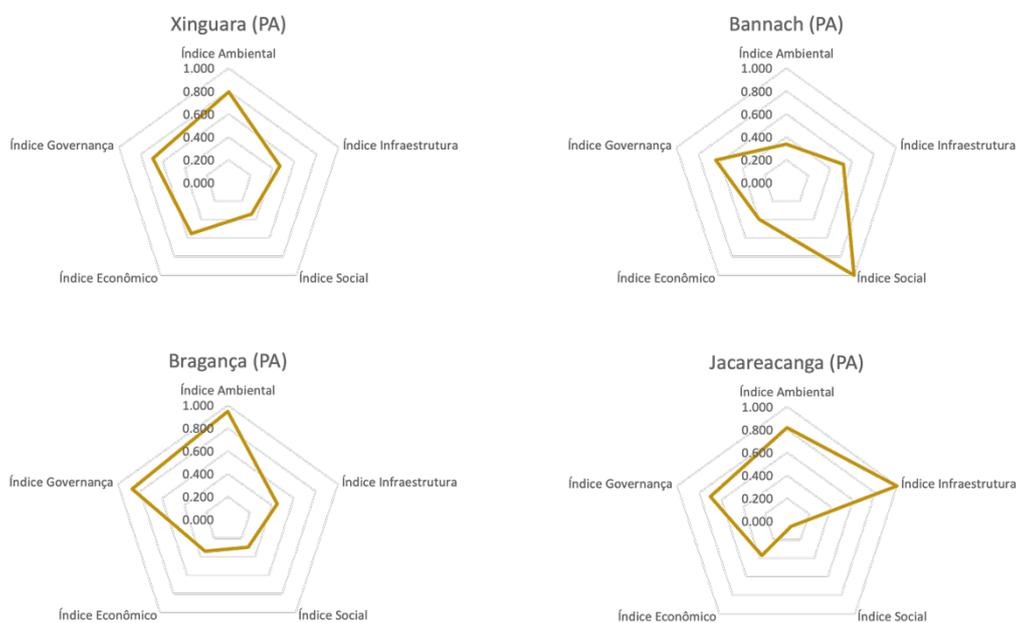
**Figura 11.** Desempenho dos quatro municípios com menores valores do Índice de Resiliência Urbana no Pará, desagregado por dimensão.



Fonte: Autores, 2023.

Fazendo uma análise do outro espectro, ou seja, daqueles municípios que apresentaram o maior valor no Índice de Resiliência Urbana, percebe-se um perfil conformado de maneira diferente. De maneira geral, os municípios apresentaram melhor desempenho para as dimensões ambientais e de governança da resiliência. Vale destacar também como cada município apresentou uma configuração distinta dos índices por dimensão. Enquanto Bannach teve o maior valor para a dimensão social, Jacareanga se destacou para infraestrutura e Xinguara e Braganca pela ambiental.

**Figura 12.** Desempenho dos quatro municípios com maiores valores do Índice de Resiliência Urbana no Pará, desagregado por dimensão.



Fonte: Autores, 2023.

## 5 CONCLUSÃO

A discussão deste estudo sobre resiliência climática urbana começou com vários conceitos de resiliência. Onde a mesma foi examinada a partir de perspectivas de engenharia, ecológicas e evolutivas, bem como os elementos-chave que compõem esses conceitos. Percebeu que a noção de resiliência tem sido cada vez mais ajustada e adotada por vários campos acadêmicos

A partir da definição das principais dimensões que compõem a resiliência urbana (i.e. ambiental/ecológica, social, infraestrutura/ambiente construído, econômica e de governança) foi possível construir e analisar o perfil de resiliência dos municípios paraenses. De todas as dimensões, a ambiental é na qual os municípios apresentaram, em sua maioria, valores maiores, denotando mais resiliência nesse aspecto. Por outro lado, identificou-se as dimensões social e econômica como as que precisam ser mais bem trabalhadas no nível municipal para garantir que a população e os governos locais possam

lidar e se recuperar de forma mais efetiva dos impactos observados e futuros das mudanças climáticas.

A partir dos resultados, espera-se contribuir para a consolidação de um banco de dados de indicadores de resiliência adaptados à realidade brasileira, a ser albergado no LADIS, e compreender os fatores que incrementam ou reduzem a resiliência urbana em escala local. Ainda, espera-se dar continuidade ao trabalho através do aprimoramento dos indicadores utilizados, dado que os municípios da região amazônica apresentam conformações socioambientais e urbanas distintas das demais cidades do país. Por exemplo, para a dimensão de infraestrutura, pode não ser o mais adequado considerar áreas urbanas ou densidade populacional como marcadores de resiliência, pois a configuração urbana amazônica muitas vezes se caracteriza por extensos municípios com sedes urbanas pequenas. Ajustes desse tipo irão contribuir para calibrar os resultados à realidade paraense. Ainda, cabe ressaltar que o trabalho conduzido até agora embasará a persecução dos dois últimos objetivos específicos do projeto, quais sejam: i) realizar um estudo de caso que permita avaliar a resiliência de áreas urbanas pós-impacto climático; e ii) ajustar o modelo a partir dos resultados do estudo de caso.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BUSCHBACHER, R. A teoria da resiliência e os sistemas socioecológicos: como se preparar para um futuro imprevisível?. **Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA): Boletim Regional, Urbano e Ambiental**, 2014.

CASTILLO-VILLANUEVA, L.; VELÁZQUEZ-TORRES, D. Sistemas complejos adaptativos, sistemas socioecológicos y resiliencia. **Quivera Revista de Estudios Territoriales**, v. 17, n. 2, p. 11-32, 2015.

GALLOPÍN, G. C. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. **Global environmental change**, v. 16, n. 3, p. 293-303, 2006.

GUITARRARA, P. "Pará"; **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/brasil/para.htm>. Acesso em 07 de ago. de 2023.

HARDOY, Jorgelina; LANKAO, Patricia Romero. Latin American cities and climate change: challenges and options to mitigation and adaptation responses. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 3, n. 3, p. 158-163, 2011.

HOLLING, C. S. Resilience and stability of ecological systems. **Annual review of ecology and systematics**, p. 1-23, 1973.

HOLLING, C.S.; GUNDERSON, L., "Resilience and Adaptative Cycles". **Panarchy: understanding transformations in human and natural systems**. EE. UU.: Island Press, 2002.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). Disponível em: <https://www.ipcc.ch/>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Part. A: Global and Sectoral Aspects; Cambridge University Press: Cambridge, UK, 2014.

KIM, D.; LIM, U. Urban resilience in climate change adaptation: A conceptual framework. **Sustainability**, v. 8, n. 4, p. 405, 2016.

LANKAO, P. R.; QIN, H. Conceptualizing urban vulnerability to global climate and environmental change. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 3, n. 3, p. 142-149, 2011.

LEICHENKO, R. Climate change and urban resilience. **Current opinion in environmental sustainability**, v. 3, n. 3, p. 164-168, 2011.

OPPENHMEIER et al. **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**. IPCC, 2014.

SATTERTHWAITE, D. The political underpinnings of cities' accumulated resilience to climate change. **Environment and Urbanization**, v. 25, n. 2, p. 381-391, 2013.

SHARIFI, A.; YAMAGATA, Y. Urban resilience assessment: Multiple dimensions, criteria, and indicators. **In: Urban resilience**. Springer, Cham, 2016. p. 259-276.

SUÁREZ, M. et al. Towards an urban resilience index: a case study in 50 Spanish cities. **Sustainability**, v. 8, n. 8, p. 774, 2016.

TAPIA L., et al. Urban resilience efforts must consider social and political forces. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 114, n. 2, p. 186-189, 2017.

TYLER, S., et al. Indicators of urban climate resilience: A contextual approach. **Environmental science & policy**, v. 66, p. 420-426, 2016.

UNISDR Annual Report 2017, **RELIEFWEB (OCHA)**. Disponível em: <[https://reliefweb.int/report/world/unisdr-annual-report-2017?gclid=CjwKCAjwIJimBhAsEiwA1hrp5s4yfWlxJCUXbkimxqGF9gV91FPct-0iGdg4MKyqdvOnwbbP8KifbRoC7C8QAvD\\_BwE](https://reliefweb.int/report/world/unisdr-annual-report-2017?gclid=CjwKCAjwIJimBhAsEiwA1hrp5s4yfWlxJCUXbkimxqGF9gV91FPct-0iGdg4MKyqdvOnwbbP8KifbRoC7C8QAvD_BwE)>. Acesso em: 22 de janeiro de 2022.

WALKER, B. et al. Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. **Ecology and society**, v. 9, n. 2, 2004.

WALKER, B., et. al. “A Handful of Heuristics and Some Propositions for Understanding Resilience in Social-Ecological Systems”. **Ecology and Society**, 2006.