

BIO CLIMA

Levantamento das Vulnerabilidades Socioambientais para as Políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas do Estado do Ceará.



Governador do estado do Ceará

Elmano de Freitas da Costa

**SECRETÁRIA DO MEIO AMBIENTE E
MUDANÇA DO CLIMA**

Vilma Maria Freire dos Anjos

Secretário executivo

João Cassimiro do Nascimento Neto

**Secretário executivo de planejamento e
gestão interna**

Karyna Leal Ramos

**EQUIPE TÉCNICA DE ELABORAÇÃO E
AVALIAÇÃO:****EQUIPE TÉCNICA SEMA**

Aline Parente Oliveira – Geógrafa

Allyne Ferreira Gama – Tecnóloga em Saneamento Ambiental

Fábio Teixeira Gusmão – Biólogo

José Wilker de Freitas Sales – Geógrafo e Tecnólogo em Gestão Ambiental

Magda Marinho Braga – Bióloga – Gestora Ambiental

Matheus Silveira Pinheiro – Geógrafo

Mônica Carvalho Freitas – Bióloga – Gestora Ambiental

Viviane Gomes Monte – Engenheira Agrônoma

Wersângela Cunha Duaví – Oceanógrafa

EQUIPE TÉCNICA FUNCAP

Prof. Luis Ernesto Arruda Bezerra

Programa Cientista-Chefe Meio Ambiente

FUNCAP/SEMA/SEMACE

Coordenadores do Projeto

Profa. Dra. Tarin Cristino Frota

Mont'Alverne (1º ano)

Prof. Gabriel Nuto Nóbrega (2º ano)

Bolsistas por ordem alfabética

Arthur Prudêncio de Araújo Pereira

Felipe Chaves Rodrigues

Felipe Roberto da Silva

Francisco Casimiro Filho

Gabriel Ferdinando Moreira Pesente

Hivila Pamella Morais Silva

Mariana de Oliveira Gianiaki

Marianna Rozas Freitas Cavalcante

Ricardo Leoni Gonçalves Bastos

Thiago Mateus de Paula Sousa

Valéria Barbosa Pinto

1. Introdução	7	7. Planos, Programas e Áreas Protegidas no Estado do Ceará	35
2. Realidade e a Importância da Biodiversidade no Ceará	9	7.1 Plano Estadual de Mudanças Climáticas	36
3. Emergência Climática no Estado do Ceará	13	7.2 Ações Baseadas em Ecossistemas (AbE)	36
3.1 O Contexto Climático do Ceará	14	7.3 Unidades de Conservação (UCs)	36
3.2 Impactos Socioambientais da Crise Climática	14	7.4 Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RL)	38
3.2.1 Escassez Hídrica e Crise no Abastecimento	14	7.5 Outras ações realizadas pela Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA)	38
3.2.2 Desertificação e Degradação do Solo	14	7.6 Desafios e Próximos Passos	39
3.2.3 Populações Vulneráveis e Desigualdade Climática	15	8. Vulnerabilidade Climática no Estado do Ceará	41
3.3 Políticas Públicas e Planos de Ação	16	8.1 Clima, Temperatura e Alteração da Cobertura Vegetal	42
3.4 Emergência Climática no Ceará	17	8.2 Risco Climático e a Produtividade Agrícola de Subsistência no Estado	45
4. Características Gerais do Estado do Ceará	19	8.3 Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica dos Municípios do Ceará	47
4.1 Meio Físico	20	9. Comunidades Tradicionais no Estado do Ceará	57
4.1.1 Geologia e Geomorfologia	20	10. Estratégias e Planos para a Governança do Plano Estadual de Mudanças do Clima do Ceará	61
4.1.2 Clima	20	10.1 Estruturação do Comitê Gestor e Executivo do Plano Estadual de Mudanças do Clima	62
4.1.3 Hidrologia	22	10.2 Integração com Políticas Públicas Existentes	63
4.1.4 Cobertura pedológica e sua ocupação	23	10.3 Participação Social e Transparência	63
5. Biomas do Ceará	25	10.4 Financiamento e Parcerias	63
5.1 Caatinga Cearense	26	10.5 Monitoramento e Avaliação	64
5.2 A Mata Atlântica Cearense	27	10.6 Capacitação e Educação Ambiental e Climática	64
5.3 O Cerrado Cearense	28	10.7 Governança Colaborativa e Interinstitucional	65
5.4 Desafios e Ações para a Conservação e Sustentabilidade	28	11. Referências Bibliográficas	66
6. Vetores de Degradação Ambiental	29	12. Apêndice 1	72
6.1 Desmatamento Ilegal	30		
6.2 Desertificação	30		
6.3 Queimadas e Incêndios Florestais	31		
6.4 Práticas Agrícolas Insustentáveis	31		
6.5 Ocupação Urbana Desordenada	32		
6.6 Mineração e Degradação dos Recursos Naturais	32		

Ilustrações

Figura 1 – Áreas de desertificação no estado do Ceará	15
Figura 2 – Índices de aridez do Estado do Ceará	21
Figura 3 – Evolução anual do total acumulado de precipitação (mm) e temperatura (°C) média, mínima e máxima para o Ceará	22
Figura 4 – Hidrografia do estado do Ceará: bacias, leitos, adutoras, rios e transposição do Rio São Francisco	23
Figura 5 – Mapa de unidades fitoecológicas do Ceará, mostrando os principais tipos de vegetação do estado	26
Figura 6 – Áreas de Unidades de conservação (UCs) no Ceará: Unidades Federais, Estaduais e Municipais	37
Figura 7 – Evolução temporal das precipitações nos municípios do Ceará de 1977–2023	42
Figura 8 – Áreas de transição de cobertura Vegetal Natural para Cobertura Savânica nos municípios cearenses entre 1985 e 2022	44
Figura 9 – Evolução temporal da precipitação para o Estado do Ceará	44
Figura 10 – Culturas de subsistência em relação à precipitação, Ceará, 1989–2022	46
Figura 11 – Sensibilidade das culturas de subsistência à precipitação média	46
Figura 12 – Índice de concentração de ameaças climáticas dos municípios no estado do Ceará	48
Figura 13 – Índice de concentração de riscos dos municípios no estado do Ceará	50
Figura 14 – Índice de resiliência dos municípios no estado do Ceará	50
Figura 15 – Indicador de vulnerabilidade dos municípios no estado do Ceará	51
Tabela 1 – Comparação entre os 20 municípios de maior vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento	53
Tabela 2 – Comparação entre os 20 municípios de menor vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento	54
Tabela 1 – Descrição das variáveis do indicador de Ameaça	72
Tabela 2 – Descrição das variáveis do indicador de Risco	73
Tabela 3 – Descrição das variáveis do indicador de Resiliência	79

Levantamento das Vulnerabilidades
Socioambientais para as Políticas de
Mitigação e Adaptação às Mudanças
Climáticas do Estado do Ceará.

Introdução

O estado do Ceará apresenta uma rica diversidade biológica e paisagística, fundamental para a manutenção do equilíbrio ambiental e para a qualidade de vida da população cearense. No entanto, essa biodiversidade enfrenta ameaças devido às atividades humanas, como práticas agrícolas e pecuárias insustentáveis, desmatamento da vegetação nativa para extração de produtos madeireiros, urbanização desordenada, pesca predatória, entre outras. Além disso, o Ceará é particularmente vulnerável aos efeitos da crise climática, em consequência do aumento da temperatura média, da redução das chuvas e da intensificação de eventos extremos, como secas e enchentes, que impactam diretamente a biodiversidade, a economia e a sociedade.

Diante desse cenário, faz-se necessário adotar medidas efetivas e elaborar políticas públicas voltadas para a conservação da biodiversidade e à mitigação das mudanças climáticas no Ceará. Este documento, *Levantamento das vulnerabilidades socioambientais para as políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas do Estado do Ceará* foi elaborado a através de levantamento bibliográfico utilizando literatura técnica e científica sobre os temas, com o objetivo de identificar como as mudanças climáticas afetam os ecossistemas cearenses e identificar áreas ecologicamente e socialmente vulneráveis. A partir dessa análise, serão propostas metas claras e ações prioritárias voltadas à mitigação dos efeitos climáticos e à adaptação às novas realidades ambientais por meio do futuro *Plano Estadual de Mudanças Climáticas*.

Coordenado pela Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA), este levantamento foi desenvolvido com o apoio de pesquisadores do Programa Cientista Chefe do Meio Ambiente e de representantes governamentais.

O documento oferece subsídios essenciais para a tomada de decisão por gestores públicos, com foco no enfrentamento dos desafios impostos pelas mudanças climáticas e pela perda acelerada da biodiversidade. Esses desafios, que afetam diretamente a vida da população e o desenvolvimento sustentável no Ceará, exigem uma resposta coordenada de diversos setores.

Este documento visa consolidar uma estratégia de ação integrada que apoie a criação de políticas territoriais, considerando a biodiversidade e a sociedade como ativos essenciais no combate e adaptação às mudanças climáticas. A proposta baseia-se em uma análise detalhada da situação atual da biodiversidade e do clima no estado, com referência a projetos e normas legais já existentes. São apresentadas alternativas tecnológicas viáveis para a gestão territorial no Ceará, sugerindo a implantação de sistemas de monitoramento que auxiliarão na gestão de recursos naturais e na antecipação de impactos climáticos.

O levantamento tem como principal propósito orientar a implementação de ações concretas que serão detalhadas no Plano Estadual de Mudanças Climáticas. Esse produto definirá um conjunto de políticas públicas e estratégias para a conservação da biodiversidade e a mitigação das mudanças climáticas no Estado do Ceará. As ações serão baseadas em metas claras, fundamentadas em dados científicos e desenvolvidas com o apoio da sociedade, visando garantir a sustentabilidade a longo prazo e promover um desenvolvimento territorial resiliente e integrado.

Realidade

e a Importância da Biodiversidade no Ceará

2

2. Realidade e a Importância da Biodiversidade no Ceará

A biodiversidade é essencial para a manutenção da vida no planeta, desempenhando um papel central no equilíbrio dos ecossistemas e na regulação do clima. O Brasil, conhecido por sua vasta diversidade biológica, abriga entre 10 e 15% da biodiversidade global, abrigando mais de 116 mil espécies animais e 46 mil espécies vegetais distribuídas em seis biomas terrestres (Caatinga, Floresta Amazônica, Pantanal, Cerrado, Pampas e a Mata Atlântica) e seis ecossistemas marinhos (Manguezais, Recifes de Coral, Praias, Pradarias marinhas, Estuários, Dunas costeiras; IPBES, 2019). Esses biomas são fundamentais para a manutenção dos serviços ecossistêmicos, como a regulação do clima, a proteção do solo, a polinização de plantas e a preservação da qualidade da água. Além disso, a biodiversidade é uma importante fonte de recursos naturais, como madeira, água, alimentos e substâncias utilizadas na produção de medicamentos (Costanza *et al.*, 2014).

No Ceará, a biodiversidade é dominada pelo bioma da Caatinga, o único bioma exclusivamente brasileiro, influenciado por um clima semiárido e uma vegetação adaptada às condições de longos períodos de seca e temperaturas elevadas. Apesar das dificuldades ecológicas impostas pelo ambiente, que desafiam a sobrevivência de muitas espécies, a Caatinga abriga uma grande variedade de espécies animais e vegetais, algumas delas endêmicas e ameaçadas de extinção (Silva e Cruz, 2018; Moro *et al.*, 2015).

Entretanto, a perda contínua desses biomas e ecossistemas, devido à supressão da vegetação nativa, à superexploração dos recursos e à fragmentação de habitats, compromete a provisão dos serviços ecossistêmicos. Esses impactos são acelerados pelos efeitos das mudanças climáticas, que têm intensificado as pressões sobre a biodiversidade local (IPBES, 2019; Oliveira *et al.*, 2012).

O aumento da temperatura média e as alterações no regime de chuvas, com secas mais severas e eventos extremos mais frequentes (IPCC, 2022; Strikis *et al.*, 2024), já impactam negativamente a biodiversidade e as atividades econômicas no Ceará. Por exemplo, as espécies endêmicas da Caatinga, adaptadas a condições ambientais específicas, estão em risco de extinção, o que pode resultar em desequilíbrios ecológicos em toda a cadeia alimentar, afetando tanto a biodiversidade quanto as comunidades humanas que dependem desses recursos (Oliveira *et al.*, 2012). No mesmo sentido, o aumento do nível do mar e a erosão costeira representam ameaças às regiões litorâneas, com a salinização dos solos e a perda de áreas férteis. Esse fenômeno pode comprometer a agricultura, especialmente a produção de alimentos, e afetar a pesca, que é uma atividade econômica crucial para muitas famílias no litoral cearense (Marengo *et al.*, 2020).

Segundo o Relatório da Plataforma Intergovernamental sobre Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos (IPBES, 2019), a perda de biodiversidade em nível global já atingiu níveis sem precedentes, com graves consequências para a saúde pública, a economia e a segurança alimentar. Isso reforça a importância de ações coordenadas e integradas para a conservação da biodiversidade no Ceará.

Diante da magnitude dos desafios enfrentados, a conservação da biodiversidade no Ceará é crucial para assegurar a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento socioeconômico do estado. Implementar unidades de conservação, fortalecer políticas de uso sustentável dos recursos naturais e fomentar a educação ambiental são ações essenciais para preservar os serviços ecossistêmicos que sustentam a vida local.

Além disso, o Ceará deve reforçar suas políticas de adaptação climática, incluindo a gestão eficiente dos recursos hídricos, o incentivo à produção de energias renováveis e a restauração de áreas degradadas. Essas medidas são indispensáveis para mitigar os impactos das mudanças climáticas sobre a biodiversidade e garantir a resiliência climática do estado. O levantamento, nesse contexto, se propõe a ser um documento estratégico que guiará ações concretas para a preservação da biodiversidade, contribuindo para a mitigação dos impactos climáticos e para a adaptação das comunidades locais às novas realidades ambientais.

Emergência

Climática no Estado do Ceará



3. Emergência Climática no Estado do Ceará

3.1 O Contexto Climático do Ceará

O Ceará está inserido em uma região de clima semiárido, caracterizado por baixa precipitação pluviométrica irregularmente distribuída, o que resulta na limitação dos recursos hídricos (Rodrigues *et al.*, 2021). Em uma região onde as chuvas são escassas e concentradas em poucos meses do ano, a emergência climática agrava os problemas de degradação do solo e vulnerabilidade das atividades agrícolas, base econômica de muitas comunidades rurais.

Neste contexto, o Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2022) aponta que as regiões áridas e semiáridas, como o Ceará, estão entre as mais vulneráveis às mudanças climáticas. O aquecimento global, impulsionado pela emissão de gases de efeito estufa, tem provocado alterações profundas no regime de chuvas, com períodos prolongados de seca intercalados por eventos extremos de precipitações intensas (Strikis *et al.*, 2024).

De fato, os cenários de aquecimento global indicam que o Nordeste brasileiro, incluindo o Ceará, pode experimentar um aquecimento entre 4 e 5,3°C até o final do século, caso as emissões de gases de efeito estufa permaneçam nos níveis atuais (IPCC, 2019; Veiga *et al.*, 2023). Esse cenário traz consequências devastadoras para a agricultura, o abastecimento hídrico das cidades e a conservação dos ecossistemas locais.

3.2 Impactos Socioambientais da Crise Climática

3.2.1 Escassez Hídrica e Crise no Abastecimento

A escassez de água é um dos impactos mais evidentes das mudanças climáticas no Ceará. As secas prolongadas comprometem a recarga dos aquíferos e a capacidade de captação de água em açudes, dificultando o gerenciamento sustentável dos recursos hídricos e o abastecimento das cidades. Esse cenário poderá levar a racionamentos frequentes e a crise no abastecimento urbano e rural, afetando negativamente a produção agrícola e a qualidade de vida da população (Castro, 2022; Brito *et al.*, 2017; Sena *et al.*, 2018).

A redução da disponibilidade hídrica, exacerbada pela crescente demanda populacional e pelo uso intensivo de água na agricultura e na indústria, torna imperativo o desenvolvimento de políticas de gestão hídrica mais eficazes, visando a sustentabilidade e a resiliência frente à emergência climática (PBMC, 2013; ANA, 2023; Castro, 2022).

3.2.2 Desertificação e Degradação do Solo

A combinação do aumento da temperatura global e a diminuição das chuvas acelera o processo de desertificação (Figura 1), afetando extensas áreas no Ceará. Atualmente, cerca de 11% do território cearense já se encontra em processo avançado de desertificação (Silva e Oliveira, 2022; Vieira *et al.*, 2015; COGERH, 2017). Aliado a isso, a degradação do solo, causada por práticas inadequadas de manejo agrícola e pelo desmatamento, contribui para a perda de fertilidade, a redução da produtividade das terras e a diminuição da diversidade biológica do solo (Pereira *et al.*, 2021), colocando em risco a segurança alimentar.

Com isso, áreas anteriormente destinadas à produção agrícola estão se tornando improdutivas, forçando o êxodo rural e aumentando a pressão sobre os recursos nas áreas urbanas. Esse processo aprofunda as desigualdades sociais, afetando principalmente os agricultores familiares, que dependem de técnicas tradicionais de manejo e têm menor acesso a tecnologias de adaptação (Leal *et al.*, 2005; Paredes-Tejo *et al.*, 2023).

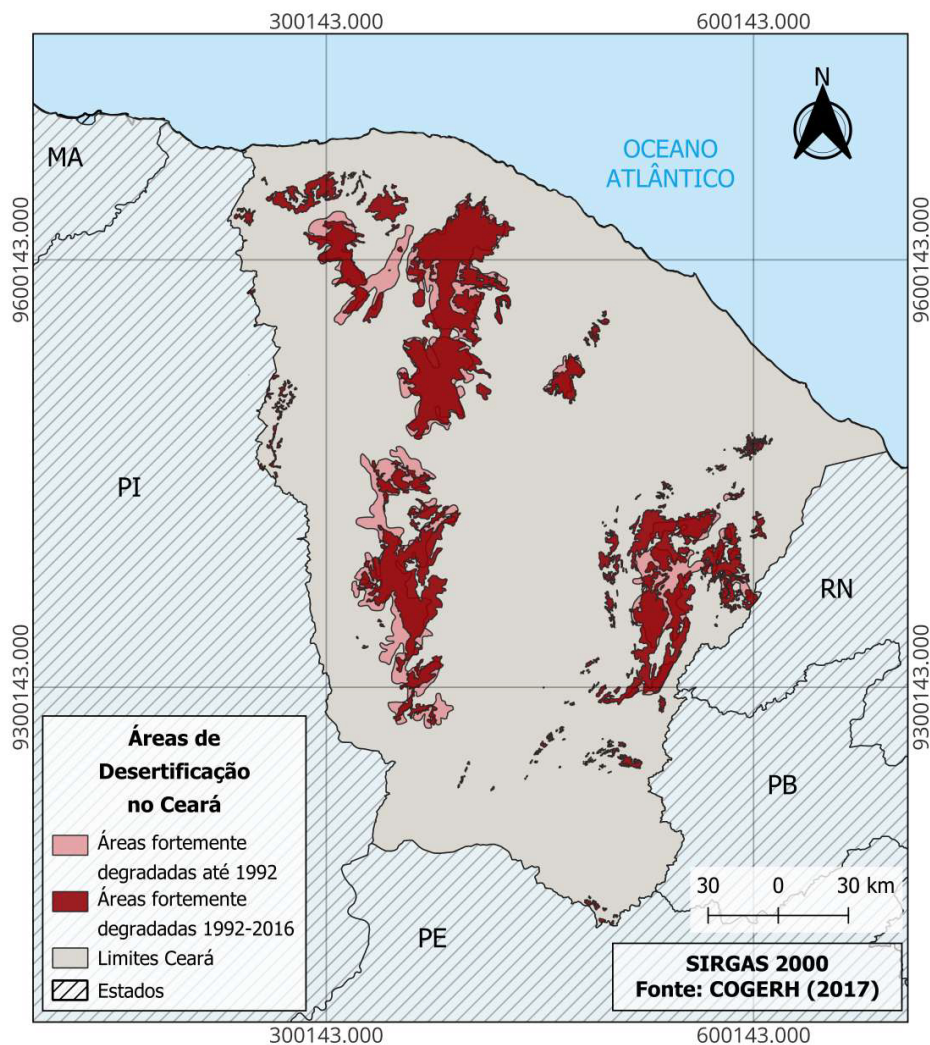


Figura 1 - Áreas de desertificação no estado do Ceará: período de 1992-2016
Fonte: COGERH (2017).

3.2.3 Populações Vulneráveis e Desigualdade Climática

As populações mais vulneráveis, como comunidades rurais, povos indígenas e quilombolas, são desproporcionalmente impactadas pela crise climática. As desigualdades no acesso a recursos, infraestruturas e políticas de adaptação tendem a agravar a situação dessas populações, que enfrentam maiores dificuldades para lidar com as mudanças nas condições climáticas (Gemene *et al.*, 2014; Almeida *et al.*, 2023).

A dependência direta da terra e dos recursos naturais expõe essas comunidades a um maior risco de insegurança hídrica e alimentar, além de forçar a migração para áreas urbanas em busca de melhores condições de vida, fenômeno que pode intensificar as desigualdades sociais e econômicas na região (IPCC, 2021). De fato, como consequência das mudanças climáticas, cerca de 3,6 milhões de brasileiros podem alcançar a extrema pobreza até 2030, com um impacto desproporcional no Nordeste (World Bank, 2023).

3.3 Políticas Públicas e Planos de Ação

Em 2023, a Secretaria Estadual do Meio Ambiente (SEMA) foi renomeada como Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Mudança do Clima, reforçando o protagonismo do governo cearense na agenda climática nacional e evidenciando a importância desse tema em suas políticas públicas. A mudança de nome da SEMA reflete a prioridade do estado em articular ações climáticas integradas e liderar iniciativas sustentáveis, consolidando-se como referência no enfrentamento das mudanças climáticas no Brasil.

Em resposta aos desafios climáticos, o Ceará tem adotado uma série de iniciativas voltadas para a mitigação dos impactos e adaptação às novas realidades climáticas. Entre essas ações, destaca-se o *Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC+CE)*, que visa integrar políticas setoriais nas áreas de gestão de recursos hídricos, conservação de ecossistemas e desenvolvimento agrícola sustentável (SEMA, 2023). Esse plano está alinhado ao Plano ABC+ nacional, que busca reduzir as emissões de carbono na agricultura e promover práticas agrícolas de baixo impacto ambiental (BRASIL, 2021).

No âmbito internacional, o Ceará tem reafirmado seu compromisso com a sustentabilidade global por meio de sua participação em acordos internacionais voltados para o enfrentamento das mudanças climáticas, como o Acordo de Paris. O estado realiza inventários periódicos de gases de efeito estufa (GEE), que são ferramentas essenciais para monitorar suas emissões e subsidiar a elaboração de estratégias mais eficazes no combate ao aquecimento global e no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono. Além disso, o Ceará se destaca por sua participação ativa em conferências, fóruns e congressos nacionais e internacionais sobre mudanças climáticas, fortalecendo sua posição como um estado engajado na agenda climática global. Essas participações têm possibilitado o intercâmbio de conhecimentos, a atração de investimentos e parcerias estratégicas para a implementação de soluções inovadoras.

A transição energética é outra área em que o Ceará tem liderado com destaque. O estado possui uma capacidade instalada de 2,5 GW gerada por fontes eólicas, além de 1,6 GW por fontes solares. Além disso, estão sendo implementados mais parques eólicos e solares, que, juntos, produzirão mais 20 GW de energia renovável não poluente (SEMA, 2023). Esses investimentos são fundamentais para reduzir a dependência de combustíveis fósseis, mitigar as emissões de GEE e impulsionar o desenvolvimento econômico mais sustentável.

O avanço na produção de hidrogênio verde, considerado o “combustível do futuro”, destaca ainda mais o protagonismo cearense. Utilizando fontes renováveis como a solar e a eólica, o estado busca se consolidar como líder na produção desse combustível limpo, essencial para a descarbonização de setores industriais e energéticos. Com projetos em fase de implementação e forte atração de investidores internacionais, o Ceará possui grande potencial para se tornar um dos principais exportadores globais de hidrogênio verde.

Complementando essas iniciativas, o Ceará tem promovido a substituição de sua matriz energética fóssil por bioenergia proveniente de florestas plantadas. Essa estratégia tem como objetivo reduzir em 60% o consumo de coque de petróleo pelas indústrias locais, alinhando-se às metas globais de sustentabilidade e inovação no setor energético.

Com um conjunto integrado de ações que abarcam políticas públicas, iniciativas nacionais e internacionais, transição energética e inovação tecnológica, o Ceará se posiciona como um estado modelo no enfrentamento das mudanças climáticas e na construção de um futuro sustentável.

3.4 Emergência Climática no Ceará

O futuro do Ceará, em meio à emergência climática, depende da capacidade de implementação de políticas eficazes e da ampliação dos esforços de mitigação e adaptação. O fortalecimento das políticas de conservação ambiental, o incentivo à restauração de áreas degradadas e a gestão eficiente dos recursos hídricos são essenciais para garantir a resiliência do estado frente às mudanças climáticas (PBMC, 2013).

A proteção dos ecossistemas, em especial da Caatinga, será crucial para sustentar o equilíbrio ambiental, enquanto a promoção de práticas agrícolas sustentáveis e o uso de energias renováveis podem transformar o Ceará em um exemplo de adaptação climática e desenvolvimento sustentável para o Brasil e o mundo.

Aliado a isso, o desenvolvimento de tecnologias de dessalinização, o aprimoramento de técnicas de agricultura resiliente ao clima e o fortalecimento de sistemas de alerta precoce para eventos climáticos extremos serão cruciais para enfrentar os desafios futuros.

A implementação efetiva do *Levantamento das vulnerabilidades socioambientais para as políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas do Estado do Ceará*, em conjunto com políticas estaduais, nacionais e compromissos internacionais, será fundamental para garantir um futuro sustentável e resiliente para o estado, protegendo seus recursos naturais e assegurando o bem-estar de sua população diante da crescente emergência climática.

Características

Gerais do Estado do Ceará

4

4. Características Gerais do Estado do Ceará

O Ceará, localizado na região Nordeste do Brasil, é caracterizado por sua diversidade geográfica, climática e socioeconômica. Com uma área de 148.895 km² e cerca de 573 km de costa, possui uma população de aproximadamente 9,2 milhões de habitantes, concentrados principalmente na capital Fortaleza (IBGE, 2024). Segundo o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) do Ceará é de 0,734 em 2021, classificando-o como um estado de alto desenvolvimento humano.

4.1 Meio Físico

4.1.1 Geologia e Geomorfologia

A geologia do Ceará é diversificada, com 73% do território composto por rochas cristalinas pré-cambrianas, 12% por rochas sedimentares e 15% por depósitos sedimentares cenozóicos (Brandão e Freitas, 2014; Pinéo e Palheta, 2021). Esta composição influencia diretamente a disponibilidade de recursos hídricos e a vulnerabilidade às mudanças climáticas.

A geomorfologia do estado é caracterizada por três unidades principais:

- I) Chapadas e Serras, condicionando áreas elevadas, como a Chapada do Araripe e a Serra de Baturité, que proporcionam condições climáticas mais amenas e maior potencial de recarga de aquíferos;
- II) Depressão Sertaneja, que ocupa a maior parte do estado, com relevo plano e baixo, com altitudes entre 100 e 400 m, sendo altamente vulnerável à desertificação e aos impactos das mudanças climáticas;
- III) Planícies Costeiras, caracterizando-se como áreas suscetíveis à erosão costeira e à elevação do nível do mar, cruciais para atividades econômicas como turismo e pesca, mas também abrigando ecossistemas importantes, como os manguezais.

Neste sentido, a geomorfologia do Ceará tem implicações diretas para a formulação de estratégias de adaptação às mudanças climáticas. Por exemplo, deve-se dar atenção às regiões com relevos mais acidentados das chapadas e serras, uma vez que a ocorrência de fenômenos de chuva extremo podem levar à ocorrência de deslizamentos. Por outro lado, devem ser definidas estratégias para prevenir fenômenos de alagamento nas regiões mais baixas e planas do estado.

4.1.2 Clima

O Ceará apresenta predominantemente um clima tropical quente semiárido (BSh, segundo a classificação de Köppen-Geiger), que cobre 86% do território. O clima na região é caracterizado por altas temperaturas e chuvas concentradas em poucos meses (3 a 4 meses), sob influência da Zona de Convergência Intertropical, enquanto o período seco é marcado por um déficit hídrico. A média anual de precipitação varia de 400 a 800 mm, com temperatura média variando entre 26 e 28°C, com variações que podem atingir máximas de 37°C e mínimas de 18 °C. Deste modo, o estado do Ceará possui, oficialmente, 175 dos seus 184 municípios sob condição de clima semiárido.

Na região litorânea e no entorno das regiões serranas, são registradas médias pluviométricas superiores a 1.000 mm e temperaturas médias mais amenas, variando entre 20 e 24°C. Nas regiões mais elevadas, como na Chapada do Araripe e na vertente úmida da Serra de Baturité, são registradas as menores temperaturas médias do estado e os maiores volumes pluviométricos, chegando a ultrapassar os 1.500 mm.

Considerando a média pluviométrica estadual, verificou-se uma certa estabilidade das temperaturas médias ao longo do século XXI, muito embora a precipitação pluviométrica média anual inferior a 800 mm foi recorrente em 16 dos últimos 18 anos da série analisada, reforçando as previsões para os cenários das mudanças climáticas para o estado. De fato, as mudanças climáticas acentuam a vulnerabilidade climática do estado, ampliando os riscos de desertificação (Figura 2) e exacerbando os períodos de seca. Fenômenos como *El Niño* e *La Niña* impactam diretamente os padrões de chuva (Figura 3), exigindo a implementação de estratégias de previsão climática, mas também medidas para a adaptação, como o fortalecimento da infraestrutura hídrica e o uso eficiente da água.

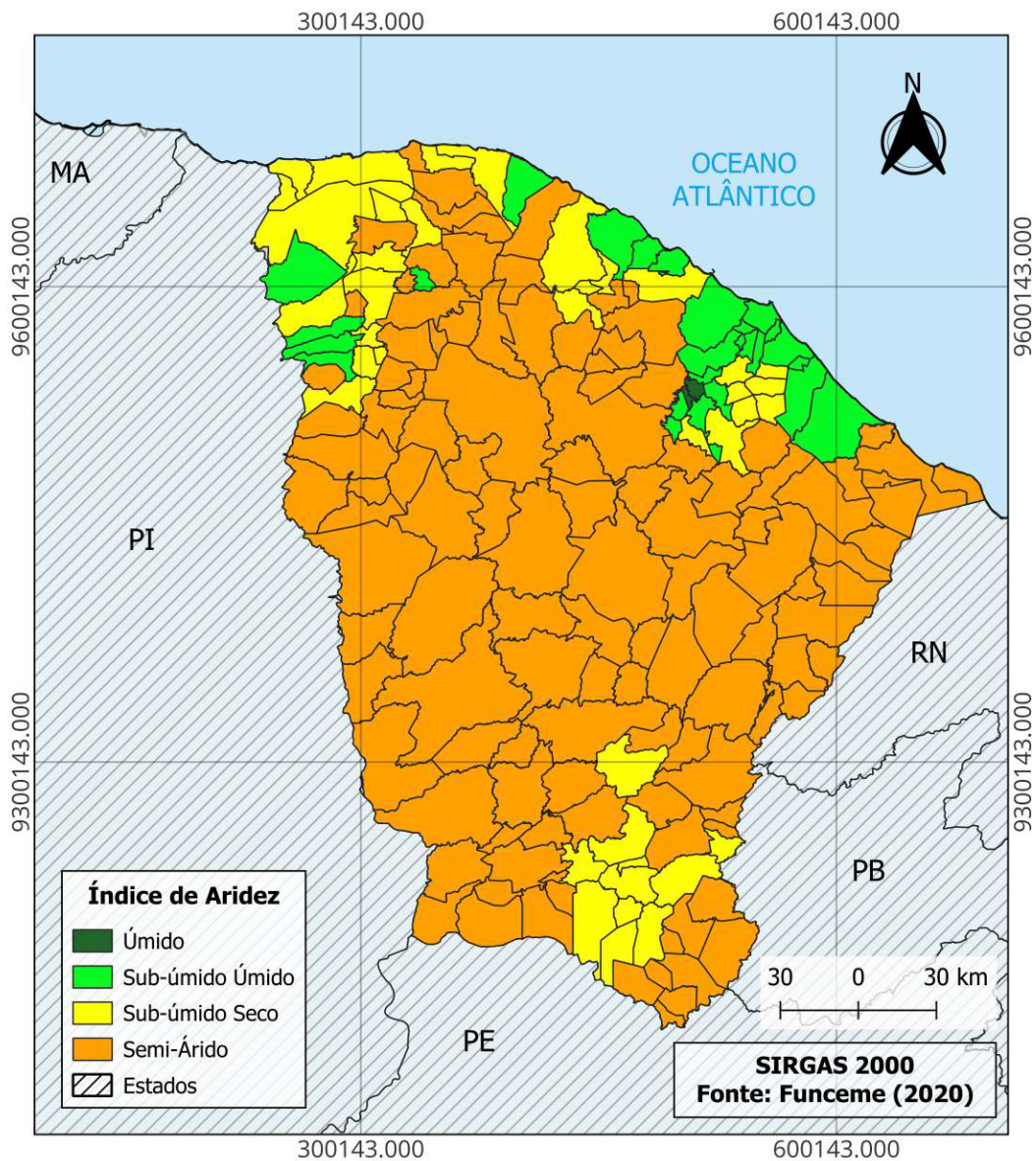


Figura 2 – Índices de aridez do Estado do Ceará
Fonte: Funceme (2020).

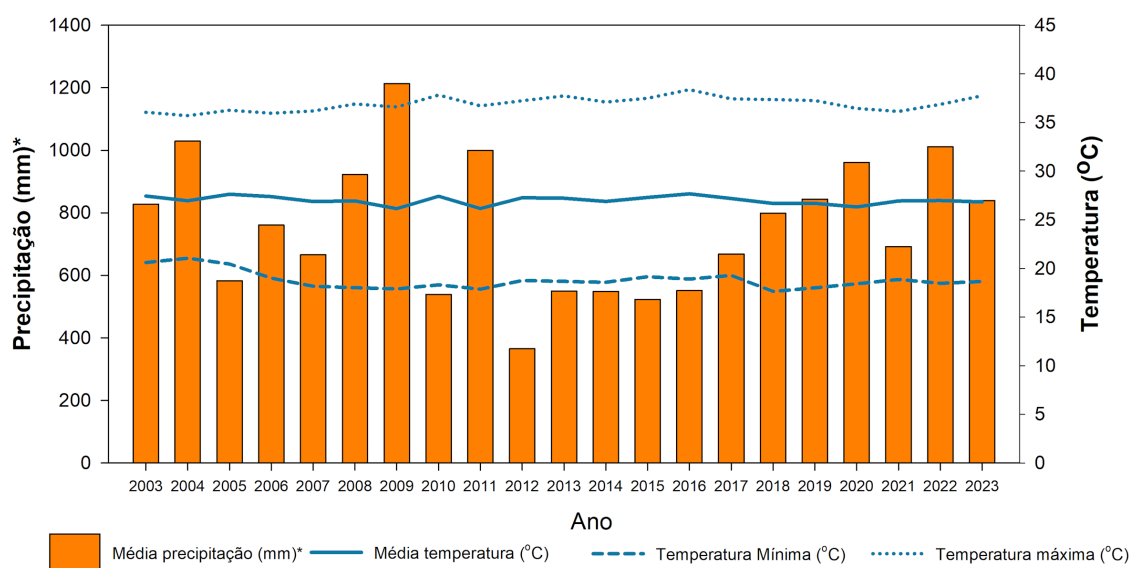


Figura 3 – Evolução anual do total acumulado de precipitação (mm) e temperatura (°C) média, mínima e máxima para o Ceará
Fonte: Inmet (2024).

4.1.3 Hidrologia

O Ceará é dividido em 12 bacias hidrográficas (Figura 4), com destaque para a bacia do Rio Jaguaribe, a maior do estado, que abriga os dois maiores reservatórios: o Açude Orós e o Açude Castanhão. A maioria dos rios é intermitente, refletindo o clima semiárido da região e a baixa capacidade de armazenamento de água nos solos.

O estado possui uma extensa rede de açudes e reservatórios artificiais, com mais de 155 mil açudes cadastrados, cruciais para garantir o abastecimento humano, agricultura e piscicultura. Além disso, os aquíferos subterrâneos desempenham papel essencial em áreas do sertão, embora sua capacidade seja limitada nas regiões de rochas cristalinas. Nas áreas sedimentares, como na Bacia do Araripe, os aquíferos apresentam maior potencial de exploração.

A gestão sustentável desses recursos é fundamental para garantir a resiliência hídrica em períodos de seca prolongada. Por exemplo, a Secretaria de Recursos Hídricos do Ceará (SRH) tem desenvolvido estratégias de convivência com a seca, como a construção de barragens subterrâneas e cisternas para captação de água da chuva, além da implementação de políticas de uso racional da água e reúso. Nesse contexto, é essencial adotar medidas de adaptação, como o fortalecimento da infraestrutura de armazenamento de água, o monitoramento hidrológico contínuo e o desenvolvimento de tecnologias para uso eficiente e sustentável da água. O fortalecimento das políticas públicas voltadas para a gestão integrada dos recursos hídricos também é uma prioridade para garantir a segurança hídrica frente às mudanças climáticas.

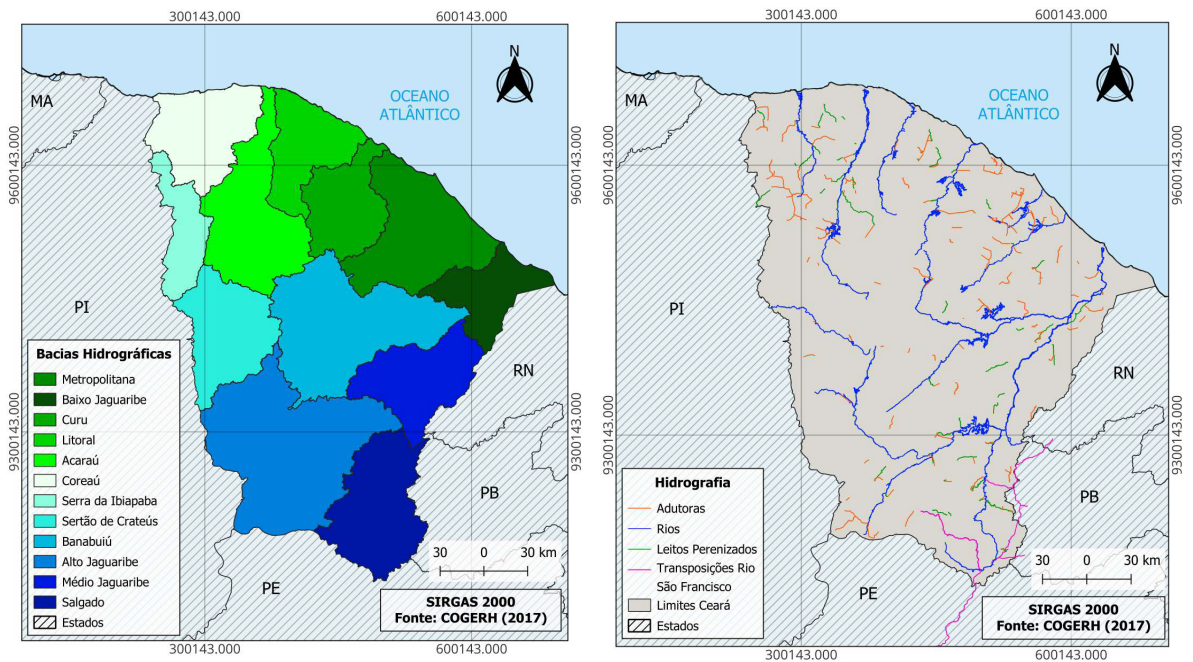


Figura 4 – Hidrografia do estado do Ceará: bacias, leitos, adutoras, rios e transposição do Rio São Francisco
Fonte: COGERH (2017).

4.1.4 Cobertura pedológica e sua ocupação

O Ceará é composto por solos predominantemente rasos e pouco férteis, principalmente quando cultivados sem a utilização de sistemas de irrigação. No entanto, há variações significativas, com solos mais férteis e adequados à agricultura em regiões serranas, nas chapadas e ao longo dos rios. As principais classes de solo são os Neossolos (36%), Argissolos (24,7%), Luvisolos (16,7%) e Planossolos (11,4%). A cobertura pedológica apresenta alta suscetibilidade à erosão, principalmente em áreas de intensa atividade agrícola e pecuária (Romero e Ferreira, 2010; Nóbrega *et al.*, 2019).

As atividades humanas têm alterado significativamente o uso e ocupação do solo. Entre os anos 1985 e 2021, houve uma redução de 8,52% nas formações savânicas (de 10.109.870 para 9.248.126 ha), de 6,96% nas formações florestais (de 1.314.235 para 1.222.665 ha) e 45,5% da área ocupada por rios e lagos (de 240.576 para 131.220 ha). Ao mesmo tempo, foi observado um incremento nas áreas destinadas à agricultura (de 2.624.429 para 3.577.095 ha), juntamente com a expansão das áreas urbanizadas (de 35.174 para 126.786 ha). Neste sentido, o manejo adequado dos solos e a recuperação dos estoques naturais de carbono nas áreas vegetadas são essenciais para mitigar os efeitos das mudanças climáticas.

Biomass

do Ceará



5. Biomias do Ceará

O estado do Ceará apresenta uma diversidade de formações vegetais (Figura 5), em grande parte influenciadas pelas condições climáticas específicas e pela geologia local. Os biomas que ocorrem no estado, notadamente a Caatinga, a Mata Atlântica e o Cerrado, desempenham papéis vitais na sustentabilidade ambiental e socioeconômica, fornecendo serviços ecossistêmicos essenciais à população e contribuindo para a resiliência climática da região. O entendimento das características desses biomas e suas vulnerabilidades é crucial para a formulação de políticas de conservação e adaptação às mudanças climáticas no Ceará.

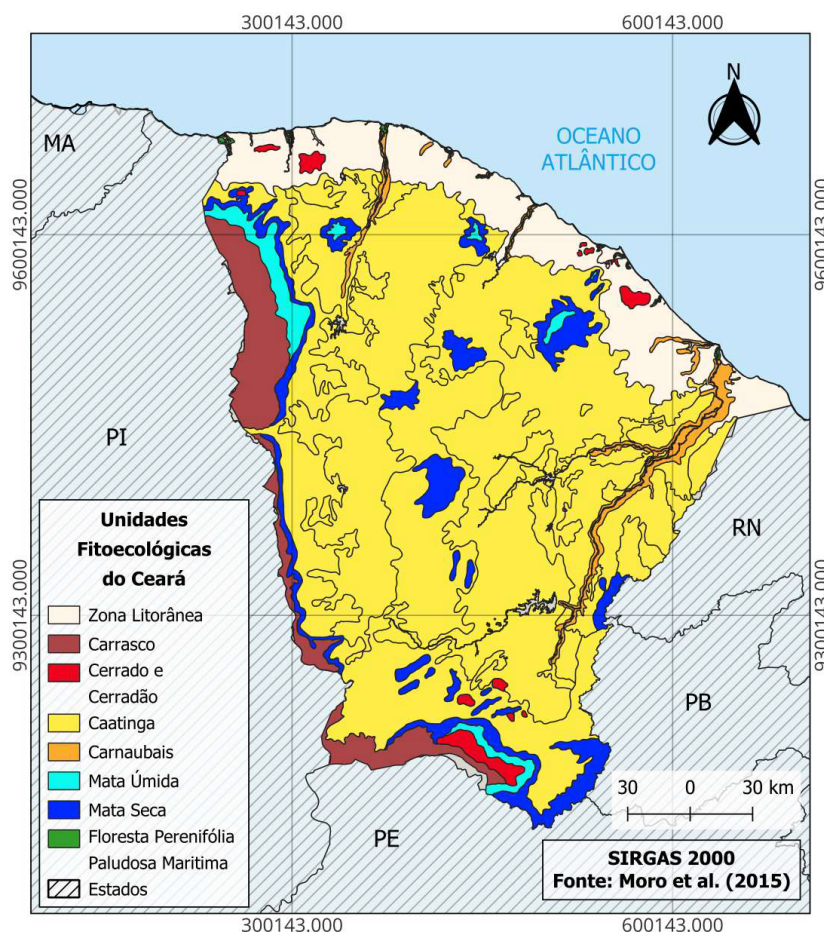


Figura 5 – Mapa de unidades fitoecológicas do Ceará, mostrando os principais tipos de vegetação do estado
Fonte: Moro *et al.* (2015).

5.1 Caatinga Cearense

A Caatinga cobre aproximadamente 120 mil km² do território estadual. Esse bioma é caracterizado por um clima semiárido, com temperaturas elevadas e precipitação escassa e irregular, concentrada em poucos meses do ano. A vegetação da Caatinga é altamente adaptada a essas condições adversas, apresentando adaptações morfológicas e fisiológicas, como folhas pequenas e espessas, caules suculentos e raízes profundas, que possibilitam a sobrevivência em períodos prolongados de seca (Silva *et al.*, 2011; Melo *et al.*, 2023; Pinheiro *et al.*, 2017).

A heterogeneidade da Caatinga é um de seus traços mais marcantes. Embora seja frequentemente descrita como uma vegetação árida e homogênea, a Caatinga apresenta uma grande variedade de formações, que incluem a Caatinga arbustiva densa, a Caatinga arbustiva aberta e a Caatinga arbórea, além de formações associadas, como o cerradão e as matas de carrasco (Figueredo, 1997; Silva *et al.*, 2011, 2017; Melo *et al.*, 2023).

Essa diversidade de paisagens está intimamente ligada às variações locais de relevo, solo, geologia e regime de chuvas.

O solo da Caatinga é predominantemente raso, o que contribui para sua baixa capacidade de retenção de água, porém é relativamente rico em nutrientes. Em bacias sedimentares, os solos da caatinga podem ser mais profundos e desenvolvidos. Essas características tornam o bioma especialmente vulnerável à degradação e à desertificação. De acordo com estudos recentes, aproximadamente 11% do território do Ceará, sobretudo na Caatinga cearense, já apresenta sinais avançados de desertificação, impactando a capacidade de suporte da terra para a agricultura e a criação de gado, atividades fundamentais para a subsistência das populações locais (FUNCEME, 2017). A desertificação, juntamente com o desmatamento e as queimadas, é um dos principais desafios enfrentados pela Caatinga. Esses processos contribuem para a perda de biodiversidade e de produtividade, agravando os efeitos das secas e comprometendo a segurança alimentar. Além disso, a caça predatória e a introdução de espécies exóticas são fortes ameaças à Caatinga. Por outro lado, o uso sustentável de recursos nativos, como espécies de plantas medicinais e forrageiras, oferece uma alternativa econômica viável para as populações locais, ao mesmo tempo que favorece a preservação do bioma (Sampaio, 2010).

Apesar das adversidades, a Caatinga tem um enorme potencial para a restauração ecológica e a recuperação ambiental. A promoção de práticas sustentáveis, como o manejo adequado do solo, a implementação de sistemas agroflorestais, o isolamento de áreas degradadas e a prática do pousio, pode contribuir significativamente para a mitigação dos efeitos da desertificação.

5.2 A Mata Atlântica Cearense

Embora ocupe uma área menor no estado, a Mata Atlântica desempenha um papel crucial na regulação dos ciclos hidrológicos, bem como na provisão de habitat para espécies não adaptadas às condições xeromórficas da Caatinga. A presença desse bioma no Ceará está limitada às áreas serranas, como as Serras de Baturité e Ibiapaba, regiões onde o clima é mais ameno e úmido devido à altitude e à maior precipitação. A vegetação é composta por florestas de galeria e florestas nebulosas, que abrigam uma rica biodiversidade, incluindo muitas espécies endêmicas (Moro *et al.*, 2015).

A Mata Atlântica é um dos biomas mais ameaçados do Brasil, e no Ceará não é diferente. Grande parte das florestas nativas foi suprimida ao longo dos séculos para dar lugar à agricultura e à exploração de madeira. Estima-se que apenas 7% da cobertura original da Mata Atlântica permanece em estado de conservação no estado, o que compromete a capacidade do bioma de fornecer serviços ecossistêmicos, como a regulação do microclima e a proteção dos recursos hídricos (Sousa *et al.*, 2008; Pinheiro *et al.*, 2017; Zanella, 2007).

No entanto, as áreas remanescentes desempenham funções ambientais vitais, especialmente na regulação do ciclo da água. As matas localizadas nas áreas serranas atuam como verdadeiras “esponjas”, retendo a umidade e alimentando as bacias hidrográficas que abastecem as cidades. Além disso, a biodiversidade da Mata Atlântica no Ceará é de grande valor ecológico, sendo sua preservação fundamental para garantir a sobrevivência de muitas espécies (Sousa *et al.*, 2008; Pinheiro *et al.*, 2017).

Para promover a conservação da Mata Atlântica, é necessário fortalecer as políticas de proteção das áreas remanescentes, além de incentivar a restauração de áreas degradadas. Programas de reflorestamento com espécies nativas e o controle do desmatamento ilegal são fundamentais para garantir a resiliência desse bioma frente às mudanças climáticas.

A preservação da Mata Atlântica requer a adoção de medidas de conservação como a criação de unidades de conservação, a implementação de políticas de uso sustentável dos recursos naturais e a educação ambiental da população.

5.3 O Cerrado Cearense

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil, mas sua presença no Ceará limita-se a áreas de transição, principalmente na região dos Inhamuns, no sul do estado. Apesar de sua pequena extensão, o Cerrado cearense desempenha um papel importante na conservação da biodiversidade e na manutenção dos recursos naturais. A vegetação é composta principalmente por arbustos e árvores de pequeno porte, adaptadas a solos pobres e condições de seca prolongadas.

Esse bioma é conhecido por sua alta biodiversidade e endemismo, abrigando inúmeras espécies de plantas, animais e microorganismos que são exclusivas desse bioma. No entanto, as áreas de Cerrado no Ceará enfrentam graves ameaças, como a expansão da agropecuária e a exploração indiscriminada dos recursos naturais, que resultam na degradação do solo e na perda de habitats (Moro *et al.*, 2015; Costa *et al.*, 2007; Alves *et al.*, 2011).

A região dos Inhamuns, onde o Cerrado predomina, também é importante para a agricultura de subsistência e a pecuária extensiva. A implementação de práticas de manejo sustentável é essencial para preservar o bioma e garantir a continuidade das atividades econômicas que dependem de seus recursos. O incentivo ao turismo ecológico e a adoção de tecnologias agrícolas de baixo impacto são alternativas promissoras que podem promover a sustentabilidade na região.

5.4 Desafios e Ações para a Conservação e Sustentabilidade

A conservação dos biomas do Ceará é essencial não apenas para a proteção da biodiversidade, mas também como estratégia de mitigação e adaptação às mudanças climáticas. Os biomas cearenses desempenham papéis fundamentais na regulação climática, na preservação dos recursos hídricos e na provisão de serviços ecossistêmicos que sustentam a vida e as atividades econômicas no estado.

Os principais desafios enfrentados pelos biomas do Ceará incluem o desmatamento, a degradação do solo e a desertificação. O avanço da agricultura e da pecuária sobre áreas nativas, a extração de madeira e o uso inadequado dos recursos hídricos são fatores que agravam a vulnerabilidade dos biomas frente às mudanças climáticas (Leal *et al.*, 2005). Para reverter esse cenário, é crucial implementar políticas públicas voltadas à conservação e ao manejo sustentável dos recursos naturais.

A recuperação de áreas degradadas, especialmente na Caatinga e na Mata Atlântica, é uma das principais estratégias para mitigar os efeitos das mudanças climáticas. Programas de reflorestamento com espécies nativas, associados ao controle das queimadas e à implementação de práticas agrícolas sustentáveis, podem restaurar a função ecológica dos biomas e aumentar sua resiliência (Sampaio, 2010). Além disso, a criação de unidades de conservação e o fortalecimento da fiscalização ambiental são essenciais para proteger as áreas mais vulneráveis e garantir a manutenção da biodiversidade.

A educação ambiental também desempenha um papel crucial na preservação dos biomas do Ceará. A conscientização das comunidades locais sobre a importância da conservação dos recursos naturais é fundamental para promover a sustentabilidade a longo prazo. Iniciativas de capacitação em práticas agroecológicas e de convivência com o semiárido podem contribuir para a inclusão social e a geração de renda, ao mesmo tempo que preservam o meio ambiente.

Em conclusão, os biomas do Ceará são recursos valiosos que precisam ser protegidos e manejados de forma sustentável. A integração de estratégias de conservação com políticas de desenvolvimento econômico é fundamental para garantir a resiliência ambiental e a qualidade de vida das populações que dependem desses recursos.

Vetores

de Degradação Ambiental

6

6. Vetores de Degradação Ambiental

A degradação dos recursos naturais no estado tem origem em práticas de uso insustentável da terra, que, associadas à pressão populacional e à fragilidade ecológica, agravam a perda de biodiversidade e a desertificação. Esses vetores representam desafios críticos para a sustentabilidade ecológica e a adaptação climática do estado. O *Levantamento das vulnerabilidades socioambientais para as políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas do Estado do Ceará* propõe uma abordagem integrada para enfrentar esses desafios, combinando medidas de conservação ambiental com práticas de manejo sustentável, restauração ecológica e educação ambiental.

Para garantir o sucesso das ações propostas, é essencial que haja uma articulação entre os diferentes setores da sociedade, incluindo o governo, o setor privado e as comunidades locais. Somente com uma gestão integrada dos recursos naturais será possível garantir um futuro resiliente e sustentável para o Ceará frente às mudanças climáticas.

6.1 Desmatamento Ilegal

O desmatamento ilegal no Ceará tem sido um fator-chave na degradação da vegetação nativa, especialmente na Caatinga. O desmatamento da Caatinga ocorre desde o período colonial, e suas principais causas incluem a pecuária extensiva e conversão da vegetação em pastagens, além da extração vegetal e práticas agrícolas insustentáveis. Segundo o MapBiomas, entre 2010 e 2020, aproximadamente 310.810 ha de vegetação foram desmatados no estado, com picos de desmatamento em 2012. Entre 2019 e 2022, aproximadamente 40 mil ha foram desmatados, principalmente nos municípios de Crateús, Beberibe e Jucás.

Além da redução da biodiversidade, o desmatamento compromete uma série de serviços ecossistêmicos vitais, como a regulação do ciclo hidrológico, a ciclagem de nutrientes e a contenção da erosão (Araújo *et al.*, 2023; Chazdon, 2008). Adicionalmente, a perda de vegetação contribui para a diminuição da capacidade de sequestro de carbono, intensificando as emissões de gases de efeito estufa e agravando os impactos das mudanças climáticas (Schulz *et al.*, 2018). Reduzir o desmatamento deve ser uma prioridade estratégica das políticas estaduais para combater as mudanças climáticas, com ações que incluem o reforço da fiscalização e a promoção de alternativas sustentáveis de uso do solo.

6.2 Desertificação

A desertificação é uma das ameaças mais graves para o Ceará, com 100% do território estadual classificado como área suscetível a esse processo (FUNCEME, 2017). Os núcleos de desertificação de Irauçuba (12.194 km²), Inhamuns (8.303 km²) e Médio Jaguaribe (8.421 km²), os núcleos de desertificação do estado, totalizando mais de 28 mil km².

Esse fenômeno é impulsionado pela combinação de fatores naturais e antrópicos, como o desmatamento, o sobrepastoreio e o uso inadequado dos recursos hídricos. O manejo inadequado do solo e o uso insustentável da vegetação nativa agravam a compactação e a perda de fertilidade, comprometendo a produtividade agrícola e a capacidade de suporte dos ecossistemas. Nesse contexto, os impactos das mudanças climáticas devem ser considerados como um fator que aumenta a vulnerabilidade e os riscos à desertificação.

Neste sentido, este levantamento propõe medidas de restauração ecológica e manejo sustentável dos solos como estratégias para combater a desertificação e garantir a resiliência climática das áreas afetadas, uma vez que a desertificação causa um agravamento dos impactos da seca na agricultura e na pecuária, aumenta a vulnerabilidade das populações rurais mais pobres, aumenta a insegurança alimentar e exerce uma pressão adicional sobre recursos já fragilizados (Aguiar *et al.*, 2023; de Lira Azevêdo, 2017).

6.3 Queimadas e Incêndios Florestais

As queimadas representam outro vetor significativo de degradação ambiental no Ceará. Entre 2015 e 2020, mais de 196 mil hectares foram queimados, sendo 88% em áreas de vegetação nativa (MapBiomás). As queimadas são mais recorrentes no segundo semestre, quando as condições meteorológicas são mais favoráveis, isto é, altas temperaturas associadas à baixa umidade do ar e do solo, além da vegetação seca. Ademais, destaca-se o uso de queimadas para o preparo de terras agrícolas.

Esse tipo de prática gera consequências graves para os ecossistemas, destruindo habitats, acelerando a erosão e comprometendo a capacidade de regeneração da vegetação. Outros impactos das queimadas incluem alterações na ciclagem de nutrientes, destruição de nascentes, perdas de nichos ecológicos, redução da biodiversidade e aumento da vulnerabilidade à erosão. Além disso, a combustão da matéria orgânica libera grandes quantidades de carbono na atmosfera, contribuindo diretamente para o aquecimento global. No contexto do levantamento das vulnerabilidades, a redução das queimadas e dos incêndios florestais é vista como uma estratégia-chave para a adaptação climática, uma vez que auxilia na preservação da biodiversidade e na mitigação dos impactos ecológicos das mudanças do clima.

6.4 Práticas agrícolas insustentáveis

No Ceará, práticas agrícolas insustentáveis como o desmatamento excessivo, o uso indiscriminado de queimadas, o sobrepastoreio, a irrigação inadequada, que leva à salinização do solo, e o uso excessivo de agrotóxicos impactam diretamente a biodiversidade e a saúde do solo. Essas práticas são particularmente prejudiciais no contexto do estado, que possui um ecossistema frágil de Caatinga e um clima semiárido, onde a resiliência natural é limitada.

A remoção da cobertura vegetal nativa resulta em erosão e empobrecimento do solo, enquanto o uso excessivo de defensivos e fertilizantes contamina os recursos hídricos e reduz a qualidade do solo, acelerando processos de desertificação, particularmente na Caatinga, que já é vulnerável devido às condições semiáridas (Leal *et al.*, 2005; Silva *et al.*, 2018). Por outro lado, o cultivo sucessivo sem o uso de fertilizantes leva à depleção da fertilidade dos solos, o que acarreta perda de produtividade e de biodiversidade (Derpsch *et al.*, 2024).

Para reverter esses impactos, a adoção de práticas sustentáveis é essencial. Técnicas agroecológicas e estratégias propostas no *Plano Estadual para Adaptação e Baixa Emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC+CE)*, como os cultivos integrados e as agroflorestas, são fundamentais para recuperar solos degradados e aumentar a resiliência ambiental. Essas práticas, que se baseiam na diversificação e rotação de culturas, no revolvimento do solo e na manutenção dos resíduos culturais na superfície, preservam a qualidade do solo, reduzem a necessidade de insumos químicos e promovem o uso eficiente da água, além de aumentar a produtividade de forma sustentável (Sampaio, 2010). Políticas públicas, aliadas à capacitação de agricultores e à promoção de incentivos para a adoção dessas práticas, são indispensáveis para assegurar a preservação ambiental e a sustentabilidade da agricultura no estado.

6.5 Ocupação Urbana Desordenada

Esse processo ocorre quando a expansão das áreas urbanas acontece sem planejamento adequado, levando à ocupação de áreas sensíveis, como margens de rios, encostas e áreas de preservação permanente (APPs). A destruição da vegetação nativa nesses locais não só compromete a integridade dos ecossistemas, mas também agrava problemas como a erosão do solo e a sedimentação de corpos d'água, resultando na degradação de habitats naturais e na fragmentação de áreas que antes eram contínuas (Ercoli *et al.*, 2020).

A fragmentação do habitat decorrente do desordenamento urbano é especialmente prejudicial à biodiversidade, pois interrompe os corredores ecológicos, que são essenciais para o deslocamento de espécies. Espécies nativas, muitas delas endêmicas, tornam-se mais vulneráveis à extinção devido à redução de seus habitats e ao isolamento populacional. O crescimento urbano desordenado também facilita a proliferação de espécies invasoras, que competem com a fauna e a flora locais, exacerbando a perda de biodiversidade (Laurance *et al.*, 2014).

Além disso, a impermeabilização do solo causada pela urbanização, como a pavimentação e a construção de edifícios, reduz a capacidade de infiltração da água da chuva, prejudicando a recarga de aquíferos e aumentando a ocorrência de enchentes. As enchentes, por sua vez, contribuem para a degradação de áreas urbanas e periurbanas, intensificando a poluição dos rios e comprometendo a qualidade da água. Com a diminuição da vegetação e a fragmentação dos ecossistemas, os serviços ecossistêmicos, como a regulação climática e a purificação do ar e da água, são drasticamente reduzidos, prejudicando não apenas a biodiversidade, mas também a qualidade de vida nas áreas urbanas (Qian e Eslamian, 2022; Salerno *et al.*, 2018).

Para mitigar os impactos da ocupação desordenada, é necessário implementar um planejamento urbano que considere a preservação das áreas naturais e a restauração de áreas degradadas. A criação de corredores ecológicos e a recuperação das APPs são fundamentais para restaurar a conectividade entre os fragmentos de habitat. Além disso, promover o desenvolvimento de infraestruturas verdes e políticas de reflorestamento urbano pode contribuir significativamente para reduzir os impactos negativos da urbanização descontrolada sobre a biodiversidade e aumentar a resiliência das cidades às mudanças climáticas.

6.6 Mineração e Degradação dos Recursos Naturais

A mineração no Ceará, embora tenha um importante papel econômico, apresenta graves impactos ambientais que afetam diretamente a biodiversidade do estado. A extração de minerais como calcário, gipsita e areia resulta na degradação de ecossistemas, especialmente nas regiões de Caatinga e nas áreas de transição para o Cerrado. A remoção da vegetação nativa durante o processo de mineração provoca a perda de habitat para inúmeras espécies e a fragmentação dos ecossistemas, dificultando a sobrevivência da fauna e flora locais (Zuquette *et al.*, 2004; da Silva; Chaddad *et al.*, 2022).

A mineração também causa erosão e compactação do solo, o que impede a regeneração natural da vegetação e compromete a estrutura do solo, levando a processos de desertificação em áreas sensíveis. Esses impactos afetam diretamente a capacidade de suporte do solo para atividades futuras, prejudicando a recuperação ecológica. Além disso, a extração de minérios está frequentemente associada à contaminação dos recursos hídricos, devido ao despejo inadequado de resíduos e à poluição por substâncias tóxicas, como metais pesados, que afetam diretamente os ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes (Zuquette *et al.*, 2004; Zhang *et al.*, 2016; Perlatti *et al.*, 2021).

A extração de minerais pode provocar mudanças drásticas no curso natural dos rios e na drenagem das águas subterrâneas, impactando diretamente a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos associados a esses corpos d'água (Pertlatti *et al.*, 2021).

Para mitigar esses impactos, é essencial adotar práticas de mineração sustentável, incluindo a recuperação de áreas degradadas após o término das atividades minerárias e o controle rigoroso da poluição gerada. A implementação de políticas de compensação ambiental e o monitoramento contínuo dos impactos sobre a biodiversidade podem ajudar a minimizar os danos e a promover a recuperação dos ecossistemas afetados. O *Levantamento das Vulnerabilidades Socioambientais para as Políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas* destaca a necessidade de uma gestão integrada dos recursos minerais e de incentivos para tecnologias que reduzam a degradação ambiental, promovendo a coexistência entre a atividade econômica e a preservação ambiental.

Para mitigar esses impactos, é fundamental que o estado do Ceará implemente políticas mais rigorosas de licenciamento e monitoramento ambiental, garantindo que a mineração seja realizada com técnicas sustentáveis, como o reflorestamento de áreas impactadas e a recuperação de corpos d'água. O documento também pode integrar práticas de restauração ecológica nas áreas degradadas pela mineração, promovendo a regeneração dos ecossistemas e a recuperação dos serviços ecossistêmicos perdidos. A mineração sustentável, com uso de tecnologias que minimizem os impactos ambientais, deve ser uma prioridade para equilibrar o desenvolvimento econômico com a conservação ambiental no Ceará.

Planos,

Programas e Áreas Protegidas no
Estado do Ceará



7. Planos, Programas e Áreas Protegidas no Estado do Ceará

O Estado do Ceará tem implementado diversas iniciativas voltadas para a conservação ambiental e o enfrentamento das mudanças climáticas, considerando as particularidades regionais. Esses esforços concentram-se em mitigar os impactos das mudanças climáticas, proteger a biodiversidade e garantir a resiliência das populações locais. Este levantamento reflete a integração dessas iniciativas com uma visão estratégica de sustentabilidade e conservação, assegurando que o estado esteja preparado para os desafios climáticos que se agravam.

7.1 Plano Estadual de Mudanças Climáticas

O Plano Estadual de Mudanças Climáticas do Ceará estabelecerá diretrizes para a redução das emissões de gases de efeito estufa, propondo políticas de adaptação capazes de mitigar os impactos em setores cruciais, como a agricultura, os recursos hídricos e a biodiversidade. O Ceará, historicamente marcado por períodos de seca e desertificação, enfrenta desafios relacionados à disponibilidade de água e à degradação dos solos. Para responder a esses desafios, o plano buscará integrar ações em escala estadual, com metas claras e mensuráveis para reduzir as vulnerabilidades climáticas.

Entre as principais estratégias estão o incentivo à agricultura de baixo carbono, a preservação de áreas naturais e o uso sustentável dos recursos hídricos. A promoção de tecnologias inovadoras e a restauração de áreas degradadas são vistas como fundamentais para promover a resiliência climática em todo o estado.

7.2 Ações Baseadas em Ecossistemas (AbE)

O Ceará tem se destacado na implementação de Ações de Adaptação Baseadas em Ecossistemas (AbE), que utilizam os próprios ecossistemas como ferramentas para enfrentar os impactos das mudanças climáticas. Essas ações incluem a restauração de áreas degradadas, a conservação de nascentes e a proteção da biodiversidade, promovendo a resiliência das comunidades locais. Além disso, as AbE desempenham um papel importante na integração das soluções naturais às políticas públicas, reforçando o compromisso do estado com a sustentabilidade.

As AbE são particularmente eficazes em regiões como a Caatinga, onde as condições climáticas adversas exigem soluções adaptativas que utilizem os recursos naturais de forma sustentável. Programas de reflorestamento e recuperação de nascentes têm sido implementados para garantir a manutenção dos ciclos hídricos e a preservação das áreas mais vulneráveis à desertificação.

7.3 Unidades de Conservação (UCs)

As Unidades de Conservação (UCs) do Ceará são fundamentais para a proteção da biodiversidade e para a promoção de estratégias eficazes de mitigação climática (Figura 6). O Sistema Estadual de Unidades de Conservação (Seuc), estabelecido pela Lei nº 14.950/2011, abrange UCs federais, estaduais e municipais, sob a coordenação da Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA). Atualmente, a SEMA é responsável por administrar 39 Unidades de Conservação (UCs) estaduais e um corredor ecológico. O Monumento Natural Sítio Cana Brava e o Monumento Natural Sítio Riacho do Meio são UCs estaduais, mas são geridos pela Universidade Regional do Cariri (URCA). O estado possui também UCs municipais e reservas particulares distribuídas em diferentes regiões.

Essas UCs desempenham um papel essencial na preservação dos ecossistemas, servindo como reservatórios de biodiversidade e reguladoras do clima. A criação de novas UCs é uma estratégia fundamental para ampliar a proteção ambiental, garantindo a integridade de áreas de grande relevância ecológica. No Ceará, iniciativas de criação e ampliação de UCs têm contribuído significativamente para a conservação de ecossistemas sensíveis, como manguezais, caatinga e áreas costeiras. Essas ações promovem a conectividade entre fragmentos florestais, fortalecendo os corredores ecológicos e permitindo a movimentação de espécies entre diferentes habitats. As UCs estaduais incluem áreas como o Parque Estadual do Cocó, que, além de ser uma das maiores áreas verdes urbanas do Brasil, desempenha um papel crucial na preservação de espécies nativas e na mitigação de inundações urbanas.

Recentemente, esforços para consolidar e expandir o sistema de UCs estaduais têm resultado em novos instrumentos de proteção, como a criação de Monumentos Naturais e Reservas Biológicas, que atendem a demandas regionais e contribuem para a sustentabilidade ambiental.

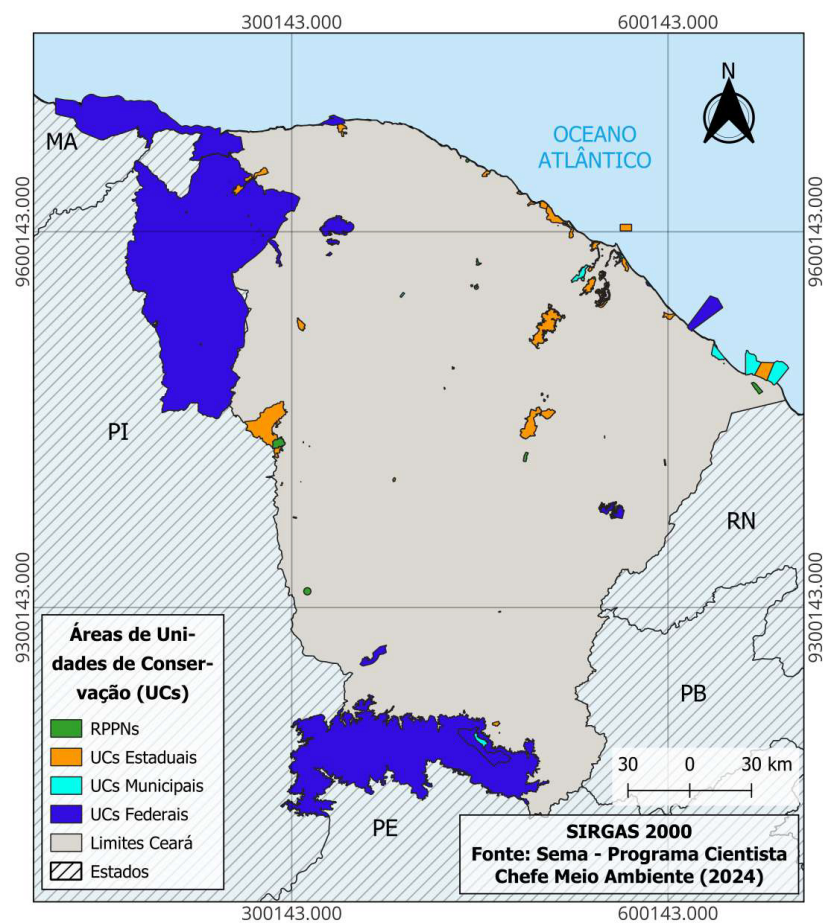


Figura 6 – Áreas de Unidades de conservação (UCs) no Ceará: Unidades Federais, Estaduais e Municipais
Fonte: SEMA, 2024.

As Reservas Particulares do Patrimônio Natural (RPPNs) no Ceará também desempenham um papel importante na conservação da biodiversidade e na mitigação dos impactos climáticos. Essas áreas, gerenciadas por proprietários privados, contribuem para a preservação de ecossistemas estratégicos, servindo como corredores ecológicos e promovendo a conectividade entre diferentes áreas protegidas.

A criação de novas RPPNs é incentivada pelo governo estadual, que oferece apoio técnico e jurídico para a consolidação dessas áreas. Além disso, as RPPNs são fundamentais para a promoção do ecoturismo e de práticas sustentáveis, que podem gerar benefícios econômicos para as comunidades locais ao mesmo tempo em que conservam o patrimônio ambiental.

7.4 Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais (RL)

As Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais são protegidas pela legislação ambiental brasileira e desempenham um papel fundamental na proteção dos recursos hídricos e na conservação da biodiversidade. As APPs, em particular, protegem áreas como margens de rios, encostas íngremes e topos de morros, contribuindo para a manutenção dos mananciais hídricos e evitando a degradação do solo.

A Reserva Legal, definida pelo Código Florestal, exige que os proprietários rurais mantenham uma porcentagem de suas propriedades com vegetação nativa. No Ceará, essa área corresponde a pelo menos 20% das propriedades rurais, sendo um mecanismo importante para a preservação dos ecossistemas locais e para a promoção de práticas agrícolas sustentáveis. Para garantir a regularização e o monitoramento das Reservas Legais, é indispensável a inscrição das propriedades no Cadastro Ambiental Rural (CAR), um registro eletrônico obrigatório para todos os imóveis rurais e que serve como ferramenta essencial para a gestão ambiental, permitindo o planejamento do uso da terra e o controle do cumprimento das normas ambientais. No Ceará, adesão ao CAR é um passo importante para identificar áreas de vegetação nativa, Áreas de Preservação Permanente (APPs) e Reservas Legais, além de auxiliar na recuperação de áreas degradadas.

A integração do CAR com políticas públicas ambientais também facilita o acesso a programas de financiamento, incentivos fiscais e iniciativas voltadas à recuperação ambiental, beneficiando os proprietários rurais que aderem às práticas sustentáveis. Dessa forma, o CAR contribui para consolidar a proteção ambiental e fomentar a sustentabilidade no uso dos recursos naturais.

7.5 Outras ações realizadas pela Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA)

No contexto das políticas para adaptação e mitigação das mudanças climáticas, a Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA) desempenha um papel fundamental ao promover ações que integram a preservação ambiental, o manejo sustentável e a adaptação às mudanças climáticas.

Entre as iniciativas realizadas pela SEMA, destacam-se programas que envolvem diretamente a participação comunitária, como o Agente Jovem Ambiental (AJA), que capacita jovens para atuar em práticas de conservação e sustentabilidade. No mesmo sentido, a Coordenadoria de Educação Ambiental e Articulação Social coordena e fomenta planos e programas de educação ambiental, articulando a Política Estadual de Educação Ambiental (Lei Estadual 14.892/2011). Além disso, a SEMA organiza trilhas ecológicas e passeios de barco, com o objetivo de promover a educação ambiental e conscientizar a população sobre a importância de preservar os ecossistemas naturais.

Na área de gestão de resíduos, o Plano Estadual de Resíduos Sólidos (PERS) destaca-se como uma ação importante para o gerenciamento sustentável no estado, com iniciativas fundamentais para a sustentabilidade cearense, como a Coleta Seletiva Solidária e o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas por Lixão (PRAD). A SEMA também adota a Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P), incentivando práticas sustentáveis no setor público.

No que diz respeito às mudanças climáticas, a SEMA lidera e fortalece fóruns como o Fórum Cearense de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e de Combate à Desertificação, ampliando o debate e a integração entre diferentes setores. Também está desenvolvendo o Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) e o Plano Estadual de Adaptação (PEA), ambos voltados para mitigação de impactos climáticos e conservação da Caatinga. Outro destaque é a coordenação do Plano Estadual de Adaptação e Baixa emissão de Carbono na Agricultura (Plano ABC+CE), que visa aumentar a resiliência da agricultura cearense frente às mudanças climáticas.

Destacam-se também os Conselhos Gestores das Unidades de Conservação (UCs), que garantem a participação da sociedade na gestão dessas áreas protegidas. Por fim, a SEMA fortalece a atuação da Comissão Interinstitucional de Educação Ambiental (CIEA), que desempenha um papel essencial na promoção de ações educativas voltadas para a conscientização ambiental e o desenvolvimento sustentável no Ceará.

O Zoneamento Ecológico-Econômico (ZEE) desempenha um papel fundamental na adaptação às mudanças climáticas no Ceará. As áreas costeiras, particularmente vulneráveis à elevação do nível do mar e à erosão, constituem um foco central do Zoneamento Ecológico-Econômico da Zona Costeira (ZEEC). Esse zoneamento visa promover o uso sustentável dos recursos naturais e adaptar as atividades econômicas, como o turismo e a pesca, às novas realidades climáticas. Além de proteger os ecossistemas costeiros sensíveis, o ZEEC também favorece a preservação dos serviços ecossistêmicos essenciais para a regulação climática.

Outro zoneamento importante é o Zoneamento Ecológico-Econômico da Região do Maciço de Baturité (ZEEM), que abrange áreas serranas de grande diversidade ecológica e importância hídrica. Essas áreas atuam como reguladoras de microclimas e são essenciais para a retenção de umidade, contribuindo para a resiliência hídrica em um contexto semiárido. O ZEEM propõe integrar práticas de desenvolvimento sustentável com a conservação desses ambientes sensíveis, garantindo que a proteção ambiental seja acompanhada de estratégias de adaptação climática.

Com essas ações, a SEMA reafirma seu compromisso com a conservação do meio ambiente, o desenvolvimento sustentável e a construção de um Ceará mais preparado para os desafios ambientais do futuro. As iniciativas estão alinhadas às metas deste levantamento, que busca integrar a conservação ambiental, o manejo sustentável e a adaptação às mudanças climáticas no estado. Além disso, reforçam as competências da SEMA, que incluem a formulação e implementação de políticas ambientais, a promoção da educação ambiental e o fortalecimento da gestão integrada e participativa.

7.6 Desafios e Próximos Passos

Embora o Ceará tenha feito progressos significativos na implementação de políticas de conservação e adaptação climática, ainda há desafios a serem superados. A escassez de recursos financeiros e a falta de integração entre as diferentes esferas de governo são alguns dos principais obstáculos para a gestão eficaz das áreas protegidas. Além disso, a crescente pressão sobre os recursos naturais exige que o estado continue a investir em soluções inovadoras, como os Pagamentos por Serviços Ambientais (PSA), que podem incentivar práticas sustentáveis e garantir a proteção dos ecossistemas.

O fortalecimento das políticas de educação ambiental também é essencial para garantir que as comunidades estejam engajadas nas ações de conservação e adaptação climática. Programas como o *Agente Jovem Ambiental (AJA)* têm desempenhado um papel importante na conscientização das novas gerações sobre a importância da sustentabilidade e da proteção dos recursos naturais.

Vulnerabilidade

Climática no Estado do Ceará



∞

8. Vulnerabilidade Climática no Estado do Ceará

Além dos impactos sobre a biodiversidade, as consequências das mudanças climáticas terão uma forte intersecção com a realidade socioeconômica das comunidades locais. O clima da região, caracterizado por suas variações de temperatura e padrões de precipitação, também exerce influência direta sobre as atividades econômicas fundamentais para a sobrevivência de famílias, principalmente as menos favorecidas, de modo que as alterações nos ecossistemas podem intensificar os desafios enfrentados pela população.

Assim, foi desenvolvido um índice de vulnerabilidade socioeconômica dos municípios cearenses, proporcionando uma visão abrangente das disparidades existentes e da necessidade de estratégias que promovam a resiliência das comunidades diante das adversidades climáticas. Essa análise é essencial para entender como o Ceará pode enfrentar os impactos das mudanças climáticas de maneira eficaz, garantindo um futuro sustentável e equitativo para sua população.

8.1 Clima, Temperatura e Alteração da Cobertura Vegetal

A constância da baixa precipitação (ver item 4.1.2) tem ocasionado, com relativa frequência, quadros de seca no Ceará nas últimas décadas (Nunes e Medeiros, 2020). Ademais, a recorrência e a imprevisibilidade quanto ao seu início, término e severidade caracterizam a seca como um evento natural socialmente danoso, capaz de gerar perturbação no abastecimento dos ecossistemas agrícolas e natural, além de afetar outras atividades humanas (Sena *et al.*, 2018; Paredes-Trejo, 2023; Veiga *et al.*, 2023).

Neste sentido, a partir da série histórica, é possível observar que apenas uma pequena porção das Regiões de Planejamento do Litoral Norte, Serra da Ibiapaba, Grande Fortaleza, Maciço de Baturité e do Cariri permaneceram com o índice de chuva conforme sua média histórica ao longo das décadas (Figura 7). As demais regiões apresentaram índices esparsos de precipitação entre o final da década de 1980 e meados da década de 2010, apresentando melhora na quadra chuvosa apenas no último quinquênio (2017–2023).

Como consequência direta, a redução das precipitações médias nas últimas décadas tem aumentado a vulnerabilidade dos municípios à escassez hídrica, fenômeno que afeta diretamente a recarga dos aquíferos, a manutenção de rios e açudes, além da umidade do solo e agrava os conflitos sociais — fatores cruciais para a preservação dos ecossistemas naturais (Pereira e Cuellar, 2015). À medida que o déficit hídrico se agrava, as áreas anteriormente cobertas por vegetação nativa começam a perder sua capacidade de regeneração e se tornam mais suscetíveis à degradação, o que, por fim, contribui para o avanço do processo de desertificação (Montenegro, 2023). Uma significativa área do território cearense sofreu transição de cobertura vegetal natural para formações savânicas entre os anos de 1985 e 2022 (áreas mais escuras no mapa), indicando os maiores níveis de transição (Figura 8).

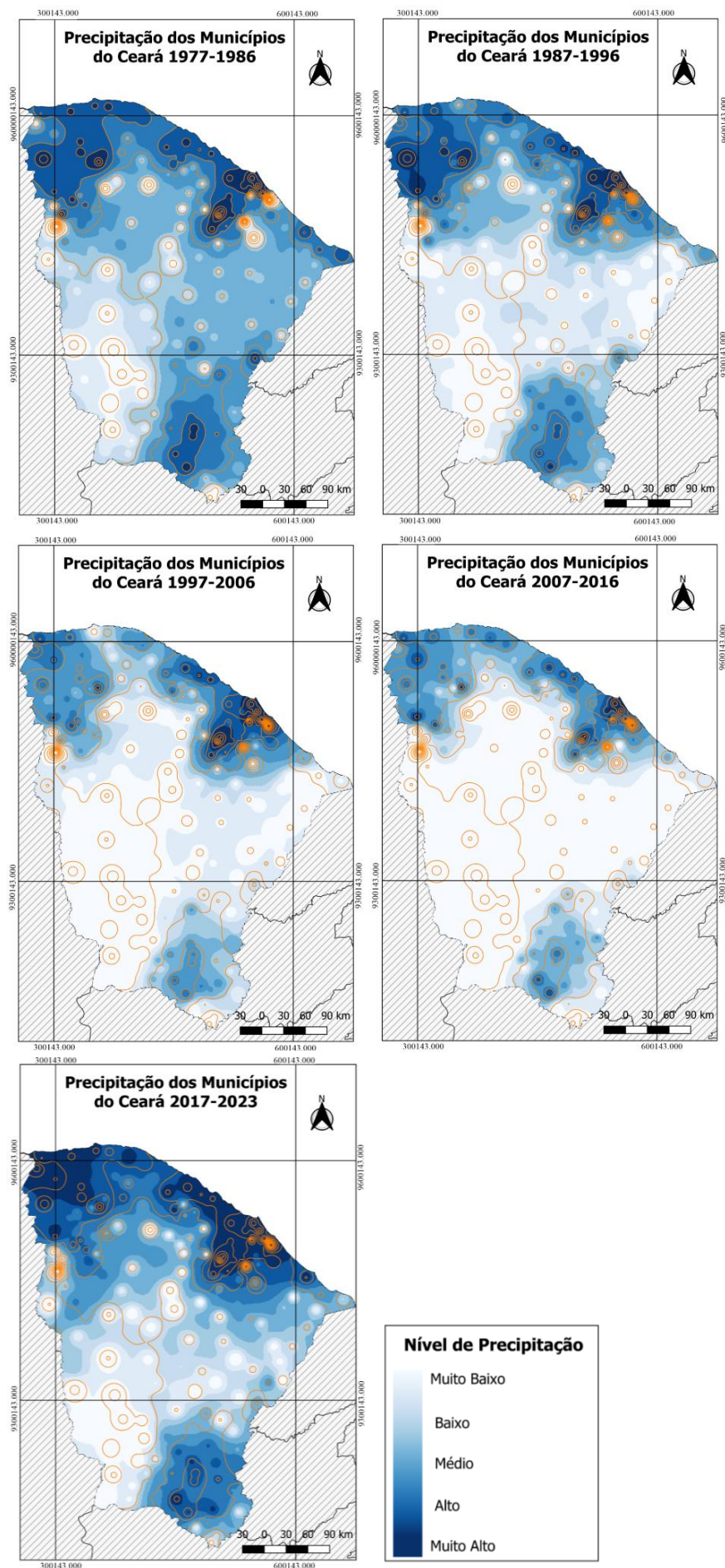


Figura 7 - Evolução temporal das precipitações nos municípios do Ceará de 1977-2023
 Fonte: FUNCEME (2024).

Essas áreas convergem com as zonas que tiveram as maiores reduções das precipitações médias durante as últimas décadas (Figura 7 e 8), refletindo diretamente no avanço do processo de desertificação, evidenciado pela transformação das áreas naturais em vegetações mais adaptadas às condições de aridez, como é o caso da savana.

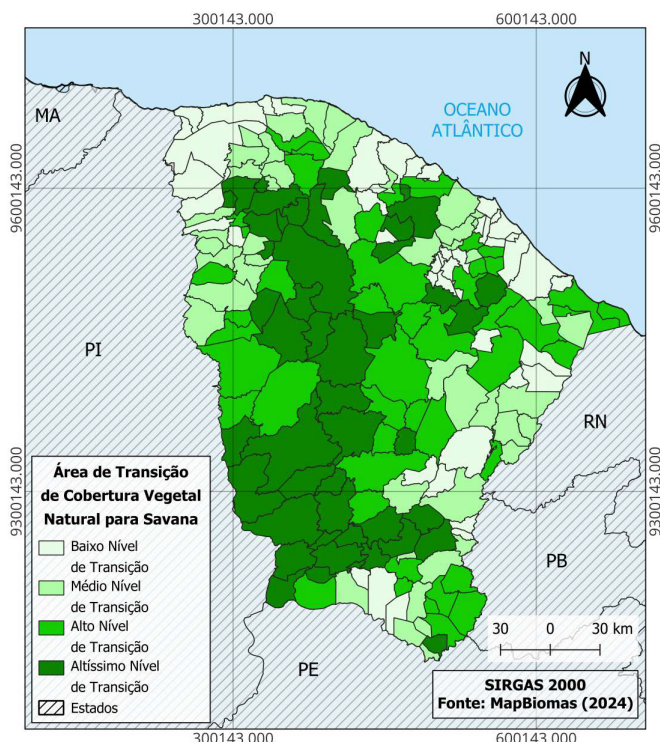


Figura 8 - Áreas de transição de cobertura Vegetal Natural para Cobertura Savânica nos municípios cearenses entre 1985 e 2022
Fonte: MapBiomias (2024).

As áreas com altíssimos níveis de transição, concentradas principalmente nas regiões do centro-sul e sudoeste do estado, revelam a crescente vulnerabilidade climática a que os municípios estão sujeitos. Esta transição pode ser ainda mais acentuada devido à intensificação dos períodos de estiagem no estado, o que compromete a resiliência dos ecossistemas locais. Conforme as projeções do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas (PBMC, 2013), as regiões do semiárido devem apresentar um decréscimo de 10% a 20% nas precipitações e um aumento de 0,5 a 1 °C na temperatura do ar até 2040. Condições semelhantes podem ser visualizadas na evolução temporal da precipitação média do estado, estimada a partir de uma regressão temporal simples (Figura 9).

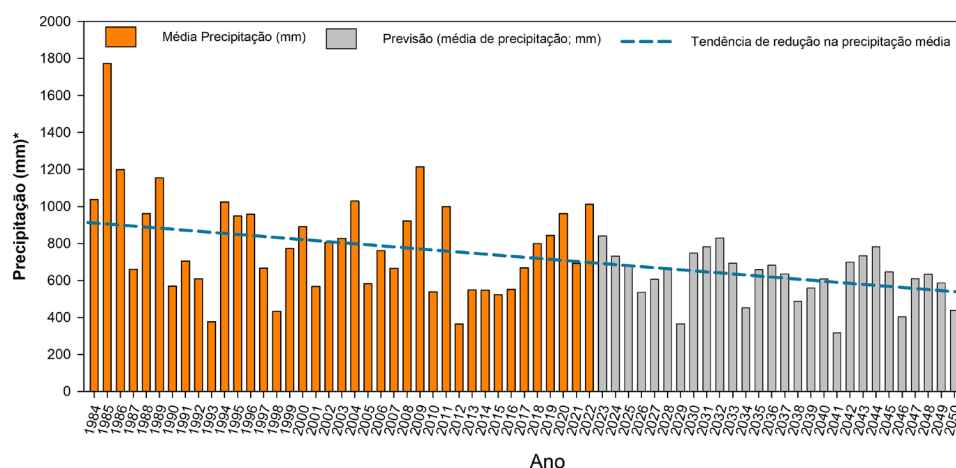


Figura 9 - Evolução temporal da precipitação para o Estado do Ceará
Fonte: Funceme (2024).

A análise da tendência futura de precipitação no Ceará (Figura 9) indica uma diminuição progressiva da média de chuvas. Até o ano de 2050, aponta-se uma redução da precipitação de até 23% da média do estado, estimada atualmente em 800 mm ao ano. Essa redução, associada à variabilidade das precipitações ao longo dos últimos anos, sugere que as condições climáticas no estado continuarão a se deteriorar, o que pode potencializar ainda mais os impactos da desertificação no bioma da caatinga (PBMC, 2012). O adensamento das áreas de transição de vegetação natural para formações savânicas, conforme previamente apresentado, está diretamente ligado a essa queda na disponibilidade hídrica, uma vez que o enfraquecimento do regime de chuvas compromete a regeneração da vegetação nativa, intensificando a degradação dos solos e a perda de biodiversidade. Portanto, a redução da precipitação média no estado, combinada com a intensificação dos eventos de estiagem, especialmente nas áreas com maior nível de transição de cobertura vegetal, deverá ampliar significativamente os cenários de vulnerabilidade ambiental e socioeconômica em diversos municípios do Ceará.

8.2 Risco Climático e a Produtividade Agrícola de Subsistência no Estado

As mudanças climáticas têm imposto grandes desafios ao setor agrícola, especialmente em regiões semiáridas como o Ceará. Com a previsão de aumento na frequência e intensidade de eventos climáticos extremos, como secas prolongadas e ondas de calor (PBMC, 2012; Veiga *et al.*, 2023; Medeiros *et al.*, 2022; Strikis *et al.*, 2024), a agricultura cearense se torna cada vez mais vulnerável às adversidades impostas pelo clima. Essa vulnerabilidade é ampliada pelas características climáticas do estado, onde a disponibilidade hídrica é limitada e a agricultura depende fortemente das chuvas sazonais, que têm apresentado quedas significativas nas últimas décadas.

Com a redução das precipitações e o avanço da desertificação, os produtores rurais enfrentam dificuldades crescentes para manter a produtividade e a sustentabilidade de suas práticas, o que pode agravar ainda mais os indicadores socioeconômicos já frágeis da região. Este cenário se torna ainda mais perverso aos agricultores familiares do estado, que dependem, especialmente, da agricultura de subsistência em regime de sequeiro – como o cultivo de milho e feijão – estando estes sujeitos a uma produção e produtividade altamente variáveis, diretamente influenciadas pelas condições climáticas de cada ano (Suliano; Magalhães; Soares, 2009).

Neste contexto, foram determinados os impactos do risco climático na produção agrícola cearense, utilizando a relação entre clima e produção agrícola de subsistência, as quais foram determinadas, respectivamente, pela média histórica do Índice de Precipitação Pluviométrica do Estado do Ceará, calculada pela Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME), e pela produção, em toneladas por hectare, das duas principais culturas de subsistência, milho e feijão (Ferreira; Lopes; Nery, 2021; Albuquerque; Castro; Assunção, 2023).

Quando comparadas, observa-se uma associação direta entre a média de precipitação e a produção agrícola de subsistência ao longo dos anos (Figura 10), evidenciando como as variações pluviométricas influenciam diretamente a produtividade agrícola de subsistência no Ceará. Nota-se que, nos períodos em que a precipitação é mais alta, como nos anos de 1994, 2008 e 2011, há um aumento significativo na produção de subsistência, destacando a dependência do regime de chuvas para a manutenção da atividade agrícola familiar. Por outro lado, em anos de seca prolongada, como em 1990, 1998 e entre 2012 e 2016, observa-se uma queda drástica na produção, refletindo o impacto adverso das condições climáticas irregulares sobre a agricultura de sequeiro.

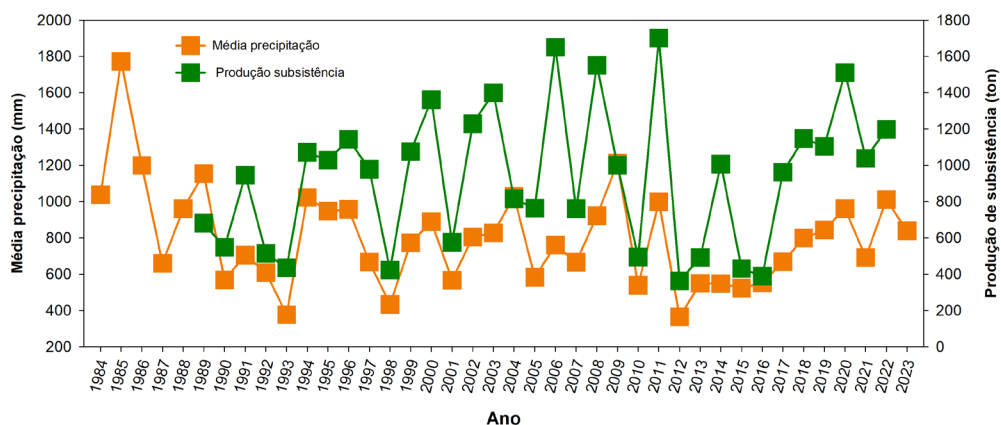


Figura 10 – Culturas de subsistência em relação à precipitação, Ceará, 1989-2022
 Fonte: Funceme (2020) e IBGE (2023).

Identificada a associação entre a produção das culturas de subsistência e o nível de precipitação, buscou-se evidenciar, em seguida, a sensibilidade da produtividade aos choques climáticos, como a redução média da precipitação das chuvas. A Figura 11, a seguir, ilustra como a produtividade de culturas de subsistência, como feijão e milho, é impactada por variações no volume de chuva no estado¹. Para evidenciar a sensibilidade, os resultados da regressão indicam que, para cada aumento de 10% na precipitação, ocorre uma elevação média de 3% na produtividade agrícola (kg/ha), evidenciando a dependência da agricultura de sequeiro em relação à disponibilidade hídrica.

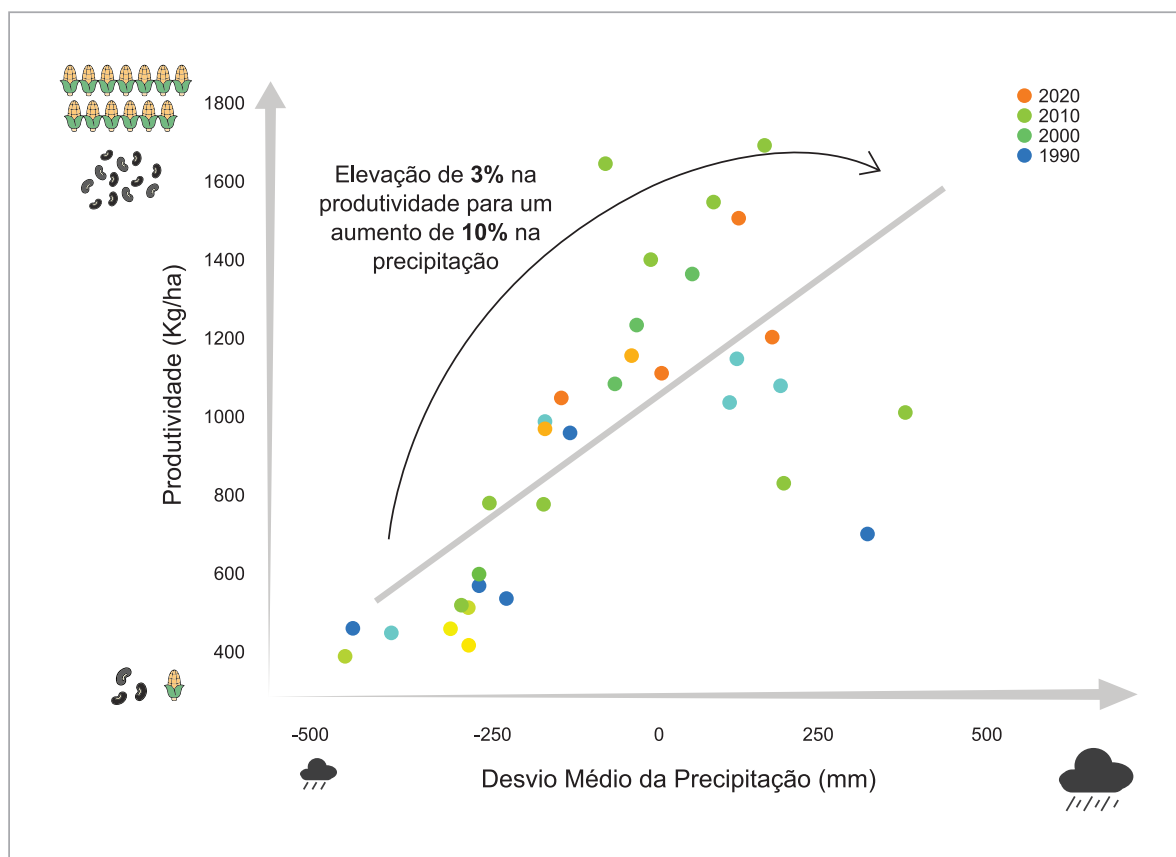


Figura 11 – Sensibilidade das culturas de subsistência à precipitação média
 Fonte: Funceme (2020) e do IBGE (2023).

¹ No presente estudo, o gráfico de sensibilidade foi construído com base nos estudos de Albuquerque, Castro e Assunção (2023), o qual demonstra o resultado de uma regressão com dados em painel, cuja variável dependente foi log da produtividade das culturas de subsistência e a variável independente foi o log de precipitação dos municípios cearenses, tendo como controles de efeitos-fixo o município e o ano.

Desse modo, a sensibilidade da produção agrícola de subsistência e o risco climático nos municípios cearenses evidenciam a vulnerabilidade das populações que dependem diretamente do regime de chuvas para sua sobrevivência. Diante disso, é imprescindível adotar medidas que priorizem a redução da exposição aos efeitos das mudanças climáticas, fortalecendo a capacidade adaptativa dos agricultores e promovendo a diversificação de atividades econômicas.

8.3 Índice de Vulnerabilidade Socioeconômica dos Municípios do Ceará

O levantamento das vulnerabilidades foi criado para ajudar o estado a se preparar e se adaptar às mudanças climáticas. Através de uma metodologia baseada na literatura acadêmica (Câmara et al., 2020; 2021; Silva et al., 2022), avaliou-se três pontos principais: as ameaças, os riscos e a resiliência. Foi desenvolvido, portanto, uma metodologia, adaptada de Câmara et al (2022), que busca soluções para garantir que o Ceará, suas cidades e seu povo se tornem mais fortes frente aos desafios do clima. O levantamento das vulnerabilidades é uma ferramenta estratégica para melhorar a resiliência de todos, principalmente das populações mais vulneráveis. Portanto, o indicador seguiu a seguinte fórmula:

$$VSE = (A*0,5) + (R*0,5) - RL$$

Onde:

VSE = vulnerabilidade socioeconômica dos municípios (dado em %);

A = nível de ameaça (Variando de 0 a 100%);

R = nível de risco (Variando de 0 a 100%);

RL = nível de resiliência (Variando de 0 a 100%).

Assim, a ameaça e o risco representam a primeira metade dos valores do indicador, expondo o nível de sensibilidade da população dessas cidades aos danos climáticos.

Enquanto a resiliência espelha a outra metade, demonstrando o nível de capacidade adaptativa da população das cidades cearenses às ameaças decorrentes das mudanças climáticas. Portanto, quanto maior o nível de resiliência das comunidades nos municípios cearenses, mais esse valor será deduzido do somatório entre risco e ameaça e, conseqüentemente, diminuindo o nível de sensibilidade dessas comunidades.

Em resumo:

- Ameaças e riscos mostram o quanto as cidades estão expostas aos danos causados pelas mudanças no clima, como a falta de água, a desertificação e os focos de calor.
- Resiliência, por outro lado, reflete a capacidade das comunidades de se adaptar e se proteger. Quanto maior a resiliência dos municípios, menos sensíveis elas ficam aos impactos climáticos.

A primeira dimensão de análise foi a Ameaça. Maiores detalhes sobre a construção do indicador estão no Apêndice I. Nessa dimensão, considerou-se as principais ameaças climáticas de acordo com as problemáticas de enfrentamento mais típicas da região no cômputo do indicador de vulnerabilidade socioeconômica, sendo ela a aridez, que é a falta de umidade na região, e o volume de chuvas, que afeta a quantidade de água disponível (dados coletados da FUNCEME, 2020, 2024). A desertificação, que é o processo de degradação das terras áridas, e os focos de calor, também são grandes preocupações (dados disponíveis, respectivamente, da COGERH de 2017, e do INPE de 2017).

Esses problemas estão todos interligados, e entender como eles afetam o Ceará ajuda a prevenir danos maiores no futuro.

Nesse sentido, essas variáveis (Apêndice I) foram selecionadas por sua relação direta com processos de desertificação, seca e incêndios, que agravam a vulnerabilidade da região. Para garantir comparabilidade, cada variável foi padronizada em uma escala percentual, variando de 0% (mínima ameaça) a 100% (máxima ameaça). No caso do volume de chuvas, como menor precipitação indica maior risco, os valores foram invertidos antes da padronização (ou seja, municípios com menos chuvas receberam percentuais mais altos e vice e versa).

O mesmo processo foi aplicado ao índice de aridez que na escala original indicava que quanto maior o indicador (100%), mais úmido era o município. Após a padronização, o indicador final de ameaça foi calculado como a média aritmética simples das quatro variáveis, resultando em um valor único entre 0% e 100%. Quanto maior o percentual, maior a severidade da ameaça dos eventos no município. De forma similar, o mesmo tratamento foi aplicado na mensuração do risco e da resiliência. As variáveis que compõem esses dois componentes (Apêndice I) também foram selecionadas com base em sua relevância teórica e empírica para o contexto socioambiental da região. Assim como no caso da ameaça, cada variável foi padronizada para uma escala percentual de 0% (menor risco ou maior resiliência) a 100% (maior risco ou menor resiliência).

Nos casos em que valores mais altos representavam melhores condições (por exemplo, cobertura de assistência social ou escolarização), os dados foram invertidos antes da padronização, de modo a garantir coerência interpretativa entre todas as variáveis. Por fim, os índices compostos de risco e resiliência foram calculados por meio da média aritmética simples de suas respectivas variáveis padronizadas, resultando em indicadores percentuais entre 0% e 100%.

A boa notícia é que, ao melhorar a resiliência das comunidades, consegue-se reduzir os impactos dessas ameaças. Ou seja, com mais preparação e ações concretas, o Ceará pode se tornar mais forte e capaz de enfrentar esses desafios climáticos. Na Figura 12, pode-se ver um mapa que mostra as áreas mais afetadas por essas ameaças no estado, destacando os municípios que precisam de mais atenção e recursos para se adaptarem às mudanças climáticas.

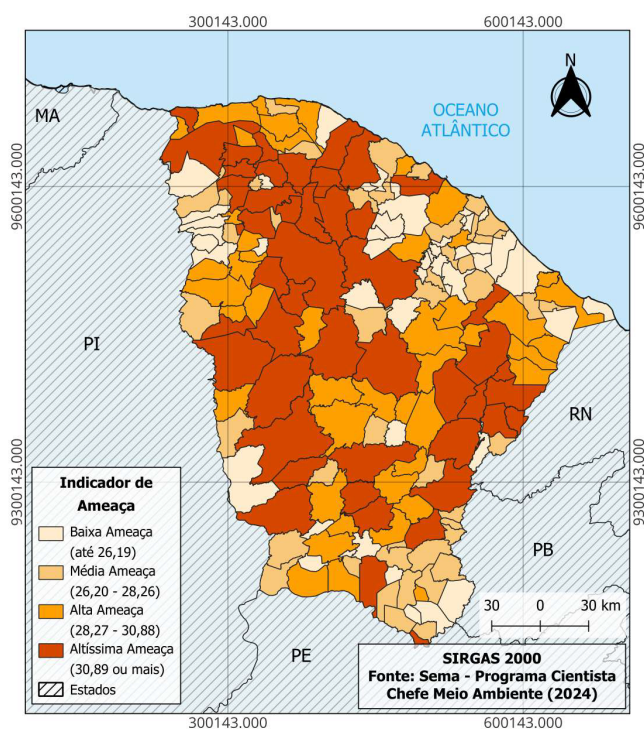


Figura 12 – Índice de concentração de ameaças climáticas dos municípios no estado do Ceará
 Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

O levantamento das vulnerabilidades identifica municípios mais ameaçados pelas mudanças climáticas, ajudando a entender onde o impacto é mais forte e onde é necessário agir com urgência. De acordo com o índice, Moraújo se destaca, com o maior índice de ameaças climáticas (61,7%), seguido por Sobral (55,6%), Santana do Acaraú (54,4%), Catunda (53,9%) e Miraíma (53%). Essas cidades estão localizadas principalmente no Sertão de Sobral e enfrentam sérios desafios ambientais, como a degradação das terras, que aumenta a vulnerabilidade aos efeitos de secas e enchentes. Quanto mais degradada a área, mais difícil se torna enfrentar eventos climáticos extremos e adaptar-se a eles. Por outro lado, alguns municípios apresentam uma menor concentração de ameaças, como Guaramiranga (18,1%) e Ibiapina (18,9%), que estão em regiões menos afetadas pela degradação ambiental, como o Maciço de Baturité e a Serra da Ibiapaba.

Essa diferença entre os municípios mostra a necessidade urgente de ações de preservação ambiental. Melhorar a qualidade do solo e da água nas regiões mais vulneráveis é essencial para aumentar a resiliência das comunidades e garantir que elas possam enfrentar as mudanças climáticas com mais segurança.

Além das ameaças ambientais, este levantamento também considera os riscos sociais, econômicos e políticos. Maiores detalhes sobre a construção do indicador estão no Apêndice I. Isso inclui o risco de escassez de água, o saneamento básico inadequado, a desigualdade social e o impacto de desastres naturais, como secas e alagamentos. As cidades com alta concentração de riscos, como falta de infraestrutura e recursos, estão ainda mais expostas aos efeitos das mudanças climáticas.

Este indicador incorpora oito variáveis socioambientais objetivas e 22 indicadores de percepção de Risco. As oito variáveis quantitativas selecionadas abrangem diferentes dimensões de risco: saneamento básico, condições habitacionais e fatores socioeconômicos. Complementando estas informações objetivas, o indicador incorpora ainda 22 variáveis coletadas através de questionários aplicados aos gestores municipais no âmbito da MUNIC. Esses dados que compõem o próximo indicador (Figura 13) foram extraídos do Censo de 2020 (IBGE, 2020), assim como MUNIC (2020), Atlas Brasil (2020), DATASUS (2020).

O levantamento das vulnerabilidades do Ceará revela quais municípios estão mais expostos a riscos climáticos e como fatores sociais, econômicos e políticos influenciam essa vulnerabilidade. Os municípios com os maiores níveis de risco incluem Jardim (47,3%), Itapagé (46,8%), Amontada (46,7%), Jucás (45,9%) e Caririáçu (45,2%). Essas cidades enfrentam uma combinação de desafios, como falta de infraestrutura, desigualdade social e instabilidade econômica, que aumentam a dificuldade de lidar com as mudanças climáticas.

Em contraste, alguns municípios têm mostrado um cenário mais favorável, como Jaguaribara (13,9%), Quixelô (14%), Sobral (15%), Icó (18,2%) e Pacoti (18,5%). Esses locais, embora enfrentem desafios climáticos, possuem um ambiente mais forte em termos de coesão social, governança e infraestrutura, o que ajuda a reduzir os impactos das mudanças climáticas. Sobral, por exemplo, se destaca por ter um alto nível de ameaça climática, mas compensa com uma maior estabilidade social e econômica, o que melhora sua capacidade de adaptação. Já Pacoti está em uma posição ainda mais vantajosa, com baixos índices tanto de ameaças quanto de riscos, criando um ambiente seguro e resiliente para seus moradores.

As regiões mais críticas incluem o Sertão dos Crateús, o Sertão de Sobral e o Litoral Oeste – Vale do Curu. Essas áreas enfrentam desafios como desertificação e secas prolongadas, além de possuírem infraestrutura e serviços básicos mais limitados. Isso aumenta a vulnerabilidade das comunidades locais, tornando-as mais suscetíveis aos impactos climáticos. A falta de investimentos adequados em prevenção e a gestão de riscos agravam ainda mais a situação dessas regiões.

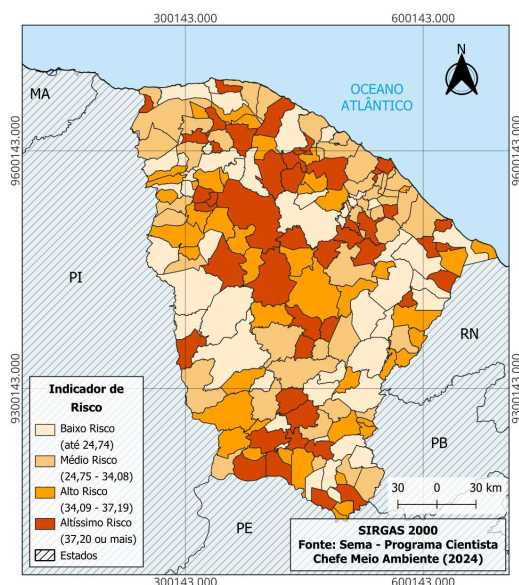


Figura 13 – Índice de concentração de riscos dos municípios no estado do Ceará
 Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

O levantamento das vulnerabilidades do Ceará também avalia a resiliência dos municípios, levando em consideração fatores como a economia local, a cobertura vegetal e as ações políticas para combater e se adaptar às mudanças climáticas. Maiores detalhes sobre a construção do indicador estão no Apêndice I. Essas variáveis políticas foram extraídas das categorias Meio Ambiente e Gestão de Riscos e de Desastres da base de dados da MUNIC (2020). Por outro lado, as variáveis socioeconômicas estão dispostas no Atlas Brasil (2020) e a de cobertura vegetal no MapBiomias (2024). Municípios que possuem melhores condições econômicas, maior proteção ambiental e políticas públicas mais eficazes, estão mais preparados para enfrentar as adversidades do clima e se recuperar rapidamente quando enfrentam eventos extremos, como secas ou enchentes. A construção do indicador partiu da seleção de cinco variáveis quantitativas, assim como variáveis qualitativas, as quais investigam a existência concreta de políticas públicas e estruturas institucionais que promovem a resiliência. Enquanto as variáveis quantitativas tinham escalas diversas (Apêndice I), as qualitativas eram dicotômicas (sim/não) abrangem desde a existência de planos municipais de mudança climática até a implementação de programas sociais específicos. A seguir, na Figura 14, pode-se observar a variação do indicador conforme os municípios do estado.

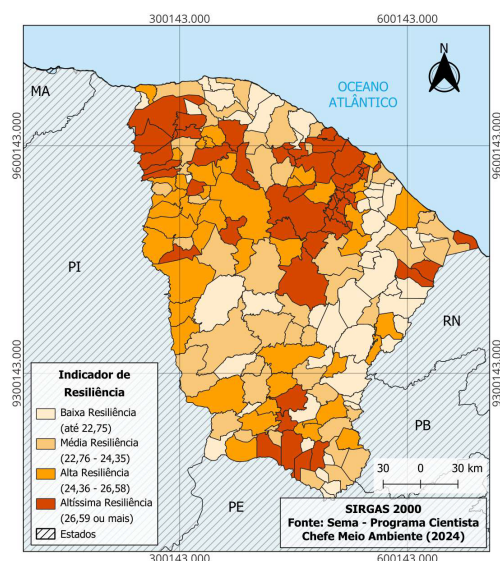


Figura 14 – Índice de resiliência dos municípios no estado do Ceará
 Fontes: Os autores
 Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

No Ceará, Pacoti é um excelente exemplo de resiliência. A cidade se destaca por ter baixos riscos e ameaças, além de uma forte capacidade de se adaptar e se recuperar. Isso significa que Pacoti tem boas estratégias e recursos para lidar com crises, sejam elas sociais, econômicas ou climáticas (Câmara *et al.*, 2020; 2021; Silva *et al.*, 2022). A cidade investe em políticas públicas eficazes, tem infraestrutura sólida e uma comunidade engajada, o que a torna mais estável e segura para os seus moradores (Beck; Giddens, 2001; Silva *et al.*, 2022). Esse ambiente favorável também atrai investimentos e turistas, impulsionando o crescimento econômico da região. Pacoti está pronta para enfrentar os desafios do futuro e serve como exemplo para outras cidades do estado.

Já Jijoca de Jericoacoara, um dos destinos turísticos mais conhecidos do Ceará, enfrenta dificuldades com sua resiliência. Embora seja famosa mundialmente, a cidade depende muito do turismo, o que a torna vulnerável a flutuações, como a baixa temporada ou crises globais (Korstanje, 2011). Durante esses períodos, a economia local sofre, afetando empregos e a renda das famílias (Câmara *et al.*, 2020; 2021; Silva *et al.*, 2022). Além disso, o crescimento do turismo tem pressionado a infraestrutura da cidade, sobrecarregando estradas, serviços de saúde e saneamento (Korstanje, 2011).

Outro problema é a gentrificação, processo de transformação de áreas urbanas que leva ao encarecimento do custo de vida, onde os preços altos de imóveis e serviços forçam os moradores a se mudar, o que prejudica a identidade cultural e a coesão da comunidade. Sem uma estratégia eficaz de resiliência, Jijoca também enfrenta danos ambientais devido ao aumento de resíduos e à degradação das áreas naturais, essenciais para o turismo (Korstanje, 2011; Silva *et al.*, 2022). Esses fatores, combinados com a falta de investimentos em diversificação econômica e educação, tornam a cidade ainda mais dependente do turismo, criando um ciclo difícil de quebrar (Korstanje, 2011; Beck; Giddens, 2001).

Diante disso, é urgente que Jijoca de Jericoacoara adote estratégias para melhorar sua resiliência. Investir em desenvolvimento sustentável, melhorar a infraestrutura e promover políticas públicas que diversifiquem a economia e garantam qualidade de vida tanto para os moradores quanto para os turistas. Essas ações não apenas protegerão a cidade de futuras crises, mas também garantirão seu crescimento de forma equilibrada e sustentável.

Com base em todas essas análises, foi aplicado o indicador de vulnerabilidade socioeconômica (VSE) dos municípios do Ceará (Figura 15), que mostra a preparação das cidades em relação às mudanças climáticas e ajuda o governo a planejar ações para proteger as populações e promover um desenvolvimento mais seguro e sustentável para todos.

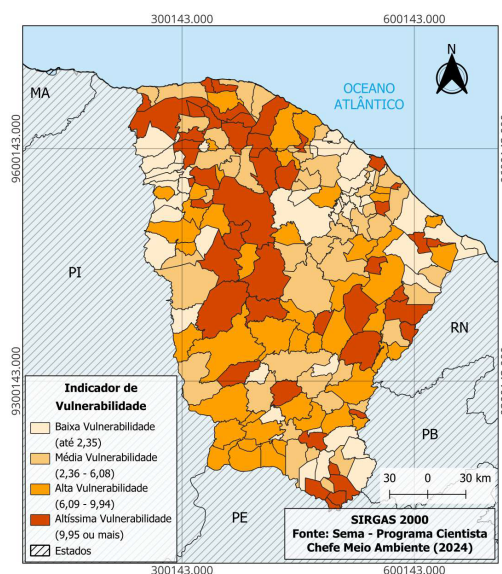


Figura 15 – Indicador de vulnerabilidade dos municípios no estado do Ceará
Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

Alguns municípios enfrentam maiores desafios devido à sua vulnerabilidade a eventos climáticos extremos, como secas, chuvas fortes ou crises sociais. Entre os municípios mais vulneráveis estão Amontada (25,8%), Moraújo (22,6%), Miraíma (21,2%), Potiretama (21%) e Penaforte (20,2%). Mais informações estão disponíveis no Apêndice I.

Essas cidades estão em áreas que enfrentam altos riscos e ameaças, como secas prolongadas ou inundações. Amontada, por exemplo, já é uma das cidades mais afetadas por esses problemas, e a combinação de alta vulnerabilidade e risco significa que a população local pode sofrer mais com essas adversidades. Moraújo, com as maiores ameaças climáticas, está ainda mais exposta e precisa de apoio urgente para reduzir esses riscos. Miraíma, além de ser um dos municípios mais ameaçados, também enfrenta essa combinação de fatores, o que exige ações imediatas para garantir a segurança e qualidade de vida dos moradores.

Em paralelo aos resultados do Índice Municipal de Alerta (IMA), instrumento de orientação elaborado pelo Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE, 2021), o qual também busca avaliar o nível de vulnerabilidade dos municípios do estado do Ceará, observa-se que os resultados variam entre as colocações dos municípios de maior vulnerabilidade. A seguir (Tabela 1), pode-se observar os 20 municípios de maior vulnerabilidade conforme o IMA e nosso indicador de vulnerabilidade socioeconômica (VSE). Conforme o IMA, nota-se que as regiões de planejamento mais vulneráveis foram: Centro Sul (7 municípios), Sertão Central (5 municípios) e Cariri (2 municípios). Já de acordo com o VSE, temos: Vale do Jaguaribe (5 municípios), Sertão de Sobral (4 municípios) e Litoral Oeste / Vale do Curu (3 municípios).

A diferença entre os índices de vulnerabilidade do IMA e do VSE está nas metodologias que cada um utiliza e nos fatores que cada indicador prioriza. O IMA foca principalmente em 12 indicadores ambientais, como o clima e a exposição a desastres naturais. Embora esse índice seja útil para entender as condições locais, ele não leva em consideração questões sociais, econômicas e políticas, que também são essenciais para medir a resiliência das cidades.

Já o VSE adota uma abordagem mais ampla e inclui não só os fatores ambientais, mas também aspectos sociais, econômicos e políticos. Isso permite uma visão mais detalhada e precisa dos desafios enfrentados pelas cidades, considerando sua capacidade de adaptação e recuperação em momentos de crise. O VSE destaca a importância de como as cidades podem se preparar para futuros desafios, sendo um indicador não apenas do presente, mas também da resiliência a longo prazo.

Quando comparamos os municípios de menor vulnerabilidade em ambos os indicadores, vemos algumas diferenças interessantes. No IMA, as regiões menos afetadas são: Grande Fortaleza (10 cidades), Serra da Ibiapaba (6 cidades) e Maciço de Baturité (2 cidades). Já no VSE, as áreas com menos vulnerabilidade são: Maciço de Baturité (6 cidades), Grande Fortaleza (5 cidades) e Serra da Ibiapaba (3 cidades).

Essas comparações ajudam a entender melhor as diferentes abordagens dos indicadores e como eles podem orientar ações mais eficazes para reduzir a vulnerabilidade e aumentar a resiliência das cidades cearenses.

Os dados mostram uma grande convergência entre os municípios de menor vulnerabilidade identificados pelos dois indicadores (Tabela 2). Dos 20 municípios menos vulneráveis, 9 aparecem nas listas de ambos os índices, o que indica que esses lugares têm características em comum que os tornam mais resilientes e com melhores condições de vida. Os municípios que aparecem nas duas listas são: Eusébio, Guaraciaba do Norte, São Benedito, Pacatuba, Maranguape, Palmácia, Tianguá, Caucaia e Pacoti.

Tabela 1 – Comparação entre os 20 municípios de maior vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento

Comparação entre os 20 municípios de maior vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento.						
Nº	MUNICÍPIO	IMA	REGIÃO DE PLANEJAMENTO	MUNICÍPIO	VSE	REGIÃO DE PLANEJAMENTO
01	Independência	0,8480	Sertão dos Crateús	Amontada	25,7755	Litoral Oeste / Vale do Curu
02	Milhã	0,7859	Sertão Central	Moraújo	22,6467	Sertão de Sobral
03	Acopiara	0,7742	Centro Sul	Miraíma	21,1545	Litoral Oeste / Vale do Curu
04	Baixio	0,7727	Centro Sul	Potiretama	20,9873	Vale do Jaguaribe
05	Itatira	0,7684	Sertão de Canindé	Penaforte	20,2182	Cariri
06	Quiterianópolis	0,7616	Sertão dos Inhamuns	São João do Jaguaribe	20,0663	Vale do Jaguaribe
07	Umari	0,7609	Centro Sul	Santana do Acaraú	19,9275	Sertão de Sobral
08	Pedra Branca	0,7552	Sertão Central	Irauçuba	19,8752	Litoral Oeste / Vale do Curu
09	Saboeiro	0,7512	Centro Sul	Santa Quitéria	19,0794	Sertão dos Crateús
10	Catarina	0,7438	Centro Sul	Alto Santo	18,9317	Vale do Jaguaribe
11	Ibicuitinga	0,7373	Sertão Central	Pindoretama	18,3038	Grande Fortaleza
12	Ipaumirim	0,7343	Centro Sul	Catunda	17,1516	Sertão de Crateús
13	Carnaubal	0,7336	Serra da Ibiapaba	Tamboril	16,9918	Sertão dos Crateús
14	Senador Pompeu	0,7299	Sertão Central	Jaguaribe	16,6299	Vale do Jaguaribe
15	Icó	0,7264	Centro Sul	Arneiroz	16,5375	Sertão dos Inhamuns
16	Choró	0,7240	Sertão Central	Independência	16,5374	Sertão dos Crateús
17	Antonina do Norte	0,7194	Cariri	Jaguaretama	16,5370	Vale do Jaguaribe
18	Itapiúna	0,7174	Maciço de Baturité	Senador Sá	16,1694	Sertão de Sobral
19	Mucambo	0,7163	Sertão de Sobral	Pacujá	16,0621	Sertão de Sobral
20	Campos Sales	0,7162	Cariri	Cruz	15,8922	Litoral Norte

Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

Além disso, as regiões de planejamento menos afetadas também estão alinhadas nos dois indicadores. As áreas como Grande Fortaleza, Serra da Ibiapaba e Maciço de Baturité, que aparecem nas listas de menor vulnerabilidade, geralmente têm infraestrutura mais desenvolvida, acesso a serviços essenciais e melhores condições de habitação e emprego. Esses fatores ajudam a garantir uma menor vulnerabilidade e são reconhecidos por ambos os indicadores.

Essa convergência acontece porque, independentemente das variáveis analisadas, há um consenso sobre as regiões que têm as melhores condições de vida e, por isso, estão menos expostas a riscos socioeconômicos e ambientais. Isso também reflete a presença de políticas públicas eficazes e investimentos em desenvolvimento social e econômico, que contribuem para tornar essas regiões mais resilientes. Assim, os diferentes índices, com suas abordagens distintas, acabam chegando a resultados semelhantes quando se trata das regiões mais favorecidas no estado.

Em síntese, o VSE pode ser uma ferramenta extremamente útil e estratégica para a definição de políticas públicas no estado do Ceará, especialmente quando se trata de alocação de recursos e identificação de regiões prioritárias.

Tabela 2 – Comparação entre os 20 municípios de menor vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento

Comparação entre os 20 municípios de menor vulnerabilidade do estado do Ceará no IMA e no VSA e suas respectivas regiões de planejamento.						
Nº	MUNICÍPIO	IMA	REGIÃO DE PLANEJAMENTO	MUNICÍPIO	VSE	REGIÃO DE PLANEJAMENTO
01	Ibiapina	0,2962	Serra da Ibiapaba	Pacoti	-12,6972	Maçico de Baturité
02	Fortaleza	0,3773	Grande Fortaleza	Redenção	-11,6584	Maçico de Baturité
03	Ubajara	0,3837	Serra da Ibiapaba	São Gonçalo do Amarante	-9,2649	Grande Fortaleza
04	Eusébio	0,3863	Grande Fortaleza	Guaramiranga	-9,0775	Maçico de Baturité
05	Barroquinha	0,4070	Litoral Norte	Aratuba	-6,2416	Maçico de Baturité
06	Guaraciaba do Norte	0,4106	Serra da Ibiapaba	Tianguá	-6,0388	Serra da Ibiapaba
07	Maracanaú	0,4272	Grande Fortaleza	Mulungu	-5,9908	Maçico de Baturité
08	Viçosa do Ceará	0,4584	Serra da Ibiapaba	Paramoti	-4,9994	Sertão de Canindé
09	Aquiraz	0,4656	Grande Fortaleza	Palmácia	-4,3501	Maçico de Baturité
10	São Benedito	0,4696	Serra da Ibiapaba	Baturité	-3,7463	Maçico de Baturité
11	Pacatuba	0,4744	Grande Fortaleza	Guaraciaba do Norte	-3,1120	Serra da Ibiapaba
12	Itaitinga	0,4764	Grande Fortaleza	Limoeiro do Norte	-2,7403	Vale do Jaguaribe
13	Maranguape	0,4839	Grande Fortaleza	Granjeiro	-2,6281	Cariri
14	Palmácia	0,4857	Maçico de Baturité	Pacatuba	-2,5074	Grande Fortaleza
15	Tianguá	0,4875	Serra da Ibiapaba	Barbalha	-2,4055	Cariri
16	Paracuru	0,4888	Grande Fortaleza	São Benedito	-2,3428	Serra da Ibiapaba
17	Caucaia	0,4905	Grande Fortaleza	Caucaia	-1,7274	Grande Fortaleza
18	Pindoretama	0,4905	Grande Fortaleza	Maranguape	-1,3317	Grande Fortaleza
19	Pacoti	0,4934	Maçico de Baturité	Alcântaras	-1,0391	Sertão de Sobral
20	Uruburetama	0,4968	Litoral Oeste / Vale do Curu	Eusébio	-0,8877	Grande Fortaleza

Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

Com a ajuda do VSE, o governo pode identificar regiões que precisam de políticas específicas, como o Centro-Sul e o Sertão Central, que estão entre as mais vulneráveis. Com isso, programas de ajuda emergencial, capacitação ou recursos financeiros podem ser implementados nessas regiões para combater a vulnerabilidade social, econômica e ambiental. O VSE ajuda, portanto, a entender as particularidades locais, permitindo que políticas públicas sejam adaptadas às necessidades específicas de cada região.

O índice também considera a resiliência, ou seja, a capacidade das comunidades de se recuperarem de crises. Com isso, o VSE pode orientar a criação de programas de fortalecimento de resiliência em áreas identificadas com baixo índice de resiliência. Isso poderia incluir: ensinar as populações mais vulneráveis a como lidar com desastres naturais e crises sociais, assim como criar e apoiar redes de solidariedade e iniciativas comunitárias que aumentem a coesão social e melhorem a capacidade de resposta a emergências.

O VSE permite que as políticas públicas sejam monitoradas ao longo do tempo. O índice pode ser atualizado regularmente para observar as mudanças nas condições dos municípios, permitindo ajustes rápidos nas políticas públicas, caso necessário. Se uma região que anteriormente era menos vulnerável se torna mais vulnerável devido a mudanças climáticas ou outros fatores, o índice ajudaria a reorientar os investimentos e os esforços para essa área.

Os dados do VSE podem influenciar a criação de legislações que busquem melhorar a qualidade de vida e reduzir as desigualdades regionais. O índice pode ser usado como base para políticas públicas que promovam a equidade social, como leis que garantam o acesso a direitos básicos, como educação, saúde e habitação de qualidade para as populações mais vulneráveis. O VSE pode também orientar a criação de políticas para mitigar riscos ambientais, como a desertificação, seca e erosão no Ceará. O VSE também pode ser utilizado para definir estratégias educacionais e programas de capacitação nas áreas mais vulneráveis. Municípios com baixo índice de resiliência podem ser priorizados em programas de formação de líderes comunitários, educação sobre mudanças climáticas e capacitação profissional para aumentar a empregabilidade e a adaptação da população local aos novos desafios econômicos e ambientais.

Comunidades

Tradicionais no Estado do Ceará



9. Comunidades Tradicionais no Estado do Ceará

As comunidades tradicionais do Ceará, como indígenas, quilombolas, sertanejos, ribeirinhos, além de ciganos, vaqueiros, rendeiros, artesãos e benzedeiros, possuem uma relação histórica e intrínseca com o ambiente e os ciclos climáticos da região. Vivendo em harmonia com a natureza há séculos, essas comunidades desenvolveram conhecimentos e práticas que são fundamentais para a sustentabilidade e resiliência frente às mudanças climáticas. Sua sabedoria, transmitida de geração em geração, representa uma fonte valiosa para o desenvolvimento de estratégias adaptativas no contexto do Levantamento das Vulnerabilidades Socioambientais do estado.

Os quilombolas, por exemplo, são descendentes de pessoas escravizadas que fugiram das fazendas e formaram comunidades autossuficientes em áreas rurais. Eles mantêm suas tradições e costumes, como a culinária, a música, a dança e as festas religiosas. Já os indígenas, que habitam principalmente a região do sertão central, preservam suas línguas e costumes ancestrais, como a produção de artesanato e o uso de ervas medicinais. Os pescadores artesanais são outra comunidade tradicional importante no estado do Ceará, especialmente nas regiões litorâneas. Eles utilizam técnicas de pesca ancestrais, como a pesca com jangadas, e mantêm um forte vínculo com o mar e a natureza. Os ciganos também são uma comunidade tradicional presente no estado e mantêm suas próprias tradições, como a música e a dança.

Além dessas, existem outras comunidades tradicionais no estado do Ceará, cada uma com sua própria história e tradições. Essas comunidades enfrentam desafios, como a falta de reconhecimento e respeito por suas culturas, a luta pela terra e pela preservação de seus modos de vida. Porém, é importante destacar a riqueza cultural e a importância dessas comunidades para a identidade e diversidade do estado.

No Estado do Ceará, são 14 os povos indígenas, espalhados por 18 municípios. Segundo um compilado de dados disponibilizado pela Funai, o Estado do Ceará possui 08 demarcações de terras indígenas, totalizando 69 aldeias, e apresenta 21.705 hectares de área protegida pela população tradicional. Dentre elas, 01 está classificada na modalidade Reserva Indígena e as outras 07 como Tradicionalmente Ocupada. Destaca-se ainda 2 terras indígenas tradicionalmente ocupadas com 107 aldeias que estão em estudo pela Funai.

Essas comunidades possuem saberes ancestrais que se conectam diretamente com o clima da região onde habitam. As práticas de manejo de solo e de cultivo utilizadas por essas comunidades são exemplos de como é possível viver em ambientes de alta variabilidade climática, como o semiárido cearense. O uso de técnicas como o plantio em curva de nível, os sistemas agroflorestais e a captação de água de chuva demonstra a capacidade dessas comunidades de se adaptar a períodos de seca e às variações sazonais típicas da região. Essas soluções não apenas contribuem para a subsistência dessas populações, mas também promovem a conservação do solo e da biodiversidade local.

Além disso, essas comunidades possuem uma visão integrada do ambiente, entendendo os ecossistemas como um todo interdependente. O manejo sustentável de recursos, como a vegetação nativa, os cursos de água e os recursos pesqueiros nas áreas costeiras, refletem o profundo conhecimento sobre o equilíbrio ambiental. Essa relação de respeito e cuidado com os recursos naturais é um exemplo importante de práticas que devem ser incorporadas em políticas públicas estaduais de mitigação da crise climática.

Por outro lado, as comunidades tradicionais são particularmente vulneráveis aos impactos das mudanças climáticas, como o aumento da frequência de secas prolongadas, o avanço da desertificação e a redução dos recursos hídricos, especialmente nas regiões mais áridas do Ceará. Além disso, as mudanças climáticas podem comprometer os sistemas tradicionais de produção de alimentos, afetando diretamente a segurança alimentar dessas populações. Essa vulnerabilidade ressalta a necessidade de incluir essas comunidades como protagonistas nas estratégias de mitigação e adaptação climática, respeitando suas necessidades e saberes. Dessa forma, essas comunidades devem ter voz ativa na implementação e no monitoramento das ações deste levantamento. Dentre essas ações, podemos citar a criação de fóruns de diálogo e o fortalecimento dos conselhos comunitários. A valorização do conhecimento tradicional será um diferencial para o sucesso das iniciativas, visto que essas comunidades desempenham um papel central na gestão de áreas sensíveis, como as zonas de transição entre a Caatinga e os demais biomas cearenses.

Estratégias

e Planos Para a Governança do Plano
Estadual de Mudanças do Clima no Ceará

10

10. Estratégias e Planos para a Governança do Plano Estadual de Mudanças do Clima no Ceará

A governança de um plano de adaptação e mitigação às mudanças climáticas exige a implementação de uma estrutura institucional robusta e participativa, capaz de coordenar ações de múltiplos setores e níveis de governo. A eficácia do plano depende da articulação entre os diferentes atores envolvidos na preservação ambiental, bem como da criação de instrumentos de gestão que assegurem a execução, o monitoramento e a avaliação contínua das iniciativas propostas.

Para o sucesso da implementação do futuro Plano Estadual de Mudanças do Clima no Ceará, torna-se necessário a reativação do Fórum Cearense de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e de Combate à Desertificação para o estabelecimento de um sistema de governança articulado em dois níveis: o estratégico e o executivo, articulado por meio de um Grupo de Trabalho no Fórum.

10.1 Estruturação de um Comitê Gestor e Executivo para o Plano Estadual de Mudanças do Clima

A governança do plano estadual deve basear-se em uma estrutura integrada e participativa, no âmbito do Fórum Cearense de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e de Combate à Desertificação, presidido pela Secretaria do Meio Ambiente e Mudança do Clima (SEMA), e composto por representantes do governo estadual, municípios, setor privado, comunidades tradicionais, Universidades, ONGs e sociedade civil organizada, bem como outras instituições de interesse para a implementação do Plano, como o Ministério Público do Estado do Ceará (MPCE), a Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará (ADECE) e a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE), conforme decreto regulamentar.

Ao Fórum Cearense de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e de Combate à Desertificação caberá estabelecer as normas complementares para a execução, atualização, revisão, avaliação e controle do Plano Estadual de Mudanças Climáticas. A SEMA, no nível estratégico, será responsável por coordenar e supervisionar a implementação das ações previstas no Plano, garantindo o alcance das metas de adaptação e mitigação, identificando vulnerabilidades específicas, buscando estratégias de adaptação adequadas às realidades regionais e promovendo colaborações para financiar e implementar projetos.

O nível executivo, composto pelas demais entidades, será responsável por articular e operacionalizar a implementação do Plano, além de assegurar o fluxo de dados e informações para o monitoramento, a comunicação e a transparência do processo.

Sugere-se que o nível Executivo seja subdividido em subcomitês temáticos, cada um voltado para áreas prioritárias, tais como:

- Mitigação e redução de emissões de gases de efeito estufa (GEE);
- Adaptação às mudanças climáticas e resiliência de comunidades vulneráveis;
- Conservação de ecossistemas e biodiversidade;
- Gestão de recursos hídricos e agrícolas.

A exemplo do Grupo Gestor do Plano ABC+CE, esses subcomitês terão o papel de monitorar ações específicas, propor ajustes em políticas públicas e coordenar esforços com órgãos municipais e regionais. A integração entre esses grupos será essencial para garantir que o plano seja implementado de forma coesa, sem duplicações de esforços.

Dessa forma, espera-se que a governança climática dos processos de tomada de decisão do Plano Estadual de Mudanças do Clima no Ceará – abrangendo a implementação, o monitoramento, a avaliação, a gestão de risco e a revisão periódica – seja participativa, paritária e transparente, com a participação de diversas partes interessadas e estar integrada às demais instâncias de governança do Sistema Estadual de Mudanças Climáticas.

10.2 Integração com Políticas Públicas Existentes

O *Levantamento das Vulnerabilidades Socioambientais para as Políticas de Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas* e o *Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC)* precisam estar plenamente integrados a outras políticas públicas já implementadas no estado, como os Planos de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos. Essa integração deve ser realizada de forma estratégica, garantindo que as ações sejam complementares e reforcem os objetivos de adaptação e mitigação das mudanças climáticas.

Além disso, a governança do PEMC deve estar alinhada com as metas nacionais e internacionais de combate às mudanças climáticas, como o Acordo de Paris, os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) e as metas estabelecidas no Fórum Estadual de Mudanças Climáticas, Biodiversidade e Combate à Desertificação (FCMC). A sinergia entre eles é fundamental para assegurar a coerência das políticas ambientais e o cumprimento dos compromissos globais.

10.3 Participação Social e Transparência

Um dos pilares da governança do PEMC deve ser a participação social. A inclusão das comunidades locais, especialmente aquelas diretamente afetadas pelas mudanças climáticas, como agricultores, pescadores e povos tradicionais, é fundamental para garantir que as soluções propostas sejam eficazes e ajustadas às realidades locais. Assim, essas comunidades poderão contribuir para os processos de tomada de decisão, contextualizando as discussões com opiniões e propostas baseadas em seus conhecimentos e experiências locais, ancestrais e tradicionais. Para isso, devem ser realizadas consultas públicas regulares, por meio de audiências, fóruns comunitários e plataformas digitais, onde a sociedade civil pode acompanhar o progresso e oferecer respostas e avaliações sobre as ações implementadas.

A transparência também é um elemento essencial na governança do PEMC. O Fórum deve garantir que todas as informações sobre o andamento do plano, incluindo relatórios de progresso, indicadores de desempenho e alocação de recursos, estejam publicamente disponíveis. A criação de um portal online de transparência climática permitirá que a sociedade civil acompanhe a implementação das ações e promova uma cultura de responsabilidade e prestação de contas.

10.4 Financiamento e Parcerias

Para garantir a viabilidade do PEMC, é crucial desenvolver um plano de financiamento robusto que possa ser obtido por meio de diversas fontes, incluindo:

- Orçamento estadual e municipal: recursos alocados diretamente pelo governo;
- Fundos nacionais e internacionais: como o Fundo Nacional sobre Mudança do Clima (FNMC) e recursos da Green Climate Fund;

- Parcerias público-privadas (PPP): sendo o setor privado um dos maiores emissores de gases de efeito estufa (GEE), o que significa que ações voltadas para a redução dessas emissões são componentes importantes da ação climática. Assim, deve-se incentivar empresas a participar de iniciativas de mitigação, como mudanças nos padrões de produção, alteração das matrizes energéticas (por exemplo, projetos de energia renovável) e melhoria da eficiência energética;
- Mecanismos de pagamento por serviços ambientais (PSA): uma estratégia importante para compensar comunidades que desempenham papel na preservação e conservação de ecossistemas, conforme legislação estadual.

Além disso, a formação de parcerias com ONGs e instituições internacionais de financiamento climático será essencial para garantir a continuidade dos projetos de longo prazo.

10.5 Monitoramento e Avaliação

O sucesso da governança PEMC dependerá de um sistema de monitoramento e avaliação contínuos, que permita acompanhar o cumprimento das metas estabelecidas e ajustar as estratégias conforme necessário. O Fórum deve desenvolver indicadores de desempenho claros, tanto quantitativos quanto qualitativos, para cada uma das ações previstas.

Esses indicadores devem incluir:

- Redução de emissões de GEE por setor (indústria, transporte, agricultura, etc.);
- Aumento da cobertura vegetal nativa em áreas prioritárias para restauração ecológica;
- Melhoria da resiliência hídrica em áreas suscetíveis à desertificação;
- Engajamento comunitário nas ações de adaptação e mitigação.

Relatórios devem ser elaborados e publicados, fornecendo um panorama detalhado dos avanços e desafios enfrentados, além de permitir que as metas sejam revisadas e ajustadas conforme necessário. A publicação desses relatórios, além de dar publicidade às ações do governo estadual, também proporcionará à sociedade a possibilidade de se articular para fortalecer a capacidade de resposta aos impactos das mudanças climáticas. Ademais, permitirá à população cobrar do governo do estado melhorias em questões consideradas prioritárias.

10.6 Capacitação e Educação Ambiental e Climática

O Plano Estadual de Mudanças Climáticas (PEMC) deve incorporar programas de capacitação para gestores públicos, técnicos ambientais e comunidades locais, promovendo o desenvolvimento de habilidades e conhecimentos necessários para enfrentar as mudanças climáticas de forma eficaz. A educação ambiental e climática é fundamental para sensibilizar a população e fomentar a participação ativa nas ações de preservação e mitigação climática.

Uma das formas de institucionalizar essa questão seria a criação de uma legislação que estabeleça um Programa integrado e continuado de Educação Ambiental e Climática, com foco nos impactos das mudanças climáticas no território das escolas. Dessa forma, seria possível garantir capacitações formais em educação ambiental e climática, com diretrizes específicas sobre a temática das mudanças do clima, destinadas a profissionais da Educação e ao público em geral.

Programas como o Agente Jovem Ambiental (AJA), já desenvolvido pela SEMA, podem ser ampliados para incluir mais jovens em ações de educação ambiental e climática, além de capacitação em técnicas de conservação, monitoramento e restauração ecológica. Outro exemplo é a integração das estratégias propostas no Plano ABC+CE nas ações de extensão rural. Além disso, parcerias com universidades e centros de pesquisa devem ser fortalecidas para garantir o acesso a tecnologias e inovações no enfrentamento das mudanças climáticas.

10.7. Governança Colaborativa e Interinstitucional

Por fim, a governança do PEMC deve ser colaborativa e interinstitucional, engajando diferentes setores do governo e da sociedade. A integração das secretarias estaduais como Desenvolvimento Agrário, Pesca e Aquicultura, Ciência, Tecnologia e Educação Superior, Recursos Hídricos, Igualdade Racial, Povos Indígenas e Infraestrutura com a SEMA é crucial para a articulação das políticas de adaptação e mitigação. O sucesso do PEMC dependerá da criação de uma rede de governança que assegure que todas as áreas políticas e econômicas estejam comprometidas com os objetivos de sustentabilidade e resiliência climática.

Além disso, a criação de fóruns periódicos que reúnam representantes de todas as esferas — governo, Universidade, setor privado e sociedade civil — será vital para promover uma governança participativa e coordenada. A cooperação interinstitucional fortalece a capacidade do estado de enfrentar os desafios ambientais e climáticos de forma integrada e eficiente.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A. C. F. et al. Business, biodiversity, and innovation in Brazil. *Perspectives in Ecology and Conservation*, v. 21, n. 1, p. 6–16, 2023.

ALBUQUERQUE, A.; CASTRO, P.; ASSUNÇÃO, J. Qual é o risco climático para os produtores rurais na Caatinga? Desafios para a transição rural justa. Rio de Janeiro: Climate Policy Initiative, 2023.

ALMEIDA, E.; MARENGO, J.; BORTOLOZO, L.; CUNHA, A. A new approach for assessing the drought risk management capacity at the municipal level in Brazil. *American Journal of Climate Change*, v. 12, p. 668–699, 2023. DOI: 10.4236/ajcc.2023.124029.

ALVES, C. C. E.; BEZERRA, L. M. A.; COSTA MATIAS, A. C. A importância da conservação/preservação ambiental da Floresta Nacional do Araripe para a região do Cariri–Ceará/Brasil. *Revista Geográfica de América Central*, v. 2, p. 1–10, 2011.

ANA. Relatório de conjuntura dos recursos hídricos no Brasil. Brasília: Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, 2023.

ARAUJO, H. F. et al. Human disturbance is the major driver of vegetation changes in the Caatinga dry forest region. *Scientific Reports*, v. 13, n. 1, p. 18440, 2023.

ATLAS BRASIL. Atlas de desenvolvimento humano no Brasil: retratamos o desenvolvimento humano sustentável e as desigualdades no Brasil, combinando dados de qualidade com formas amigáveis de visualização. 2020. Disponível em: www.atlasbrasil.org.br. Acesso em: 21 set. 2024.

BARBOZA, E. N.; CAIANA, C. R. A.; NETO, F. B. Análise da precipitação pluviométrica na Região do Centro–Sul Cearense: Um estudo do período (1980–2009). *Research, Society and Development*, v. 9, n. 6, p. 64, 2020.

BECK, U.; GIDDENS, A. Modernização reflexiva: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Unesp, 2001.

BPBES. 1º Diagnóstico Brasileiro de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos. Plataforma Brasileira de Biodiversidade e Serviços Ecossistêmicos, 2019.

BRANDÃO, R. L.; FREITAS, L. C. B. Geodiversidade do estado do Ceará. Programa Geologia do Brasil: levantamento da geodiversidade. Fortaleza: CPRM, 2014. 214 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano Setorial para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária 2020–2030: Plano Operacional. Brasília: Mapa/DEPROS, 2021.

BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. *International Journal of Climatology*, v. 38, n. 2, p. 517–529, 2018.

CÂMARA, S. F. et al. Socioeconomic vulnerability of communities on the Brazilian coast to the largest oil spill (2019–2020) in tropical oceans. *Ocean & Coastal Management*, v. 202, p. 105506, 2021.

- CÂMARA, S. F. et al. Vulnerabilidade socioeconômica à COVID-19 em municípios do Ceará. *Revista de Administração Pública*, v. 54, p. 1037–1051, 2020.
- CÂMARA, S. F. et al. Wicked multi-problems (COVID-19+ Oil Spill+ wildFires) in Brazil and their effects on socioeconomic vulnerability. *International Journal of Social Economics*, v. 49, n. 11, p. 1625–1642, 2022.
- CASTRO, C. N. Água, problemas complexos e o Plano Nacional de Segurança Hídrica. Rio de Janeiro: Ipea, 2022.
- CHADDAD, F. et al. Impact of mining-induced deforestation on soil surface temperature and carbon stocks: A case study using remote sensing in the Amazon rainforest. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 119, p. 103983, 2022.
- CHAZDON, R. L. Beyond deforestation: restoring forests and ecosystem services on degraded lands. *Science*, v. 320, p. 1458–1460, 2008. DOI: 10.1126/science.1155365.
- CLIMATE CHANGE AND LAND, an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems. Launched in August 2019.
- COMPANHIA DE GESTÃO DOS RECURSOS HÍDRICOS (COGERH). Atlas dos recursos hídricos do Ceará. 2017. Disponível em: i3geo.cogerh.com.br. Acesso em: 21 set. 2024.
- COSTA, I. R. D.; ARAÚJO, F. S. D. Organização comunitária de um enclave de cerrado sensu stricto no bioma Caatinga, chapada do Araripe, Barbalha, Ceará. *Acta Botanica Brasilica*, v. 21, p. 281–291, 2007.
- COSTANZA, R. et al. Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change*, v. 26, p. 152–158, 2014.
- DA SILVA, C. F. A. et al. Spatial modelling of deforestation-related factors in the Brazilian semi-arid biome. *International Journal of Environmental Studies*, v. 80, n. 4, p. 1021–1040, 2023.
- DATASUS. Índice de Gini da renda domiciliar per capita – Brasil. 2020. Disponível em: tabnet.datasus.gov.br. Acesso em: 21 set. 2024.
- DE LIRA AZEVÊDO, E. et al. How do people gain access to water resources in the Brazilian semiarid (Caatinga) in times of climate change? *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 189, p. 375, 2017. DOI: 10.1007/s10661-017-6087-z.
- DERPSCH, R. et al. Nature's laws of declining soil productivity and Conservation Agriculture. *Soil Security*, v. 14, p. 100127, 2024.
- ERCOLI, R. F.; MATIAS, V. R. D. S.; ZAGO, V. C. P. Urban expansion and erosion processes in an area of environmental protection in Nova Lima, Minas Gerais State, Brazil. *Frontiers in Environmental Science*, v. 8, p. 52, 2020.
- FERREIRA, F. E. P.; LOPES, J. R. F.; NERY, A. R. Análise espacial das tendências climáticas e sua influência na agricultura irrigada no Ceará, Brasil. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 29, p. 602–625, 2021.
- FIGUEREDO, M. A. Unidades Fitoecológicas. In: IPLANCE. Atlas do Ceará. Fortaleza: IPLANCE, 1997.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Áreas fortemente degradadas em processo de desertificação. 2017. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em: 17 out. 2024.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Índices de Aridez do Estado do Ceará. 2020. Disponível em: www.funceme.br. Acesso em: 02 dez. 2024.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS (FUNCEME). Calendário de chuvas. 2020. Disponível em: chuvas.funceme.br. Acesso em: 25 set. 2024.

HILLEL, D.; ROSENZWEIG, C. Desertification in relation to climate variability and change. *Advances in Agronomy*, v. 77, p. 1–38, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo Demográfico 2022. 2022. Disponível em: censo2022.ibge.gov.br. Acesso em: 21 set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Site do IBGE, 2021. Plataforma de informações das Cidades e Estados do Brasil. Disponível em: cidades.ibge.gov.br. Acesso em: 21 set. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Agrícola Municipal 2023: resultados preliminares. Rio de Janeiro: IBGE, 2023. Disponível em: <https://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 21 set. 2024.

INSTITUTO DE PESQUISA E ESTRATÉGIA ECONÔMICA DO CEARÁ (IPECE). Índice Municipal de Alerta (IMA): um instrumento para orientações preventivas sobre as adversidades climáticas do estado do Ceará 2021. 2021. Disponível em: www.ipece.ce.gov.br. Acesso em: 21 set. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). BDQueimadas. 2017. Disponível em: terrabrasilis.dpi.inpe.br. Acesso em: 23 set. 2024.

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE (IPCC). *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. 2021. Disponível em: www.ipcc.ch. Acesso em: 20 set. 2024.

IPBES. *Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science–Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services*. Bonn: IPBES secretariat, 2019.

IPCC. *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 2022.

KORSTANJE, M. E. A Review of “Tourism and Socio–environmental Effects” by J. O. Fonteles. São Paulo: Editora el Aleph, 2004. *Tourism Review International*, 2011.

LAURANCE, W. F. et al. A global strategy for road building. *Nature*, v. 513, n. 7517, p. 229–232, 2014.

LEAL, I. R. et al. Changing the course of biodiversity conservation in the Caatinga of Northeastern Brazil. *Conservation Biology*, v. 19, n. 3, p. 701–706, 2005.

MARENGO, J. A. et al. Assessing the impacts of climate change on rainfall extremes and water resources in the Northeast Brazil. *International Journal of Climatology*, v. 40, n. 3, p. 1499–1522, 2020.

- MEDEIROS, F. J.; OLIVEIRA, C. P.; AVILA-DIAZ, A. Evaluation of extreme precipitation climate indices and their projected changes for Brazil: From CMIP3 to CMIP6. *Weather and Climate Extremes*, v. 38, p. 100511, 2022.
- MELO, J. D. O. et al. A Caatinga: Um bioma exclusivamente brasileiro. *Ciência e Cultura*, v. 75, n. 4, p. 01-09, 2023.
- MONTENEGRO, S. M. G. L. Desertificação no Brasil: A exploração não planejada dos recursos naturais e as mudanças climáticas acarretam danos irreversíveis ao meio ambiente. *Ciência e Cultura*, v. 75, n. 4, p. 01-07, 2023.
- MORO, M. F. et al. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. *Rodriguésia*, v. 66, n. 1, p. 717-743, 2015. DOI: 10.1590/2175-7860201566305.
- MUNIC. Pesquisa de Informações Básicas Municipais. 2020. Disponível em: www.ibge.gov.br. Acesso em: 21 set. 2024.
- NÓBREGA, G. N. et al. The importance of blue carbon soil stocks in tropical semiarid mangroves: a case study in Northeastern Brazil. *Environmental Earth Sciences*, v. 78, p. 369, 2019.
- NUNES, L. F. C. V.; MEDEIROS, P. H. A. Análise histórica da severidade de secas no Ceará: efeitos da aquisição de capital hidráulico sobre a sociedade. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, v. 17, e18, 2020. DOI: 10.21168/rega.v17e18.
- OLIVEIRA, G. et al. Conserving the Brazilian semiarid (Caatinga) biome under climate change. *Biodiversity and Conservation*, v. 21, n. 11, p. 2913-2926, 2012.
- PAREDES-TREJO, F. et al. Impact of drought on land productivity and degradation in the Brazilian semiarid region. *Land*, v. 12, p. 954, 2023. DOI: 10.3390/land12050954.
- PBMC. Sumário Executivo: Impactos, Vulnerabilidades e Adaptação às Mudanças Climáticas. Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas, 2013.
- PEREIRA, A. P. A. et al. Grazing exclusion regulates bacterial community in highly degraded semiarid soils from the Brazilian Caatinga biome. *Land Degradation and Development*, v. 32, n. 6, p. 2210-2225, 2021.
- PEREIRA, G. R.; CUELLAR, M. D. Z. Conflitos pela água em tempos de seca no Baixo Jaguaribe, Estado do Ceará. *Estudos Avançados*, v. 29, n. 84, p. 115-137, 2015.
- PERLATTI, F. et al. Copper release from waste rocks in an abandoned mine (NE, Brazil) and its impacts on ecosystem environmental quality. *Chemosphere*, v. 262, p. 127843, 2021.
- PINÉO, T. R. G.; PALHETA, E. S. M. Levantamentos geológicos e integração geológica regional: Projeto mapa geológico e de recursos minerais do estado do Ceará – Escala: 1:500.000. Fortaleza: CPRM, 2021.

PINHEIRO, E. A. R.; DE JONG VAN LIER, Q.; FREIRE BEZERRA, A. H. Hydrology of a water-limited forest under climate change scenarios: The case of the Caatinga biome, Brazil. *Forests*, v. 8, n. 3, p. 62, 2017.

PROJETO MAPBIOMAS. Coleção [versão] da Série Anual de Mapas de Cobertura e Uso de Solo do Brasil. Acessado em [data] através do link: [LINK].

QIAN, Q.; ESLAMIAN, S. Impact of urbanization on flooding. In: ESLAMIAN, S. (Ed.). *Flood Handbook*. Boca Raton: CRC Press, 2022. p. 97-112.

RODRIGUES, B. D. et al. Uma análise sobre as chuvas no Ceará baseada nos eventos de El Niño, La Niña e no Dipolo do Servain durante a estação chuvosa. *Revista Brasileira de Climatologia*, v. 28, p. 507-519, 2021.

ROMERO, R. E.; FERREIRA, T. O. Morfologia e classificação dos solos predominantes no semiárido cearense. In: ANDRADE, E. M.; PEREIRA, O. J.; DANTAS, F. É. R. (Org.). *O semiárido e o manejo dos recursos naturais*. Fortaleza: Imprensa Universitária, 2010. p. 23-55.

SALERNO, F.; GAETANO, V.; GIANNI, T. Urbanization and climate change impacts on surface water quality: Enhancing the resilience by reducing impervious surfaces. *Water Research*, v. 144, p. 491-502, 2018.

SAMPAIO, E. V. S. B. Sustentabilidade agroecológica no semiárido. *Revista Brasileira de Agroecologia*, v. 5, n. 1, 2010.

SCHULZ, K. et al. Grazing, forest density, and carbon storage: towards a more sustainable land use in Caatinga dry forests of Brazil. *Regional Environmental Change*, v. 18, p. 1969-1981, 2018. DOI: 10.1007/s10113-018-1303-0.

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E MUDANÇA DO CLIMA (SEMA). Plano Estadual para Adaptação à Mudança do Clima e Baixa Emissão de Carbono na Agropecuária com vistas ao Desenvolvimento Sustentável (ABC+CE, 2020-2030). 2023. NÓBREGA, G. N. et al. (Ed.).

SENA, A. et al. Drought in the semiarid region of Brazil: Exposure, vulnerabilities and health impacts from the perspectives of local actors. *PLoS Currents*, v. 10, 2018.

SILVA, D. V. S.; CRUZ, C. B. M. Tipologias de Caatinga: uma revisão em apoio a mapeamentos através de sensoriamento remoto orbital e GEOBIA. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 35, p. 113-120, 2018. DOI: 10.11606/rdg.v35i0.142710.

SILVA, E. G. B.; OLIVEIRA, V. P. V. Identificação das áreas susceptíveis à desertificação no estado do Ceará: antecedentes cartográficos. *Revista Brasileira de Geografia Física*, v. 10, n. 4, p. 1269-1280, 2017.

SILVA, F. R. et al. Oil spill and socioeconomic vulnerability in marine protected areas. *Frontiers in Marine Science*, v. 9, p. 859697, 2022.

SILVA, F. R. et al. Machine learning application to assess deforestation and wildfire levels in protected areas with tourism management. *Journal for Nature Conservation*, v. 74, p. 126435, 2023.

SILVA, J. M. C. et al. Caatinga: The largest tropical dry forest region in South America. In: *The Handbook of South American Biodiversity*. 2011.

- SILVA, J. M. C. et al. The Caatinga: Understanding the Challenges. In: *Caatinga*. Cham: Springer, 2017. p. 3–19.
- SOUSA, W.; IRFFI, G.; ASEVEDO, M. Desmatamento da Mata Atlântica no estado do Ceará: análises da Curva de Kuznets Ambiental a partir de dados em painel, 2011 a 2017. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, v. 60, 2021.
- STRÍKIS, N. M. et al. Modern anthropogenic drought in Central Brazil unprecedented during last 700 years. *Nature Communications*, v. 15, p. 1728, 2024. DOI: 10.1038/s41467-024-45469-8.
- SULIANO, D. C.; MAGALHÃES, K. A.; SOARES, R. B. A influência do clima no desempenho da economia cearense. *IPECE, Texto para Discussão (56)*, 2009.
- VEIGA, S. F. et al. Climate change over South America simulated by the Brazilian Earth system model under RCP4.5 and RCP8.5 scenarios. *Journal of South American Earth Sciences*, v. 131, p. 104598, 2023.
- VIEIRA, R. D. S. P. et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. *Solid Earth*, v. 6, n. 1, p. 347–360, 2015.
- WORLD BANK GROUP. *Brazil Country Climate and Development Report. CCDR Series*. Washington DC: World Bank Group, 2023. Disponível em: [hdl.handle.net](https://hdl.handle.net/10969/12111). License: CC BY-NC 3.0 IGO.
- ZANELLA, M. E. As características climáticas e os recursos hídricos do Ceará. In: SILVA, J. B.; CAVALCANTE, T. C.; DANTAS, E. W. C. (Org.). *Ceará: um novo olhar geográfico*. 2. ed. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, 2007. v. 1.
- ZHANG, P. et al. Changes in soil physical and chemical properties following surface mining and reclamation. *Soil Science Society of America Journal*, v. 80, n. 6, p. 1476–1485, 2016.
- ZUQUETTE, L. V.; PEJON, O. J.; SANTOS COLLARES, J. Q. Land degradation assessment based on environmental geoindicators in the Fortaleza metropolitan region, state of Ceará, Brazil. *Environmental Geology*, v. 45, n. 3, p. 408–425, 2004.

Apêndice 1

O indicador de ameaça foi desenvolvido para avaliar o grau de risco de degradação em municípios, combinando quatro variáveis críticas: índice de aridez, concentração de focos de calor, percentual do território municipal desertificado e volume de chuvas. Essas variáveis (Tabela 1) foram selecionadas por sua relação direta com processos de desertificação, seca e incêndios, que agravam a vulnerabilidade da região.

Para garantir comparabilidade, cada variável foi padronizada em uma escala percentual, variando de 0% (mínima ameaça) a 100% (máxima ameaça). No caso do volume de chuvas, como menor precipitação indica maior risco, os valores foram invertidos antes da padronização (ou seja, municípios com menos chuvas receberam percentuais mais altos). O mesmo processo foi aplicado ao índice de aridez que na escala original indicava que quanto maior o indicador (100%), mais úmido era o município.

Após a padronização, o indicador final de ameaça foi calculado como a média aritmética simples das quatro variáveis, resultando em um valor único entre 0% e 100%. Quanto maior o percentual, maior a severidade da ameaça dos eventos no município.

Tabela 1 – Descrição das variáveis do indicador de Ameaça			
Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Índice de aridez	Percentual onde: 0 = “árido”; 100 = “úmido”.	Funceme (2020)	Escala em percentual invertida
Concentração dos focos de calor 2013-2017	Número de ocorrências por área	INPE (2017)	Percentual
Percentual do território do município desertificado	Área desertificada em hectares	COGERH (2017)	Área do município desertificada / total da área do município
Volume de chuvas	Milímetros	Funceme (2024)	Percentual de chuva no município (Escala invertida)

Tabela 1 – Descrição das variáveis do indicador de Ameaça
Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

O segundo indicador (Tabela 2), avaliação de risco, foi desenvolvido para avaliar de forma abrangente as vulnerabilidades dos municípios. Este indicador incorpora oito variáveis socioambientais objetivas e 22 indicadores de percepção de risco obtidos através da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC).

As oito variáveis quantitativas selecionadas abrangem diferentes dimensões de risco: saneamento básico, condições habitacionais e fatores socioeconômicos. Cada uma dessas variáveis foi cuidadosamente padronizada em uma escala percentual de 0% a 100%, onde valores mais altos indicam maior risco. Para garantir consistência, variáveis originalmente inversas (como acesso a serviços básicos) tiveram seus valores invertidos antes da padronização.

Complementando estas informações objetivas, o indicador incorpora ainda 22 variáveis coletadas através de questionários aplicados aos gestores municipais no âmbito da MUNIC. Estas variáveis, respondidas de forma dicotômica (sim/não), capturam a percepção local sobre a presença de diversos riscos ambientais e urbanos, como áreas propensas a deslizamentos e ocorrência frequente de alagamentos.

Tabela 2 – Descrição das variáveis do indicador de Risco

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Percentual da população urbana residente em domicílios ligados à rede de abastecimento de água	Percentual onde: 0 = "População totalmente desassistida"; 100 = "População totalmente abastecida".	Atlas Brasil (2020)	Escala em percentual invertida
Percentual da população urbana residente em domicílios ligados à rede de esgotamento sanitário	Percentual onde: 0 = "População totalmente desassistida"; 100 = "População totalmente abastecida".	Atlas Brasil (2020)	Escala em percentual invertida
Percentual de esgoto tratado	Percentual onde: 0 = "População totalmente desassistida"; 100 = "População totalmente abastecida".	Atlas Brasil (2020)	Escala em percentual invertida
Percentual de internações por doenças relacionadas ao saneamento ambiental inadequado	Percentual onde: 0 = "População totalmente desassistida"; 100 = "População totalmente assistida".	DATASUS (2020)	Escala em percentual invertida
Densidade demográfica	Nº habitantes por km2	Atlas Brasil (2020)	Percentual
Abastecimento de água: domicílio não possui ligação com a rede geral	Percentual	IBGE (2020)	Percentual
Domicílio não tinham banheiro nem sanitário	Percentual	IBGE (2020)	Percentual
Índice de Gini	Intervalo de 0 = "igualdade perfeita" a 1 = "desigualdade total".	Atlas Brasil (2020)	Percentual
Existem no município favelas, mocambos, palafitas ou assemelhados	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Existem no município cortiços, casas de cômodos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Existem no município loteamentos irregulares e/ou clandestinos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Existem no município ocupações de terrenos ou prédios por movimentos de moradia	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Condições climáticas extremas (secas, enxurradas)	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Poluição do ar	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Desmatamentos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Queimadas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Diminuição da biodiversidade (fauna e flora)	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Existência de moradia em situação de risco ambiental	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Impactos ambientais e/ou processos/ações de maior ocorrência: Falta de saneamento (destinação inadequada do esgoto doméstico)	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Seca: O município foi atingido pela seca nos últimos 4 anos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Tabela 2 – Descrição das variáveis do indicador de Risco
Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).

Para integrar estas informações diversas em um único indicador, transformou-se as respostas da MUNIC em um índice único, contando o número de riscos presentes (respostas "sim") e convertendo este valor para uma escala percentual. Posteriormente, esse índice foi somado as demais variáveis de risco e, então, o indicador final de risco resulta da média aritmética entre estes dois componentes – a média das variáveis quantitativas e o índice MUNIC. Valores mais próximos de 0% indicam municípios com baixa exposição a riscos, enquanto valores mais altos sinalizam situações de maior risco.

O indicador de resiliência (Tabela 3) municipal foi desenvolvido para mensurar a capacidade dos municípios brasileiros de enfrentar e se adaptar a desafios ambientais, econômicos e sociais. Esta ferramenta analítica combina dados objetivos sobre as condições municipais com informações qualitativas sobre a existência de políticas públicas.

A construção do indicador partiu da seleção de cinco variáveis quantitativas. A cobertura vegetal natural serve como base ecológica, refletindo a capacidade de proteção ambiental do território. Os indicadores econômicos – rendimento médio formal, PIB per capita e valor adicionado per capita – revelam a robustez financeira e produtiva do município. Já a participação da agropecuária no valor adicionado indica o grau de diversificação econômica.

Estas cinco variáveis foram padronizadas, sendo convertidas para uma escala percentual comum (0% a 100%). Nesta escala, 100% representa o cenário ideal de máxima resiliência para cada indicador. Para variáveis onde a relação com a resiliência era inversa (como alta dependência agropecuária), as escalas foram invertidas para garantir coerência na interpretação.

O componente qualitativo do indicador foi construído a partir de 62 questões da pesquisa MUNIC, que investigam a existência concreta de políticas públicas e estruturas institucionais de enfrentamento a riscos. Estas variáveis dicotômicas (sim/não) abrangem desde a existência de planos municipais de mudança climática até a implementação de programas sociais específicos, passando por infraestrutura crítica como sistemas de alerta precoce.

Os dados de respostas da MUNIC foram somados e transformados em um índice percentual, onde cada política existente contribui positivamente para o score final. Posteriormente esse índice foi somado as demais variáveis quantitativas agregadas no indicador. Portanto, o indicador final de resiliência completo resulta então da média aritmética entre estes dois eixos – condições estruturais e políticas públicas, reconhecendo que a ação institucional é determinante para a resiliência efetiva. O resultado final, portanto, variava de 0 a 100 pontos, onde quanto maior o indicador, maior o nível de resiliência do município.

Tabela 3 – Descrição das variáveis do indicador de Resiliência

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Percentual de cobertura vegetal natural	Percentual da área total do território com vegetação nativa preservada	MapBiomass (2024)	Percentual
Rendimento médio no setor formal	Valor médio mensal (R\$) recebido por trabalhadores com vínculo formal de emprego	Atlas Brasil (2020)	Percentual
Produto Interno Bruto per capita	Valor médio anual (R\$) da produção de bens e serviços por habitante	Atlas Brasil (2020)	Escala em percentual invertida
Valor Adicionado per capita	Percentual onde: 0 = "População totalmente desassistida"; 100 = "População totalmente assistida".	Atlas Brasil (2020)	Escala em percentual invertida
Participação da Agropecuária no Valor Adicionado	Percentual (%) do valor gerado pela agropecuária no total da economia local	Atlas Brasil (2020)	Percentual
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre saneamento básico	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre área e/ou zona de proteção ou controle ambiental	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre poluição do ar	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre fauna silvestre	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre florestas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre proteção à biodiversidade	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Legislação ou instrumento de gestão ambiental existente no município sobre adaptação e mitigação de mudança do clima	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Construção de cisternas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Construção de açudes	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Construção de barragens	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Construção de poços	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Revegetação	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Incentivo público à agricultura adaptada ao clima e solo da região, com sistemas de irrigação	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Distribuição regular de água através de carros pipa em épocas de estiagem (situações de emergência)	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
O que está sendo feito no município para evitar ou minimizar os danos causados pela seca: Ações de uso sustentável dos recursos naturais	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
O município possui Plano de Contingência e/ou Preservação para a seca	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Barragem à montante para equalização das cheias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Construção de canais de macrodrenagens	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Construção de parque	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Construção de reservatórios de amortecimento de cheias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Desassoreamento de corpos hídricos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Retificação de rios, aumento de calha ou desvio de cursos d'água	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Realocação da população que vive em área de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Revegetação	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enchentes ou inundações graduais: Revitalização de rios ou bacias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Barragem à montante para equalização das cheias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Construção de canais de macrodrenagens	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Construção de parque	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Construção de reservatórios de amortecimento de cheias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Desassoreamento de corpos hídricos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Retificação de rios, aumento de calha ou desvio de cursos d'água	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Realocação da população que vive em área de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Revegetação	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por enxurradas ou inundações bruscas: Revitalização de rios ou bacias	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Estabilização e proteção de taludes	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Retaludamento de encostas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Obras de contenção	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Construção de canais de macrodrenagens	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Realocação da população que vive em área de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Ações para evitar ou minimizar os danos causados por escorregamentos ou deslizamentos de encostas: Revegetação de encostas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Plano Diretor que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Lei específica que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Plano Diretor que contemple a prevenção de escorregamentos ou deslizamentos de encostas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de escorregamentos ou deslizamentos de encostas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Lei específica que contemple a prevenção de escorregamentos ou deslizamentos de encostas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Plano Municipal de Redução de Riscos	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: O município possui como instrumento de planejamento Plano de implantação de obras e serviços para redução de riscos de desastres	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Mapeamentos de áreas de risco de enchentes ou inundações	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Programa habitacional para realocação de população de baixa renda em área de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Mecanismos de controle e fiscalização para evitar ocupação em áreas suscetíveis aos desastres	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Plano de Contingência	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Projetos de engenharia relacionados ao evento	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município possui Sistema de alerta antecipado de desastres	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação a gestão de riscos de desastres decorrentes de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas, o município realiza limpeza periódica dos bueiros da cidade, especialmente, antes do período de chuvas	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Programa habitacional para realocação de população de baixa renda em área de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Mecanismos de controle e fiscalização para evitar ocupação em áreas suscetíveis aos desastres	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Plano de Contingência	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Projetos de engenharia relacionados ao evento	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Variável	Escala	Banco de dados	Escala Padronizada
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Sistema de alerta antecipado de desastres	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)
Gerenciamento de riscos: Em relação ao gerenciamento de riscos de desastres decorrentes de escorregamentos ou deslizamento de encostas, o município possui Cadastro de risco	Intervalo de 0 = "Não tem no município" ou 1 = "Tem no município".	MUNIC (2020)	Soma das variáveis coletadas na MUNIC (2020)

Tabela 3 – Descrição das variáveis do indicador de Resiliência
Fonte: Sema – Programa Cientista Chefe Meio Ambiente (2024).



CEARÁ

GOVERNO DO ESTADO

SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE
E MUDANÇA DO CLIMA