Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas do Espírito Santo

Sumário Executivo

O Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas é um documento estratégico concebido para identificar, articular e planejar ações que ampliem a capacidade adaptativa do estado do Espírito Santo frente aos impactos climáticos. Seu propósito é preparar o Espírito Santo para enfrentar os desafios decorrentes de eventos extremos, mitigando os efeitos adversos sobre a saúde pública, a infraestrutura, a agricultura, a economia, a segurança alimentar e a biodiversidade. Para tanto, o Plano organiza e integra esforços, políticas e programas já em curso, ao mesmo tempo em que identifica lacunas e necessidades que orientam novas prioridades, identificando as ações necessárias para suprir as lacunas e desafios identificados. Esse processo é sustentado por um arranjo de governança dotado de mecanismos de Monitoramento e Avaliação (M&A), além de uma análise detalhada de dados, programas e políticas existentes, permitindo reconhecer oportunidades de aprimoramento e traduzi-las em ações estratégicas.
As medidas propostas abrangem desde o fortalecimento da infraestrutura crítica e a capacitação de gestores públicos até o incentivo a práticas agrícolas resilientes, a proteção da biodiversidade e o planejamento urbano sustentável. Dessa forma, o Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas (PEAMC) busca consolidar um caminho integrado para aumentar a resiliência climática do Espírito Santo, promovendo uma transição justa e sustentável até 2035.

We are in

RACE TO RESILIENCE

RACE TO ZERO

GOVERNO DO ESTADO
DO ESPÍRITO SANTO

RESUMO

O Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas do Espírito Santo (PEAMC) tem como objetivo organizar e integrar esforços, políticas e ações de adaptação já existentes, além de identificar lacunas que permitam fortalecer a resiliência do Espírito Santo frente aos impactos climáticos. A metodologia adotada combina ciência aplicada, planejamento estratégico e participação institucional, fundamentada no método RAST (*Regional Adaptation Support Tool*), que estrutura o processo em seis etapas voltadas à identificação de riscos, vulnerabilidades e opções de adaptação, sempre orientado pela melhoria contínua da resiliência climática. A construção do Plano contou com a cooperação entre pesquisadores acadêmicos, responsáveis pela produção de dados e cenários científicos, e servidores públicos estaduais, que garantiram a viabilidade política e administrativa das propostas, promovendo sua apropriação e institucionalização. A participação social e o envolvimento das partes interessadas foram assegurados pela criação do Grupo de Sustentação (GS), composto por representantes qualificados das secretarias e autarquias estaduais, além de prefeituras, setor produtivo, academia e sociedade civil organizada, que atuou propondo correções, priorizações e validações sucessivas ao longo de todo o processo.

A elaboração do Plano foi estruturada em seis eixos temáticos — defesa civil, recursos hídricos, saúde, cidades, agropecuária e infraestrutura — permitindo análises setoriais detalhadas, porém integradas entre si. O documento também apresenta grandes metas até 2035, que expressam a ambição de transformação do Estado e orientam prioridades de ação, pactuação e alocação de recursos. Ao todo, foram definidas 27 Ações Estratégicas e 155 medidas específicas, elaboradas de forma articulada com técnicos de 21 secretarias e órgãos estaduais. As medidas dialogam com políticas públicas já existentes, abrangem múltiplos eixos de adaptação e estão alinhadas aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. O Plano prioriza a segurança hídrica, a resiliência da infraestrutura, o fortalecimento da governança climática e a redução das vulnerabilidades sociais, com destaque para a criação de mecanismos de financiamento, a integração multinível entre governos, o fortalecimento da defesa civil e a capacitação técnica dos municípios. Há ainda forte ênfase em pesquisa e inovação, com investimentos em centros de estudo, desenvolvimento tecnológico e soluções baseadas na natureza.

A justiça climática foi incorporada como princípio orientador, priorizando populações vulneráveis, promovendo equidade na alocação de recursos e assegurando direitos humanos. Essa diretriz se traduz em ações de urbanização adaptativa, programas habitacionais em áreas de risco, fortalecimento do sistema de saúde e estímulo à participação comunitária. Dessa forma, o PEAMC se configura como um instrumento robusto e multidimensional, que integra governança, inovação científica, proteção social e sustentabilidade ambiental, com o propósito de tornar o Espírito Santo mais preparado, resiliente e justo diante das mudanças climáticas até 2035.

Por fim, os procedimentos de governança são sustentados por um sistema de monitoramento e avaliação baseado em indicadores de execução e resultado, permitindo acompanhar a implementação e mensurar os impactos efetivos na redução de vulnerabilidades e no aumento da resiliência. Esse sistema reforça a participação de diferentes segmentos da sociedade, fortalecendo a transparência e a legitimidade das ações.

Sumário

RESUMO 2

1. INTRODUÇÃO 4

1.1. Espírito Santo rumo à neutralidade de carbono e à resiliência climática 5

2. CONSTRUÇÃO DO PLANO DE ADAPTAÇÃO 6

2.1. Planejamento Estratégico 8

2.2. Indicadores e metas 9

2.3. Mobilização Social e Envolvimento das Partes Interessadas 9

3. CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS PARA O ES 10

4. POTENCIAIS IMPACTOS SOBRE O ESPÍRITO SANTO ... 14

4.1. Proteção e defesa civil 14

4.2. Recursos hídricos 15

4.3. Agricultura 17

4.4. Saúde 19

4.5. Infraestrutura 20

4.6. Cidades 20

4.7. Vulnerabilidade Social e Justiça Climática 21

4.7.1. Vulnerabilidade social e desigualdades no Espírito Santo 21

4.7.2. Capacidade institucional e adaptação climática nos municípios capixabas 23

4.8. Riscos climáticos 23

4.8.1. Risco climático associado aos recursos hídricos 24

4.8.2. Risco climático associado a deslizamento de terra 25

4.8.3. Risco climático associado a inundações, enxurradas e alagamentos 27

4.8.4. Risco climático associado à saúde 27

4.8.5. Risco climático associado à biodiversidade. 28

4.9. INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA, CAPACIDADE DA ADAPTAÇÃO E GESTÃO DE DESASTRES NOS MUNICÍPIOS DO ESPÍRITO SANTO 29

4.9.1. Índice de Segurança Hídrica (ISH) 29

4.9.2. Indicador de Capacidade Municipal (ICM) .. 32

4.9.3. Indicador de Capacidade de Adaptação e Resiliência às Mudanças Climáticas (ICAR) 33

5. GRANDES METAS 36

6. AÇÕES ESTRATÉGICAS 37

7. SISTEMA DE GOVERNANÇA PARA AÇÕES DE ADAPTAÇÃO 40

7.1. Monitoramento e avaliação 41

7.2. Sistema de governança 42

7.3. Descrição dos procedimentos de governança e acompanhamento 42

REFERÊNCIAS 43

EQUIPE TÉCNICA 47

1. INTRODUÇÃO

Desde 1970, a temperatura da superfície global aumentou mais rapidamente do que em qualquer outro período de 50 anos nos últimos 2.000 anos (IPCC, 2021). Extremos de calor tornaram-se mais frequentes e intensos, enquanto os extremos de frio diminuíram. Eventos de forte precipitação e estiagens estão se tornando mais frequentes, elevando os riscos de inundações e secas.

Projeções de modelos climáticos indicam que a temperatura da superfície global continuará a aumentar até pelo menos meados deste século, em todos os cenários futuros de emissões de gases do efeito estufa (GEE), mesmo com a implementação de políticas agressivas de redução dessas emissões. É provável que o aquecimento global de 2°C acima do valor médio do período pré-industrial (1850-1900) seja excedido durante o século 21, mesmo que ocorra uma redução drástica nas emissões de GEE nas próximas décadas (IPCC, 2021).

A análise das projeções climáticas para o Espírito Santo, com base no modelo regional Eta-CPTEC de alta resolução (5 km), indicou um futuro substancialmente mais quente em comparação ao período de referência de 1961–1990 (Soares, 2023). As simulações indicam que, em partes do Estado, a temperatura média poderá subir entre 2,5 °C e 3,5 °C sob um cenário de emissões moderadas de gases de efeito estufa, alcançando até cerca de 6 °C no cenário extremo de altas emissões até a década de 2080.

As mudanças climáticas impactam diretamente o ciclo hidrológico, gerando problemas ambientais relacionados aos recursos hídricos. No Espírito Santo, Meira-Neto et al. (2023) analisaram os impactos na vazão da bacia do rio Doce considerando o cenário futuro de altas emissões de GEE. Os resultados indicam uma redução significativa das precipitações médias anuais e sazonais ao longo do século XXI, levando a graves problemas na bacia do rio Doce, com tendência à diminuição das vazões. A maioria das projeções aponta para uma significativa redução da Q_{med} (vazão média) e da Q_{90} (vazão igualada ou superada em 90% do tempo) tanto nos afluentes quanto no rio principal. Conforme Soares (2023), a probabilidade de eventos climáticos extremos, como estiagens prolongadas, tende a aumentar. O índice extremo que expressa dias consecutivos secos aumenta mesmo no cenário moderado de emissões de GEE, com um incremento particularmente acentuado no norte do Estado, onde esse número pode ultrapassar 70 dias em comparação ao período histórico de 1961-1990.

Esses impactos afetam, por exemplo, o agronegócio no Espírito Santo, cujos produtos respondem por cerca de 6% do PIB estadual (IJSN, 2024) e é altamente diversificado, abrangendo setores como apicultura, avicultura, aquicultura e fruticultura (incluindo a cafeicultura). Apesar dessa diversidade, o café é a principal cultura, predominando em 61 dos 78 municípios do Estado. Oliveira et al. (2023) ressaltam que o aquecimento global pode impactar significativamente o café conilon, causando redução no crescimento das plantas, formação de flores estéreis e comprometendo a produção e a qualidade dos frutos. As mudanças climáticas podem forçar a migração do cultivo do café para áreas de maior altitude, bem como de outras culturas importantes do Estado, como pimenta do reino, banana e mamão.

Além do agronegócio, a indústria também é fortemente impactada pelos extremos climáticos. Os extremos hidrológicos atingem o setor por dois vetores críticos: escassez e excesso de água. Durante a estiagem, reduz-se a disponibilidade para captação e resfriamento, a qualidade da água se deteriora (temperatura, salinidade e sólidos aumentam), o tratamento se torna mais caro, crescem os riscos de não conformidade e surgem restrições operacionais que diminuem cargas ou interrompem linhas de produção. Setores intensivos em água e calor — como siderurgia, celulose e papel, mineração, alimentos e bebidas, química e petróleo e gás — enfrentam perda de eficiência, desvios de qualidade, aumento de custos e menor capacidade de diluição dos efluentes devido à queda de vazão. A crise hídrica ainda pressiona o sistema elétrico, elevando tarifas e aumentando a frequência de interrupções. No outro extremo, chuvas intensas e inundações danificam ativos, interrompem captações por turvação e excesso de sedimentos, alagam subestações, comprometem acessos e paralisam cadeias logísticas. Esse cenário também sobrecarrega sistemas de drenagem e tratamento, amplia o risco de incidentes ambientais, aumenta passivos e pressiona prêmios de seguro. Em áreas costeiras, a elevação do nível do mar e as ressacas podem salinizar captações e comprometer a operação industrial.

Entre 2013 e 2024, segundo a CEPDEC-ES, os desastres climáticos causaram cerca de 451 óbitos, 14.186 desabrigados e 90.861 desalojados, sendo as inundações e chuvas intensas as principais causas. Desde 1995, os danos materiais somam R$ 5,72 bilhões e os prejuízos

R$ 23,23 bilhões — R$ 1,47 bilhão no setor público e R$ 20,09 bilhões no privado (MDR, 2024).

Com a intensificação das mudanças climáticas no Espírito Santo, esses problemas tendem a se agravar substancialmente, exigindo políticas e ações de adaptação à nova realidade do Estado. Para compreender esse desafio em perspectiva mais ampla, é importante considerar também a dimensão global da justiça climática. Estudos internacionais (Diffenbaugha & Burkea, 2019; Chancel, 2022) demonstram que países ricos se beneficiaram de forma desproporcional das atividades que causaram o aquecimento global, enquanto países pobres sofrem mais intensamente com seus impactos. Entre 1990 e 2019, por exemplo, os 50% mais pobres da população mundial foram responsáveis por apenas 16% do crescimento das emissões globais, enquanto o 1% mais rico contribuiu com 23%. Esse panorama reforça a necessidade de aplicar o conceito de justiça climática também no âmbito local, assegurando que populações vulneráveis do Espírito Santo — que pouco se beneficiaram das atividades geradoras de emissões — não sejam as mais impactadas pelos efeitos

Com a intensificação das mudanças climáticas no Espírito Santo, esses problemas tendem a se agravar substancialmente, exigindo políticas e ações urgentes de adaptação à nova realidade climática.

1.1. ESPÍRITO SANTO RUMO À NEUTRALIDADE DE CARBONO E À RESILIÊNCIA CLIMÁTICA

Em 2021, o Espírito Santo aderiu oficialmente às campanhas "*Race to Zero*" e "*Race to Resilience*" da ONU, comprometendo-se com a neutralização das emissões de GEE até 2050 e com o fortalecimento da resiliência climática. Em 2023, o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas foi instituído pelo Decreto nº 5387-R, de 05 de maio de 2023, com o objetivo de coordenar e integrar esforços, políticas públicas e ações para enfrentar o desafio global das mudanças climáticas. O programa, que envolve diversos órgãos estaduais, é composto por 19 projetos (Tabela 1) e inclui entre eles o Plano Estadual de Mudanças climáticas que atua em duas frentes principais: Mitigação, visando limitar o aquecimento global por meio da redução de emissões de GEE, e Adaptação, que busca preparar o estado para enfrentar os impactos climáticos.

Nesse contexto, o Plano de Neutralização de Emissões de GEE e o Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas são peças centrais na preparação do ES para enfrentar os desafios relacionados às mudanças climáticas.

Enquanto o Plano de Neutralização de Emissões de GEE prevê estratégias e ações para atingir as metas de neutralização das emissões, o Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas tem o objetivo de promover a gestão e redução do risco frente aos efeitos adversos da mudança do clima e melhorar a resiliência das comunidades, economias e ecossistemas locais.

Tabela 1. Projetos existentes no Programa Capixaba de Mudanças Climáticas

Projetos existentes:
Água na Medida: Gestão sustentável de recursos hídricos, promovendo o uso eficiente da água.
Alerta ES: Sistema de monitoramento e alerta à população sobre eventos extremos, como inundações e secas, agravados pelas mudanças climáticas.
PROBACIAS SUL I: Projeto de conservação e revitalização das bacias dos rios Itapemirim e Novo, para melhoria da qualidade e quantidade de água.
Construção de Cisternas: Implementação de cisternas para armazenamento de água em regiões com baixa disponibilidade hídrica.
Parques Estaduais: Preservação e expansão de áreas protegidas, contribuindo para a conservação da biodiversidade e mitigação dos impactos climáticos.
Qualidade Ambiental: Projetos voltados à melhoria da qualidade do ar, solo e água em áreas urbanas e rurais.
Sistema de Aquisição e Tratamento de Dados Agrometeorológicos: Monitoramento climático para auxiliar o setor agrícola no enfrentamento das variabilidades climáticas.
Construção de Barragens: Aumento da capacidade de armazenamento hídrico para enfrentar períodos de seca.
Expansão do Projeto Barraginhas: Implantação de pequenas bacias de captação de água da chuva para recarga de aquíferos e prevenção de erosão.
Plano Estadual de Mudanças Climáticas: Inclui a elaboração do Plano de Descarbonização, atualização do Inventário de GEE e o Plano de Adaptação Climática.
PROESAM: Programa Estadual de Sustentabilidade Ambiental e Apoio Municipal, para fortalecer a gestão ambiental nos municípios.
Reflorestar: Projeto de reflorestamento com foco na recuperação de áreas degradadas e na melhoria da infiltração de água no solo.
Mobilidade Elétrica: Incentivo à mobilidade elétrica para reduzir as emissões de GEE no setor de transporte.

GERAR: Programa voltado para a geração de energia limpa e sustentável no Espírito Santo.
Obras de Proteção Costeira: Intervenções para proteger áreas costeiras da erosão e do aumento do nível do mar.
Fortalecimento das Coordenadorias Municipais de Proteção e Defesa Civil: Capacitação e estruturação das coordenadorias para ações rápidas em resposta a desastres.
Minimização de Cheias: Projetos de drenagem e controle de enchentes para áreas urbanas vulneráveis.
Obras em Encostas: Intervenções para estabilizar áreas de encosta e reduzir o risco de deslizamentos.
Fundo CidadES: Fundo estadual dedicado ao financiamento de projetos municipais de adaptação às mudanças climáticas.

Ainda em 2023, o Governo do Espírito Santo apresentou na COP 28 o Plano de Neutralização de Emissões de GEE, resultado de um processo colaborativo que envolveu a academia, a sociedade civil, o setor produtivo e órgãos governamentais. A elaboração desse plano abrangeu temas como Energia, Indústria, Florestas e Mudança do Uso do Solo, Agropecuária e Resíduos, adotando uma abordagem integrada e multissetorial. Esse processo incluiu ampla pesquisa para identificar alternativas tecnológicas de mitigação de emissões, além da formulação de instrumentos e políticas públicas que apoiem a transição em áreas como matriz energética, transportes e processos industriais. Com diretrizes, estratégias, indicadores e metas de redução bem definidos, o plano estabelece projeções para os anos de 2030, 2040 e 2050, traçando um caminho sólido e sustentável para a descarbonização do Espírito Santo. O plano foi submetido à consulta pública e, posteriormente, apresentado em sua versão final à sociedade capixaba em março de 2024.

O Decreto Estadual nº 6164-R, de 22 de agosto de 2025, instituiu o "Orçamento Climático" como parte da governança climática do Estado, alinhado à Política Estadual de Mudanças Climáticas, ao Programa Capixaba de Mudanças Climáticas e aos principais instrumentos de planejamento — PPA, LDO e LOA. O "Orçamento Climático" permite ao governo identificar e classificar ações orçamentárias direcionadas à mitigação e adaptação às mudanças climáticas. O objetivo é aumentar a transparência e garantir maior efetividade no acompanhamento da execução dessas ações. Em 2025, já haviam sido previstos cerca de R$ 626 milhões em despesas distribuídas em 10 frentes temáticas, abrangendo obras de macrodrenagem, proteção costeira contra erosão, construção de barragens, apoio financeiro aos municípios e desenvolvimento de sistemas de gestão e monitoramento de recursos hídricos e segurança de barragens.

Com o Plano de Neutralização de Emissões já em fase de implementação, o governo do estado iniciou a elaboração do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas (PEAMC). Esse plano tem como objetivo principal, organizar e integrar os esforços, políticas, programas e ações de adaptação em andamento, além de identificar lacunas e necessidades que apontem para novas ações que possam fortalecer a resiliência do estado frente aos impactos climáticos. Para atingir esse objetivo, o plano propõe o estabelecimento de um mecanismo de governança e uma análise detalhada dos programas, políticas e dados existentes, identificando lacunas e oportunidades de melhoria. Com base nessa análise, o plano define ações estratégicas para ampliar a capacidade de adaptação e resiliência do estado.

O objetivo principal do PEAMC é organizar e integrar esforços, políticas, programas e ações de adaptação em curso, ao mesmo tempo em que identifica lacunas e necessidades para fortalecer a resiliência do Estado diante dos impactos climáticos. Para isso, o Plano estabelece um arranjo de governança com mecanismos de Monitoramento e Avaliação (M&A) e promove uma análise detalhada de programas, políticas e dados existentes, possibilitando reconhecer oportunidades de aprimoramento e, a partir delas, definir ações estratégicas capazes de ampliar a capacidade adaptativa do Espírito Santo.

2. CONSTRUÇÃO DO PLANO DE ADAPTAÇÃO

A elaboração do PEAMC oferece uma base técnica para políticas públicas orientadas por evidências, integrando a agenda climática a planos de desenvolvimento urbano, gestão de recursos naturais e demais instrumentos setoriais. Como a adaptação depende da coordenação com iniciativas já em andamento em saúde, urbanismo, agropecuária, segurança hídrica, proteção e defesa civil e biodiversidade, o Plano articula medidas transversais e intersetoriais para garantir coerência, sinergias e continuidade de serviços essenciais em face de eventos extremos. Esse desenho também mobiliza governo, setor privado e sociedade civil organizada, reforçando colaboração, apoio institucional e participação informada, com ações de educação e sensibilização e a

indicação de fontes de financiamento adequadas à implementação.

Um dos pilares centrais do PEAMC é a incorporação do conceito de justiça climática, reconhecendo que os impactos e as responsabilidades pela mudança do clima são desiguais e, por isso, as respostas públicas devem integrar equidade e direitos humanos, protegendo vida, água, alimentação, moradia e saúde e impondo a governos o dever de prevenir danos e reparar comunidades afetadas, sobretudo as mais vulneráveis (TCU, 2025). Isso parte do reconhecimento de "responsabilidades comuns, porém diferenciadas" e do fato de que grupos que menos contribuíram para o problema sofrem, em geral, as consequências mais graves; logo, políticas devem assegurar participação e proteção especial, com acesso a recursos, tecnologias e medidas ajustadas às necessidades de populações de baixa renda, comunidades tradicionais, povos indígenas, pequenos agricultores, mulheres, crianças e idosos (TCU, 2025).

O Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas do ES constitui uma política sustentada por uma estrutura de governança, com procedimentos de gestão e mecanismos de financiamento estabelecidos. Essa estrutura permite integrar os diversos esforços de gestão existentes, ajustando-os às particularidades do Estado. O desenvolvimento e a implementação de políticas, estratégias e ações de adaptação são estruturadas a partir de 4 princípios norteadores:

- Formulação de estratégias para enfrentar os riscos climáticos atuais, focando inicialmente na variabilidade climática de curto prazo e nos eventos extremos. Esse princípio serve como ponto de partida para reduzir a vulnerabilidade às mudanças climáticas de longo prazo, pois as decisões de adaptação são orientadas pelas prioridades presentes, o que fortalece a resiliência para o futuro.
- Planejamento de políticas de desenvolvimento mais amplas voltadas à mitigação gradual dos riscos associados às mudanças no clima. Essa integração visa promover a transformação de projetos isolados em processos abrangentes de política e planejamento. Ou seja, efetuar o planejamento de políticas mais amplas para lidar com as tendências de médio e longo prazo. Isso garante que os esforços de adaptação não sejam apenas eficazes, mas também sustentáveis e alinhados aos objetivos de desenvolvimento mais amplos.
- Abordagem em múltiplos níveis, desde escalas nacionais até locais. A política de adaptação estadual e as estratégias de gestão de riscos no nível municipal e até comunitário são complementares à política estadual e nacional.
- Engajamento das partes interessadas. Esse princípio é fundamental para garantir que as estratégias sejam inclusivas e eficazmente implementadas.

Dessa forma, a construção do PEAMC tem como ponto de partida os impactos atuais já identificados e incorpora planejamentos de médio e longo prazo para promover um avanço gradual em direção à resiliência climática e à sustentabilidade. Esse processo precisa incorporar os esforços já realizados desde as escalas nacionais até as municipais e a participação da sociedade para assegurar a consistência e representatividade das ações e políticas públicas implementadas. Essa arquitetura também deve prever interfaces com ações, marcos e fontes de financiamento internacionais.

A elaboração do Plano de Adaptação foi realizada por meio de um trabalho conjunto entre pesquisadores acadêmicos e servidores do estado, visando garantir o uso do conhecimento de ponta voltada para a aplicação prática na gestão pública. Cientistas fornecem conhecimento técnico e científico atualizado, fundamentando o plano em dados robustos e nas pesquisas mais recentes. Sua expertise foi crucial para identificar vulnerabilidades, projetar cenários climáticos futuros e desenvolver estratégias eficazes para adaptação. O trabalho conjunto com servidores públicos assegura que o plano é baseado em medidas práticas e viáveis dentro do contexto político e administrativo do estado, garantindo que o conhecimento seja apropriado pelo Governo Estadual e convertido em políticas públicas de longo prazo, além dos mandatos governamentais. As prioridades e percepções dos servidores públicos são fundamentais para o sucesso na elaboração do plano. Esse mecanismo de transferência de conhecimento para a administração pública permite que as políticas sejam embasadas em ciência sólida e adaptadas às realidades locais.

Essa dinâmica de trabalho foi replicada em seis eixos de adaptação: Proteção e Defesa Civil, Recursos Hídricos, Agricultura, Saúde, Infraestrutura e Cidades. Para cada um desses eixos temáticos, um pesquisador acadêmico foi responsável por coordenar a construção do plano no respectivo tema junto a uma equipe das secretarias de

estado ou órgãos mais relacionados a cada área, visando à formulação de políticas públicas.

2.1. PLANEJAMENTO ESTRATÉGICO

A elaboração do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas (PEAMC) foi fundamentada na abordagem de Planejamento Estratégico. Nessa metodologia, as etapas de diagnóstico e planejamento são essenciais e interdependentes, especialmente em contextos complexos como o da adaptação às mudanças climáticas (Figura 1).

O processo inicia-se com a fase de diagnóstico, voltada à avaliação do contexto atual da região, dos cenários climáticos futuros (Etapa 1) e dos riscos associados às mudanças do clima (Etapa 2). Essas etapas foram conduzidas por especialistas acadêmicos de cada eixo temático de adaptação, em parceria com servidores das secretarias correlatas.

Ainda na fase de diagnóstico, realizou-se a análise SWOT (Etapa 3), que possibilitou a avaliação das capacidades e vulnerabilidades locais, identificando tanto recursos e programas já existentes — como infraestrutura resiliente e políticas ambientais — quanto fragilidades, como a dependência de setores vulneráveis (agricultura e turismo) e limitações institucionais que dificultam a adaptação. A análise também permitiu examinar fatores climáticos e contextuais externos, como o aumento do nível do mar e a intensificação de eventos extremos, além de considerar influências socioeconômicas, políticas e tecnológicas, como oportunidades de financiamento e inovações voltadas à resiliência.

A análise SWOT (Pontos Fortes, Pontos Fracos, Oportunidades e Ameaças) foi conduzida por meio de dinâmicas e entrevistas com 16 secretarias e órgãos do governo diretamente envolvidos nas atividades relacionadas ao plano de adaptação.

Os resultados dessa análise orientaram a definição dos Desafios Estratégicos (Etapa 4), que marcam o início da fase de planejamento e representam as barreiras prioritárias a serem superadas. A partir deles, são formuladas as Ações Estratégicas (Etapa 5), posteriormente desdobradas em Medidas Estratégicas (Etapa 6). Cada medida é detalhada em Planos de Trabalho (Etapa 7), compostos por atividades específicas, indicadores e metas, além da definição de recursos necessários, responsáveis e cronogramas.

Esses Planos de Trabalho contam sempre com uma secretaria ou órgão líder, em conjunto com secretarias ou órgãos associados que compartilham a responsabilidade pela execução. Além disso, o fluxograma destaca a transversalidade entre os eixos de adaptação, evidenciando que as ações propostas não atuam isoladamente em um único setor, mas frequentemente geram impactos positivos simultâneos em áreas como defesa civil, recursos hídricos, cidades, infraestrutura, saúde e agropecuária.

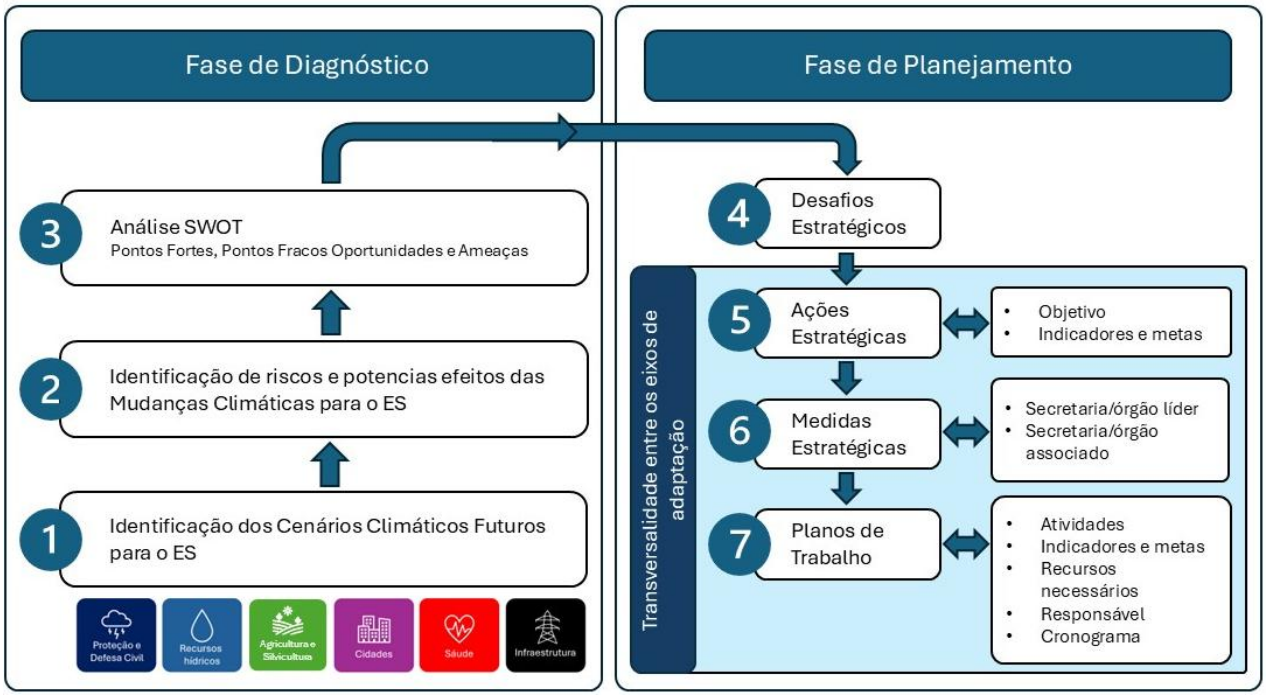


Figura 1. Fluxograma do planejamento estratégico para elaboração do PEAMC incluindo as fases diagnóstico e planejamento.

2.2. INDICADORES E METAS

Definir indicadores e metas em um plano estratégico é fundamental para converter intenções em resultados mensuráveis e verificáveis.

- Indicadores são medidas quantitativas ou qualitativas que acompanham o desempenho de um programa ou política, funcionando como parâmetros para verificar o progresso rumo aos objetivos. Devem ser mensuráveis, relevantes e comparáveis ao longo do tempo.
- Metas são os valores específicos que se deseja alcançar num prazo definido, baseadas nos indicadores, e expressam o grau de mudança esperado.

Os indicadores mostram o que será medido, enquanto as metas definem quanto deve ser alcançado e em que prazo. Essa combinação permite não apenas monitorar o andamento do plano, mas também orientar ajustes e garantir transparência e responsabilização na execução. Dessa forma, o ciclo de monitoramento e avaliação (M&A) do PEAMC é baseado em dois tipos de indicadores:

- Indicadores de execução medem o que foi feito (ex.: número de municípios com planos atualizados, volume de recursos).
- Indicadores de resultado avaliam o impacto real das ações (ex.: redução de incidência de doenças ou de pessoas afetadas por desastres).

Eles são aplicados em três níveis de acompanhamento:

Grandes Metas do PEAMC: No nível mais abrangente, estão as Grandes Metas do PEAMC, que expressam as aspirações centrais do Plano até 2035. Para que possam ser monitoradas de forma transparente e verificável, essas metas são acompanhadas por indicadores de resultado, que demonstram se o Estado está efetivamente avançando em termos de resiliência climática, redução de vulnerabilidades e proteção das populações mais expostas. São indicadores de caráter agregado, que permitem comparações ao longo do tempo e servem como referência para avaliar a efetividade global do Plano.

Indicadores e metas para as Ações Estratégicas: O segundo nível corresponde às Ações Estratégicas, que respondem diretamente aos Desafios Estratégicos identificados na análise SWOT. Essas ações serão monitoradas principalmente por indicadores de resultado, embora alguns indicadores de execução também sejam considerados. Essa decisão tem um papel importante: garantir que cada ação seja avaliada em termos de impactos gerados e pela realização de atividades intermediárias. Assim, a análise se concentra nos efeitos que a ação provoca no território ou no sistema setorial em que está inserida. Por exemplo, uma ação de fortalecimento da defesa civil não será medida apenas pela realização de capacitações ou pela aquisição de equipamentos, mas pelos resultados alcançados, como o aumento do número de municípios com planos de contingência atualizados e testados.

Indicadores e metas para as Medidas Estratégicas: No nível mais detalhado estão as Medidas Estratégicas, que desdobram as ações em caminhos operacionais específicos. Nelas, predominam os indicadores de execução, pois são voltados a monitorar o cumprimento de atividades (capacitação de profissionais, obras executadas, sistemas instalados). Contudo, sempre que possível, também se estabelecem indicadores de resultado, especialmente quando a medida é diretamente mensurável em termos de impacto (como redução de internações por doenças climato-sensíveis ou número de famílias retiradas de áreas de risco). Esse nível garante a rastreabilidade das metas até o cotidiano da gestão pública e fortalece a *accountability*[1] do Plano.

A Tabela 2 sumariza os três níveis de indicadores e metas no PEAMC, destacando execução e resultado.

2.3. MOBILIZAÇÃO SOCIAL E ENVOLVIMENTO DAS PARTES INTERESSADAS

A participação das partes interessadas (*stakeholders*) é um componente essencial para que o Plano de Adaptação seja inclusivo e reflita as necessidades e prioridades da população, incorporando as percepções locais sobre riscos climáticos. Nesse processo, é fundamental envolver governos locais, academia, comunidades afetadas, organizações da sociedade civil e setor privado.

[1] *Accountability* é a obrigação de gestores e instituições prestarem contas de suas ações, garantindo transparência, responsabilização e consequências, de modo a fortalecer a confiança e a legitimidade da governança.

Tabela 2. Sumário comparativo com os três níveis de indicadores e metas no PEAMC, destacando execução e resultado.

Nível	Foco	Tipo de Indicador	Função no Sistema de M&A
Grandes Metas	Aspiracional (longo prazo, até 2035)	Resultado	Medir se o estado alcança maior resiliência e redução de vulnerabilidades em termos amplos.
Ações Estratégicas	Estratégico (responder aos Desafios Estratégicos)	Resultado	Avaliar os impactos das ações sobre setores, territórios ou populações específicas.
Medidas Estratégicas	Operacional (cumprimento de atividades)	Execução	Verificar se as atividades previstas foram realizadas, dentro dos prazos e com os recursos definidos.

No caso do PEAMC, a mobilização social e a envolvimento das partes interessadas foram estruturadas em dois níveis de participação. O primeiro nível corresponde à participação direta por meio do Grupo de Sustentação (GS), composto por representantes qualificados das secretarias e autarquias estaduais relacionadas aos eixos do Plano, além de prefeituras, setor privado, academia e sociedade civil organizada. O segundo nível corresponde à participação da sociedade em geral, por meio de consulta pública, ampliando o alcance do processo e assegurando transparência.

O GS desempenhou o papel de instância de acompanhamento ao longo das fases de elaboração (diagnóstico e planejamento), fornecendo supervisão técnica e estratégica à equipe executora. Sua função foi acompanhar a construção do Plano, contribuir com ajustes e validações e trazer a visão estratégica das instituições representadas.

De fato, todas as instituições que indicaram representantes ao GS foram instruídas a garantir que esses membros atuassem como porta-vozes qualificados, apresentando contribuições consistentes com o posicionamento de suas entidades. Cabia-lhes oferecer sugestões, correções e validações das estratégias e dados apresentados, além de trazer uma perspectiva estratégica alinhada às diretrizes institucionais. Nos casos em que os temas tratados exigissem discussões internas mais amplas, os representantes foram responsáveis por promover as consultas necessárias, de modo que as contribuições apresentadas fossem fiéis e consistentes.

O processo de construção do PEAMC foi estruturado em estágios sucessivos de aprofundamento, nos quais versões progressivamente mais detalhadas do documento foram submetidas à análise das partes interessadas.

3. CENÁRIOS CLIMÁTICOS FUTUROS PARA O ES

Os cenários climatológicos futuros para o Espírito Santo foram obtidos com base em simulações numéricas utilizando diferentes modelos dependendo da variável de interesse. Para precipitação, foram utilizados os modelos NorESM2-MM, GFDL-ESM4, INM-CM5-0 e MRI-ESM2-0. Para temperatura máxima e mínima, foram considerados os modelos MRI-ESM2-0, CNRM-ESM2-1, CanESM5, NorESM2-MM e CMCC-ESM2 (Alves et al., 2023 e Tavares et al., 2023). Todos os resultados das simulações foram comparados com os dados observacionais da base BR-DWGD (XAVIER et al., 2022).

As projeções para o estado do Espírito Santo indicam um aumento progressivo da temperatura média ao longo dos próximos anos, com uma elevação média em relação a média histórica entre 1995 e 2014 (período de referência) de até 2°C no cenário moderado (SSP2-4.5) e até 5°C no cenário extremo (SSP5-8.5) até 2100 (Figura 2a). Esse aumento de temperatura ocorre em todo o estado, em especial na fronteira entre as microrregiões metropolitana, litoral sul e sudoeste serrana.

Por outro lado, a temperatura máxima pode apresentar anomalias de cerca de 4°C no cenário SSP2-4.5 e até 7°C no cenário SSP5-8.5 até 2100. No pior cenário, a temperatura máxima poderá atingir valores superiores a 43°C, trazendo sérias implicações para a saúde pública, a produtividade agrícola e a gestão de recursos hídricos.

A precipitação anual total média é uma variável importante para o balanço hídrico do estado e para a sustentabilidade dos ecossistemas. Na climatologia do período de referência, o estado possui níveis de precipitação anual média entre 1000 mm e 1400 mm. As projeções para ambos os cenários indicam uma redução da precipitação anual média, com o nordeste do Espírito Santo sendo a região mais afetada (Figura 2b). Em ambos os cenários, SSP2-4.5 e SSP5-8.5, a redução da precipitação pode chegar a 250 mm. Dado a precipitação anual média no norte do estado próxima a 1000 mm, uma redução de 250 mm representaria um decréscimo

de 25%, exacerbando as condições de seca e intensificando os desafios para a agricultura e o abastecimento de água.

Quanto ao número de dias consecutivos sem chuva, ou CDD (*Consecutive Dry Days*), as projeções indicam um aumento significativo, com o maior impacto previsto para o norte do estado (Figura 3a). Atualmente, a região noroeste experimenta períodos de 24 a 29 dias consecutivos sem chuva, mas no cenário SSP2-4.5, podem ocorrer anomalias que elevaria para 39 a 44 dias consecutivos sem chuvas (15 dias adicionais). No cenário SSP5-8.5, a anomalia pode ultrapassar 20 dias, ou seja, atingir 44 a 49 dias consecutivos sem chuvas. Assim, em um cenário extremo, é possível que o Espírito Santo enfrente riscos de seca severa com efeitos negativos sobre a agricultura, a disponibilidade de água e a biodiversidade. (pessimista).

Em relação aos dias chuvosos consecutivos (CWD, ou *Consecutive Wet Days*), as projeções indicam uma diminuição significativa em ambos os cenários futuros avaliados, principalmente no oeste do estado (Figura 3b). A climatologia de referência mostra um máximo de 21 a 29 dias consecutivos de chuva em toda a porção oeste do estado. As anomalias negativas no oeste do estado podem levar a redução de 3 a 5 dias no índice CWD nessa região. Anomalias negativas podem também levar a redução de 1 a 2 dias do índice CWD no leste do estado. Na linha costeira do estado as reduções do índice CWD são consideravelmente pequenas.

Apesar das projeções indicarem a diminuição da precipitação total, do aumento do número de dias sem

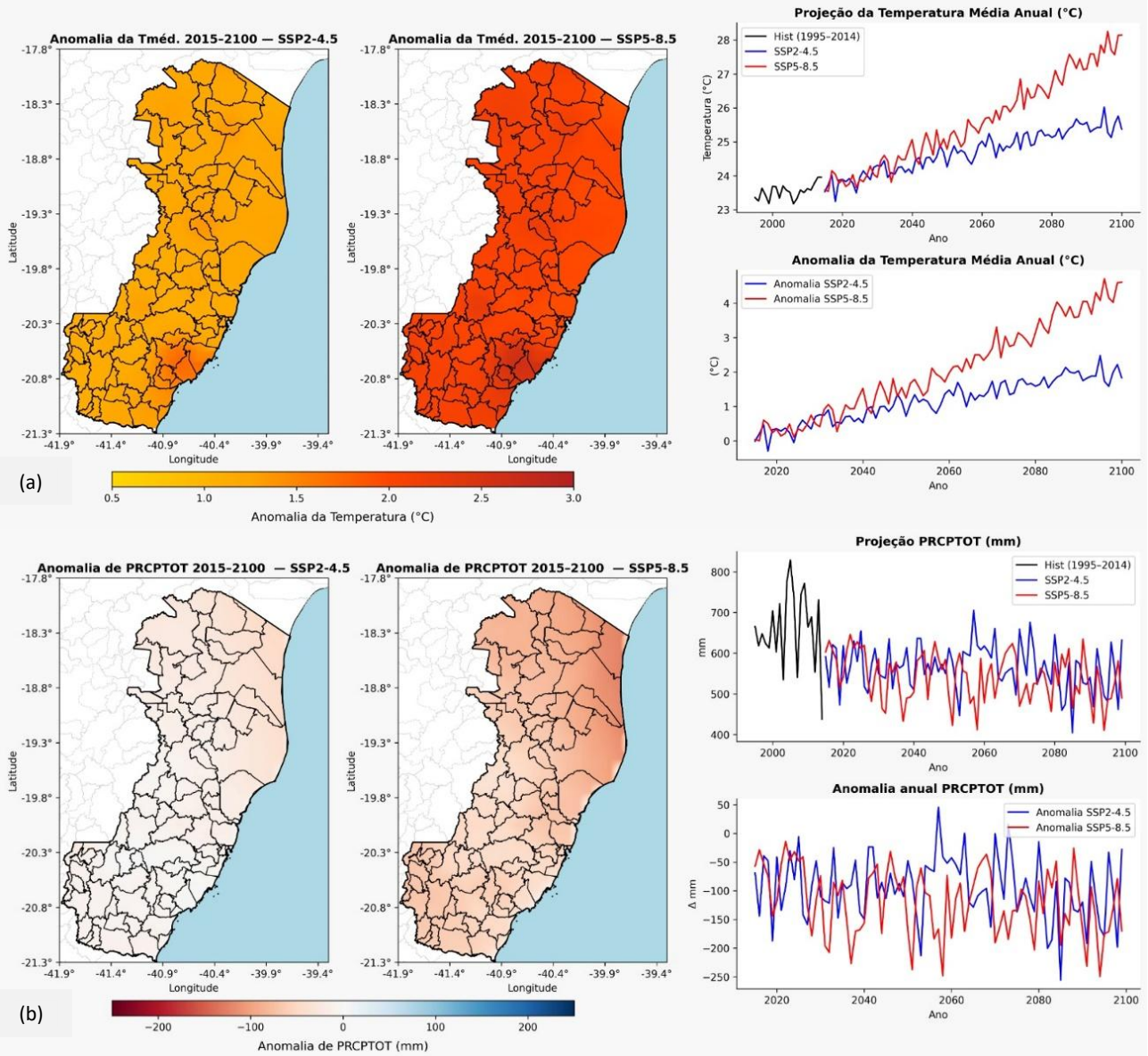


Figura 2. Anomalias de (a) temperatura média anual e (b) precipitação total (PRCTOT) em relação à média histórica entre 1995 e 2014 e suas projeções para os cenários futuros SSP2 4.5 (otimista) e SSP5 8.5 (pessimista).

chuva (CDD) e da diminuição do número de dias com chuva (CWD), são esperados aumentos da máxima precipitação diária (Rx1day) e da precipitação acumulada de 5 dias (Rx5days) em todo o estado, exceto na maior parte da microrregião nordeste do estado.

A climatologia de referência indica precipitações diárias intensas, quantificadas pelo índice Rx1day, com valores entre 64 mm e 68 mm na microrregião do Caparaó e no norte do município de São Mateus; no resto do estado Rx1day se apresenta entre 60 mm e 64 mm que representa também a ocorrência de chuvas fortes.

As projeções médias indicam um aumento na ocorrência desses dias em todo o estado, exceto na microrregião nordeste (Figura 4a). Na fronteira entre as microrregiões metropolitana, litoral sul e sudoeste serrana são encontradas as maiores anomalias. Na microrregião do Caparaó, as anomalias podem levar Rx1day médio a cerca de 83 mm e no sudeste do estado a cerca de 89 mm no período analisado.

As projeções indicam alta variabilidade das anomalias ao longo do tempo até 2100, com anomalias de positivas de 30 mm e anomalias negativas de cerca de 15 mm para o cenário SSP2-4.5. Para o cenário SSP5-8.5, as anomalias podem variar entre valores positivos superiores a 30 mm e valores negativos inferiores a 20 mm entre os anos presente e 2100. As maiores anomalias médias positivas que podem levar a chuvas muito intensas são esperadas nos municípios das fronteiras entre as microrregiões metropolitana, litoral sul e sudoeste serrana.

Ainda, no pior cenário, por exemplo, na região do Caparaó, as anomalias positivas podem levar a uma máxima precipitação diária de até 98 mm que representa chuva muito intensa, capaz de causar alagamentos, enxurradas e deslizamentos. Chuvas muito

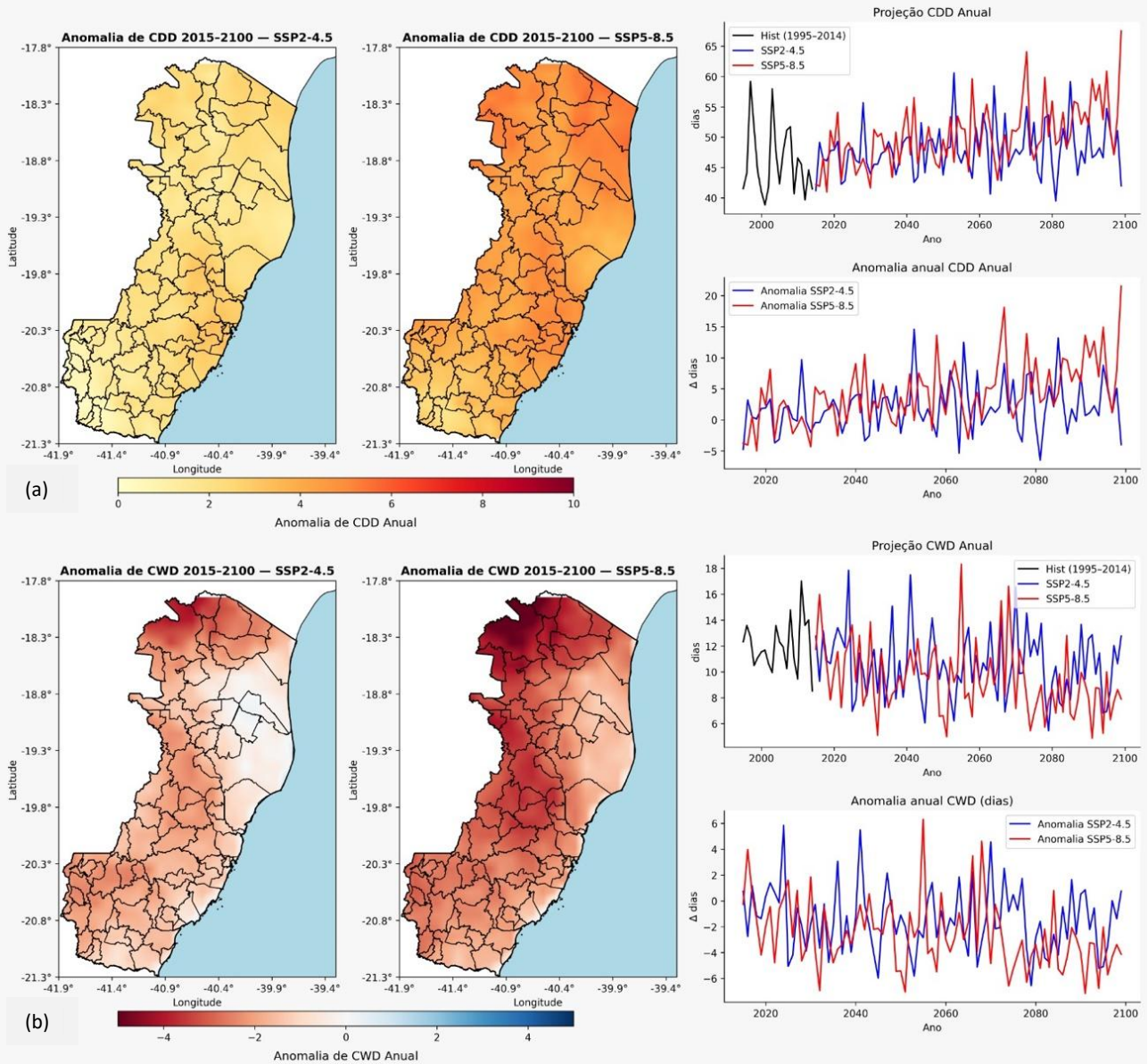


Figura 3. Anomalias de (a) dias consecutivos sem chuva (CDD) e (b) dias consecutivos com chuva (CWD) em relação à média histórica entre 1995 e 2014 e suas projeções para os cenários futuros SSP2 4.5 (otimista) e SSP5 8.5 (pessimista).

intensas podem ocorrer também em todo resto do estado com possibilidade de até 94 mm no pior cenário.

Outro indicador relevante é o índice RX5day, que reflete a máxima precipitação acumulada em cinco dias consecutivos. Essa medida é importante para avaliar o risco de deslizamentos de terra, pois períodos contínuos de chuva intensa são um fator crítico relacionado à instabilidade do solo. A climatologia atual mostra uma faixa de RX5day entre 145 mm e 160 mm na maior parte do estado e um valor máximo de 167 mm na região do Caparaó.

Para os cenários futuros (Figura 4b), projeta-se um aumento generalizado do RX5day em grande parte do estado, exceto no extremo nordeste. As anomalias mais importantes ocorrem principalmente na microrregião metropolitana, além das microrregiões centro-oeste e sudeste serrana bem como nas porções norte das microrregiões litoral sul, central sul e Caparaó. O cenário SSP2- 4.5 indica que podem ocorrer cm anomalias de até 66 mm. Isso significa que o índice Rx5day pode atingir valores de até 240 mm. Esse valor é bastante elevado indicando evento de chuvas extremas e persistentes com consequências sobre o solo e os sistemas de drenagem, enxurradas e transbordamento de rios, bem como impactos à infraestrutura e riscos à saúde e segurança.

Além disso, a elevação do nível médio do mar (NMM) representa outro desafio crítico, especialmente para as áreas costeiras. Utilizando a ferramenta de projeção de nível do mar da NASA, baseada no 6º Relatório de Avaliação do IPCC, as projeções para a cidade de Vitória indicam uma elevação do nível do mar de até 0,8 metros até 2100 no cenário mais severo, com possibilidade de alcançar valores acima de 1,0 metro, dependendo do

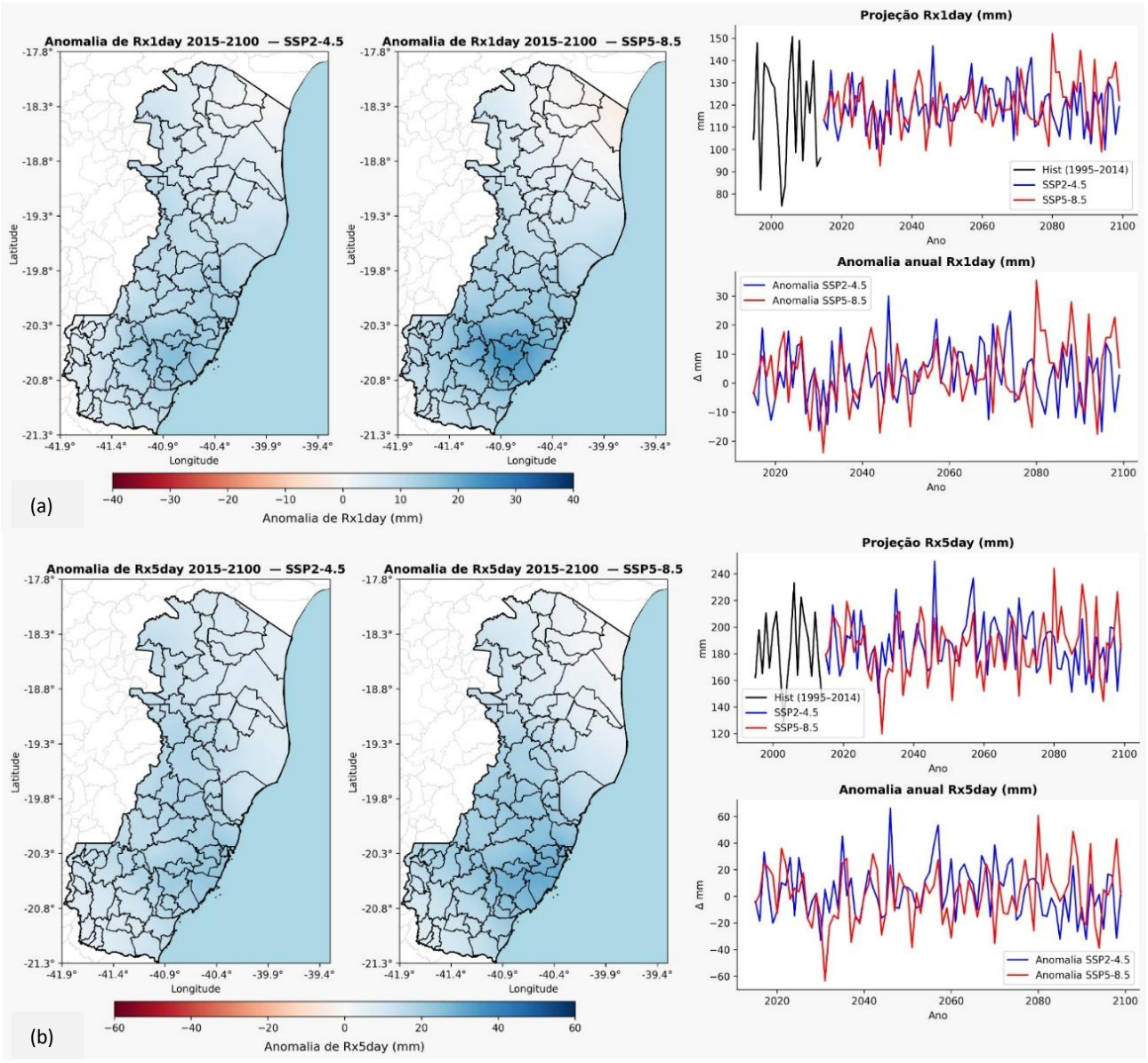


Figura 4. Anomalias da (a) máxima precipitação diária (Rx1day) e (b) máxima precipitação anual em 5 dias consecutivos (Rx5day) em relação à média histórica entre 1995 e 2014 e suas projeções para os cenários futuros SSP2 4.5 (otimista) e SSP5 8.5 (pessimista).

grau de confiabilidade dos modelos. Esse aumento significativo do NMM traz sérias implicações para as regiões costeiras do Espírito Santo, aumentando os riscos de erosão, salinização de mananciais e aquíferos e inundações frequentes em áreas baixas e densamente povoadas.

Nas áreas urbanas costeiras, como Vitória, Vila Velha e outras cidades no litoral do Espírito Santo, a elevação do NMM agravará problemas de drenagem e aumentará a frequência de inundações, principalmente durante eventos de chuvas intensas coincidindo com maré alta. A infraestrutura essencial, como estradas e redes elétricas, enfrenta riscos crescentes de degradação e interrupção. Estradas podem ser corroídas e danificadas, e subestações elétricas próximas ao litoral ficam vulneráveis a inundações e ao desgaste acelerado por água salgada.

Para o abastecimento de água, a intrusão salina compromete aquíferos e sistemas de captação próximos ao mar, o que pode exigir investimentos em dessalinização e novas fontes de água para abastecimento. Sistemas de esgoto e drenagem, que já enfrentam dificuldades durante marés altas, podem sofrer transbordamentos e falhas frequentes, elevando o risco de contaminação e doenças.

Diante dessas ameaças, torna-se imperativo investir em medidas de adaptação, como barreiras costeiras e realocação de infraestruturas essenciais, para mitigar os efeitos da elevação do nível do mar e assegurar a sustentabilidade e segurança das comunidades litorâneas do Espírito Santo.

4. POTENCIAIS IMPACTOS SOBRE O ESPÍRITO SANTO

Os potenciais impactos causados pelas mudanças climáticas no Estado do Espírito Santo foram analisados em diferentes eixos de adaptação. Os eixos de adaptação referem-se a áreas estratégicas ou temas principais que guiam ações e políticas voltadas para a adaptação às mudanças climáticas. Eles ajudam a estruturar iniciativas e priorizar recursos para as áreas mais críticas, assegurando que diferentes setores e aspectos da sociedade sejam considerados na elaboração de planos de adaptação, promovendo uma abordagem holística para enfrentar os desafios das mudanças climáticas no Espírito Santo.

4.1. PROTEÇÃO E DEFESA CIVIL

No Espírito Santo, assim como em todo o território nacional, a doutrina de defesa civil, reconhece e define desastre como o resultado de eventos adversos, naturais ou provocados pelo homem, em ecossistemas vulneráveis, causando danos humanos (mortos, feridos, desabrigados e desalojados), materiais e ambientais e consequentes prejuízos econômicos e sociais.

O Plano Estadual de Proteção e Defesa Civil (PEPDEC) identifica que o Espírito Santo possui alta suscetibilidade a desastres devido ao histórico de ocupação desordenada — cidades em margens de rios, encostas íngremes e áreas desmatadas — somado ao uso inadequado do solo e à presença de regiões sujeitas à desertificação.

A susceptibilidade a desastres naturais no Espírito Santo é influenciada por fatores climáticos, geomorfológicos e pedológicos, exigindo análises detalhadas para planejamento e gestão de riscos. O crescimento urbano desordenado e a falta de planejamento aumentam a vulnerabilidade, especialmente em encostas íngremes (movimentos de massa) e áreas de inundação (margens de rios), levando à ocupação de áreas periféricas sem infraestrutura adequada.

No Espírito Santo, 27 municípios apresentam mais de 40% da população em áreas de risco de deslizamentos e inundações, concentrados principalmente na região sul (Figura 5). Em média, 17% da população capixaba vive em áreas de risco, posicionando o estado como o segundo do Brasil em população exposta a desastres, conforme a Secretaria Especial de Articulação e Monitoramento da Casa Civil (2023).

Entre 2015 e 2024, foram registrados 1.191 desastres, sendo 27% incêndios florestais. Porém, inundações e chuvas intensas provocaram a maior parte de óbitos, desabrigados e afetados. O número de desastres e prejuízos econômicos aumentou ao longo dos anos: de R$ 2,24 bilhões (1994-2004) para R$ 15,36 bilhões (2014-2024). A maioria dos danos materiais e prejuízos públicos estão relacionados a enxurradas com danos à infraestrutura, enquanto os prejuízos privados estão mais ligados a estiagem e seca. A infraestrutura (abastecimento de água e esgoto), a agropecuária, a silvicultura e o comércio são os setores mais afetados pelos desastres. Os maiores danos materiais e prejuízos públicos ocorrem, principalmente, nos meses de dezembro e janeiro.

Geograficamente, a região sul do Rio Doce concentra a maioria dos desastres, devido a relevo íngreme, solos

rasos e baixa permeabilidade. O norte do estado, com relevo tabular e solos profundos, é menos suscetível a processos geodinâmicos, mas sofre com estiagem e seca. O aumento de incêndios florestais tem sido crescente, principalmente entre 2020 e 2024, devido à estiagem prolongada.

Entre 2011 e 2024, os tipos de desastres incluíram inundações bruscas, chuvas intensas, estiagens, desastres oceanográficos, geodinâmicos e biológicos, com destaque para inundações e enxurradas. Entre 2013 e 2024, ocorreram 451 óbitos, 14.186 desabrigados e 90.861 desalojados, com impacto significativo de doenças virais como dengue, zika e chikungunya.

Houve possibilidade de subnotificação de eventos, especialmente incêndios e movimentos de massa, devido a limitações nos protocolos de registro formal de desastres.

No âmbito municipal, foram implementados Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) em 27 municípios, com participação do Governo do Estado, Serviço Geológico do Brasil e prefeituras locais. No entanto, municípios vulneráveis como São Mateus e Marataízes ainda não possuem PMRR, mostrando lacunas na cobertura das políticas de prevenção.

4.2. RECURSOS HÍDRICOS

As mudanças climáticas intensificam o ciclo hidrológico global devido ao aumento da temperatura média da Terra, alterando a distribuição das precipitações e aumentando a frequência de eventos extremos, como chuvas intensas e secas prolongadas (Field et al., 2012; IPCC, 2014; IPCC, 2018; Arnell & Gosling, 2016; IPCC, 2021). Na América do Sul, espera-se redução das vazões médias dos rios, embora haja possibilidade de aumento das vazões máximas (Brêda et al., 2020). No Brasil, os estados são vulneráveis às alterações climáticas, com impacto no regime de chuvas e nos recursos hídricos, especialmente na região Sudeste (Lucena et al., 2009; Marengo et al., 2017; De Paula, 2020; Brêda et al., 2020).

No Espírito Santo, o clima apresenta alta variabilidade devido às regiões litorânea e serrana, sendo influenciado por diversos sistemas atmosféricos, como ENOS, ZCAS, ASAS, sistemas frontais, sistemas convectivos de mesoescala, Alta da Bolívia e Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis, além de sistemas locais como brisas e convergência costeira (Satyamurty et al., 1998; Regoto et al., 2018; Kodama, 1992; Reboita et al., 2021; Pereira et al., 2017). Esses fenômenos interagem para determinar o regime de chuvas do Estado, sendo afetados pelo aumento da temperatura e provocando tanto inundações quanto secas intensas (Regoto et al., 2018).

A partir de uma análise preliminar, utilizando modelagem hidrológica, percebe-se que em todos os cenários há uma tendência de redução das vazões médias diárias (Figura 6), bem como das vazões mínimas (não apresentadas aqui). No cenário SSP2-4.5 a maioria dos rios das bacias do Estado apresentam tendência de redução de até -10% na vazão média, mas podendo

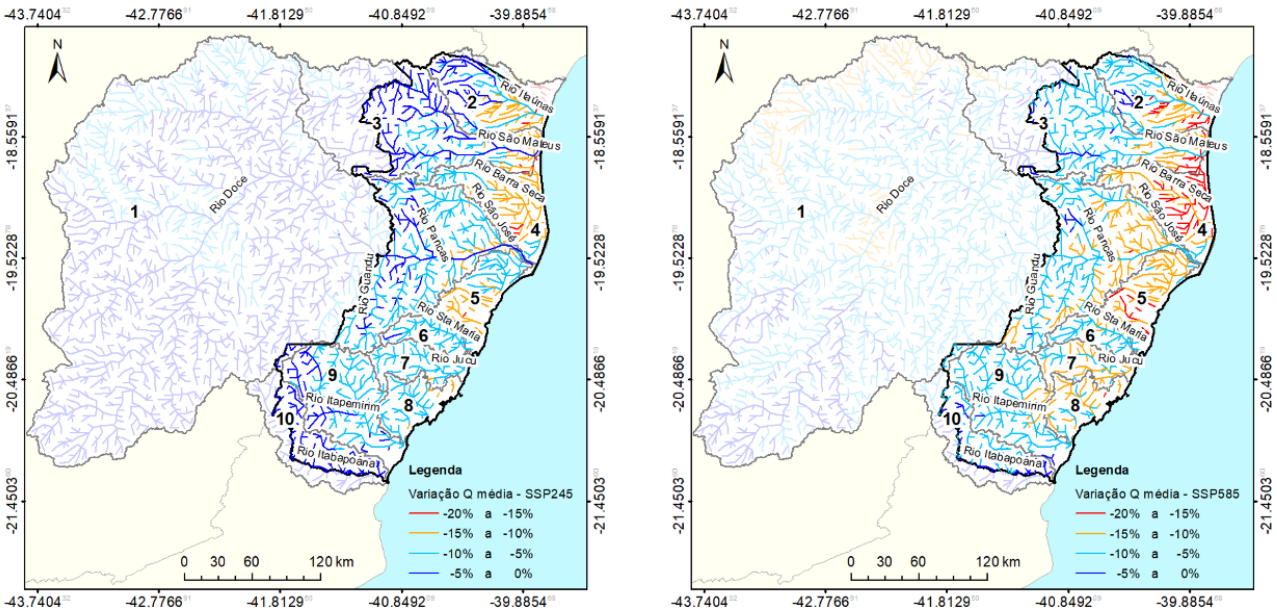


Figura 6. Variação da vazão média diária calculada como a média do conjunto de resultados (ensemble) no período futuro (2015-2085) em relação ao período histórico (1979-2014), para os cenários (a) SSP2-4.5 e (b) SSP5-8.5 do CMIP6.

chegar a -15% nas partes baixas das bacias dos rios Itaúnas, São Mateus, Barra Seca e porção sul da bacia do rio Riacho. Já no cenário SSP5-8.5 verifica-se redução de até -10% nas vazões médias em praticamente todas as bacias, exceto nas dos rios Itapemirim e Itabapoana, nas quais a redução média varia de -5% a -10%. Por outro lado, as porções baixas das bacias dos rios Itaúnas, São

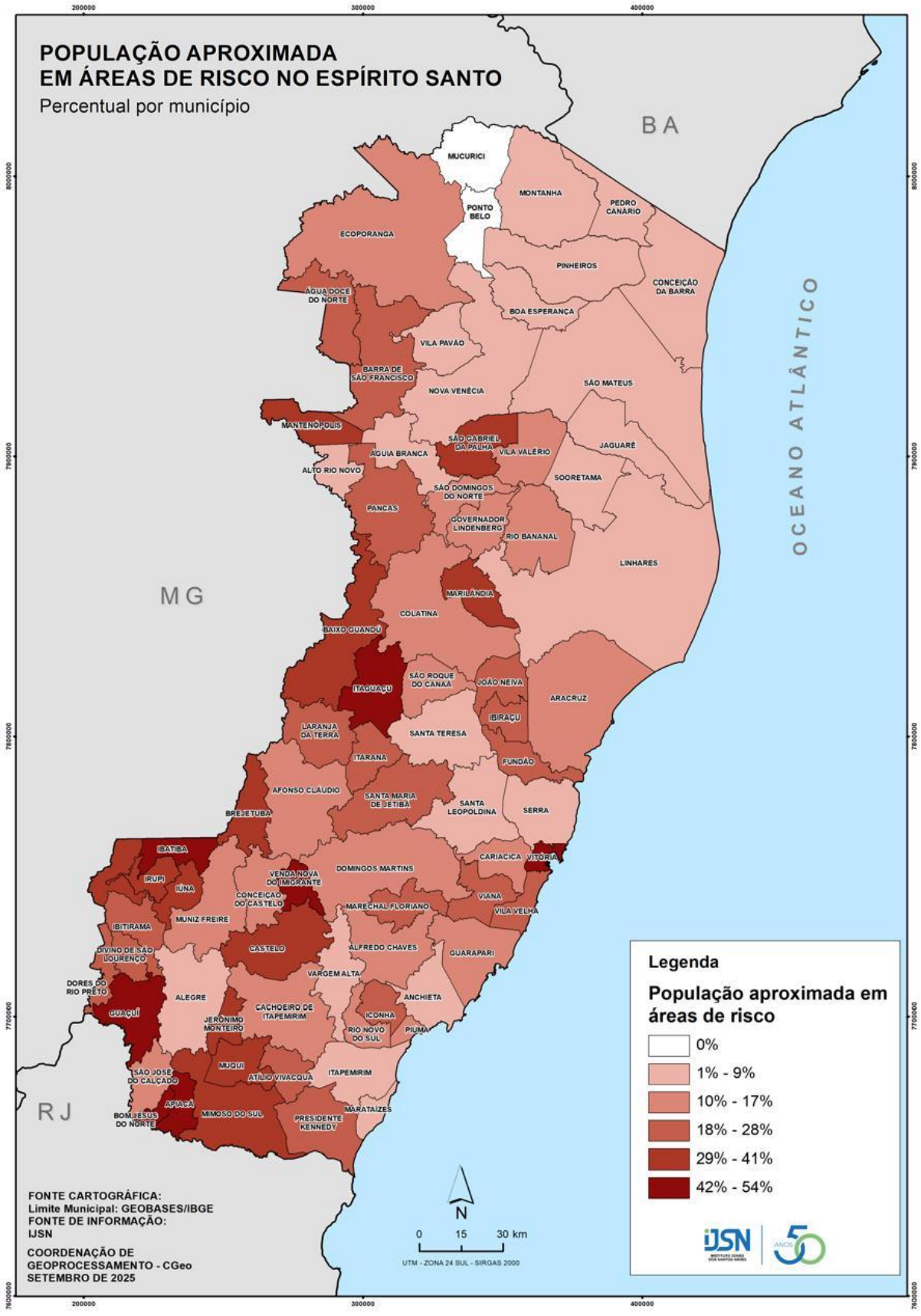


Figura 5. Percentual da população dos municípios capixabas em áreas de risco de deslizamentos e alta suscetibilidade à inundação. Fonte: IJSN (2025).

Mateus e Barra Seca podem ter suas vazões médias diárias reduzidas em até -20%.

Diferentemente das vazões médias, percebe-se que em todos os cenários há uma tendência de aumento das vazões máximas diárias, exceto na porção inferior das bacias dos rios Itaúnas e São Mateus, os quais podem ter redução das vazões máximas. No cenário SSP2-4.5 a maioria dos rios das bacias do Estado apresentam tendência de aumento de até 10% na vazão máxima, mas podendo chegar a 15% nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus. Já no cenário SSP5-8.5 verifica-se aumento de até 10% nas vazões máximas em praticamente todas as bacias. Por outro lado, as porções baixas das bacias dos rios Itaúnas, São Mateus e Barra Seca podem ter suas vazões máximas diárias reduzidas em até -10%.

É importante considerar que as avaliações apresentadas consideram as médias dos resultados dos 19 GCMs, mas a variabilidade entre os resultados individuais de cada modelo é elevada, de forma que a variação nas vazões pode ser ainda maior. Um estudo mais aprofundado e detalhado deve ser realizado para avaliar a faixa de variação das anomalias de vazão. Por outro lado, independentemente do modelo considerado, percebe-se que a recorrência de eventos extremos tem aumentado ao longo dos anos e tendem a se intensificar com os efeitos das mudanças climáticas.

Segundo Dela Costa (2022), os cenários climáticos futuros podem afetar significativamente a precipitação na bacia do rio Doce, uma das bacias federais que desaguam no Espírito Santo. O estudo realizado por Dela Costa (2022) utilizou o Modelo Hidrológico de Grandes Bacias - MGB (Collischonn; Tucci, 2001; Collischonn et al., 2007, Pontes et al., 2017) e as projeções futuras do MCR Eta (Marengo et al., 2011, Chou et al., 2014) aninhado aos modelos globais BESM, MIROC5, CanESM2 e HadGEM2-ES e avaliou os cenários RCP 4.5 e RCP 8.5.

O estudo mostrou que a bacia do rio Doce pode sofrer sérios problemas com redução da precipitação média ao longo do século 21 e, entre 2025 e 2049, poderá haver grande redução das vazões, acima de 60% a depender do modelo regional considerado, comprometendo o abastecimento humano, bem como a disponibilidade de água para agropecuária, indústria e geração de energia. Entre 2050 e 2074, poderá haver reduções maiores que 77% em 50% dos trechos da bacia e entre 2075 e 2099, esse percentual pode chegar a 91%. Tais impactos são previstos porque os modelos projetam um aumento considerável nas temperaturas médias da bacia do rio Doce ao longo dos próximos anos até o fim do século 21, especialmente no cenário pessimista RCP 8.5.

O Espírito Santo já enfrenta impactos recentes:

- Entre 2012 e 2020, houve 354 decretos de emergência e calamidade municipal, sendo 111 relacionados a ENOS, ZCAS e ASAS (Ribeiro, 2022; Regoto et al., 2018).
- Entre 2014 e 2017 ocorreu a seca mais severa no período recente, seguida por outro evento seco entre 2018 e 2020 (Baldotto, 2022).

No Espírito Santo, o setor agropecuário consome 94% da água, acima da média nacional de 80%. A gestão hídrica deve considerar dados históricos, vulnerabilidade das populações e ameaças das mudanças climáticas para garantir segurança hídrica e uso eficiente da água.

O Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERHES) projeta aumento da demanda em irrigação, abastecimento urbano e indústria, considerando três cenários:

1. Pessimista (“Remando contra a Corrente”) – crescimento baseado em exportação de commodities, baixa inovação e eficiência.
2. Tendencial (“Flutuando em Águas Conhecidas”) – crescimento contínuo sem mudanças significativas, apenas seguindo padrões passados.
3. Otimista (“Navegando em Águas Revoltas”) – desenvolvimento sustentável conciliando crescimento econômico, equidade social e proteção ambiental.

Em todos os cenários, a irrigação domina a demanda por água, seguida pelo abastecimento urbano e indústria. Entretanto, o PERHES ainda não incorporou plenamente os efeitos das mudanças climáticas nos recursos hídricos.

Os impactos das mudanças climáticas incluem redução da disponibilidade hídrica, prejuízos à agricultura, abastecimento humano e geração de energia, além do aumento do risco de doenças de veiculação hídrica (Confalonieri, 2003; Freitas et al., 2014).

Para mitigação, o Espírito Santo desenvolve medidas como o Programa Estadual de Construção de Barragens (SEAG), visando a segurança hídrica para irrigação, abastecimento e contenção de cheias (Dela Costa, 2022).

Em síntese, o Espírito Santo apresenta alta vulnerabilidade a eventos hidrológicos extremos, exigindo planejamento, adaptação e gestão integrada dos recursos hídricos frente às mudanças climáticas (Dela Costa, 2022; Baldotto, 2022; Ribeiro, 2022).

4.3. AGRICULTURA

O aumento da temperatura do ar, ondas de calor, secas severas e inundações mais frequentes poderão refletir

em magnitude, direta e indireta na produção agropecuária e silvicultura no Espírito Santo, com impactos significativos na produtividade, na qualidade e na sustentabilidade das atividades agropecuárias.

O Plano Estratégico de Desenvolvimento da Agricultura (PEDEAG-4) (2023-2032) inclui ações para adaptação climática da agricultura, como: (i) Ampliação do monitoramento agrometeorológico no ES. (ii) Pesquisa e desenvolvimento de novos materiais genéticos resilientes ao clima. (iii) Zoneamento climático para otimizar o uso de terras agrícolas considerando as mudanças climáticas. (iv) Estímulo ao desenvolvimento de tecnologias para eficiência no uso da água.

O PEDEAG-4 identifica a necessidade e apresenta metas para diminuir significativamente a quantidade de pastagens degradadas, recuperar as áreas de preservação permanente e aumentar as áreas de floresta plantada, bem como a integração de plantios com árvores e culturas ou pastagens. Ao mesmo tempo, o PEDEAG-4 tem como meta sair dos 43,3% para 55% das propriedades com agricultura irrigada, portanto, há necessidade a curto e médio prazo de aumentar significativamente as reservas de água. Entretanto, as projeções climáticas apontam para menor disponibilidade hídrica no Espírito Santo.

Considerando o Censo Agropecuário de 2017, 88% das propriedades rurais do estado apresentam áreas iguais ou inferiores a 50 hectares (IBGE, 2024), portanto, é notória a importância das pequenas propriedades e da agricultura familiar no Espírito Santo. A agropecuária e a silvicultura representam aproximadamente 6% do PIB capixaba (IJSN, 2024) e empregam 13,1% da mão de obra do ES. Por sua vez, o agronegócio representa um terço das riquezas do Espírito Santo, sendo a principal atividade econômica em 80% dos municípios capixabas (PEDEAG-4, 2024), deixando evidente a importância econômica e social do agronegócio para os agricultores e seus respectivos municípios.

Em 2022, o café representou mais de 50% do PIB agropecuário (e silvicultura), 34,49% relativos ao café conilon e 16,32% ao café arábica. As mudanças climáticas ameaçam culturas importantes, como o café conilon e arábica, que podem enfrentar desafios de produtividade e qualidade devido ao aumento das temperaturas e à variabilidade hídrica. As mudanças também podem afetar a segurança alimentar e forçar uma reestruturação na escolha das culturas e na localização das plantações.

O Espírito Santo já enfrenta problemas com pastagens degradadas, especialmente nos municípios com características de região semiárida. Em 2021, foram redefinidos os limites do semiárido, incluindo Baixo Guandu, Ecoporanga, Itaguaçu, Itarana, Mantenópolis e Montanha, onde as projeções climáticas indicam aumento dos períodos de seca.

As plantas e animais necessitam de uma faixa adequada de temperatura para seu crescimento e desenvolvimento, pois essa variável influencia diretamente o metabolismo dos seres vivos. Quando expostas a temperaturas extremas, as plantas apresentam estresse térmico que pode afetar significativamente a produtividade (Taiz et al., 2014, Rodrigues et al., 2016, Martins et al., 2024). Por exemplo, em 2017, devido as ondas de calor, houve abortamento significativo de flores em pimenta do reino e, consequentemente, queda da produção no Espírito Santo (G1, 2024c). Fato similar ocorreu no final de 2023, quando ondas de calor provocaram queda da produção esperada do café conilon em aproximadamente 30% (Cafeicultura, 2024).

Grande parte das espécies cultivadas evoluíram em condições de sombra. Contudo, a maioria dos plantios no Espírito Santo são em sistema a pleno sol, onde as plantas crescem quase inteiramente sob luz solar plena, com grande sucesso e alto rendimento. No entanto, o cultivo de sombreamento pode ser usado como uma alternativa para adaptação ao aumento da temperatura ocasionado pelas mudanças climáticas (Jawo et al., 2022, Salvador et al., 2024). Esse tipo de cultivo favorece ainda a diversificação e conservação dos recursos naturais. Outra tecnologia que pode ser utilizada é o "protetor solar" que pode reduzir o efeito a alta radiação (Bernardo et al., 2024).

O cultivo de café em sistemas agroflorestais aumenta a abundância e diversidade no ambiente (Pezzopane et al., 2010; Araújo et al., 2014, 2015, 2016; Dobo et al., 2018; Oliveira et al., 2018; Tapaça et al., 2024), atenua a alta temperatura e melhora a qualidade do solo (Partelli et al., 2014; Oliosi et al., 2016), portanto, pode ser uma alternativa promissora para adaptação às frequentes ondas de calor, somadas a outras alternativas como plantas mais tolerantes ao estresse térmico. Entretanto, ainda há necessidade de investigações científicas sobre o nível de sombreamento para as diferentes culturas e diferentes árvores e sobre genótipos ou variedades mais tolerantes, entre outras.

Historicamente, o Espírito Santo passou por várias secas importantes, como por exemplo, a que durou do

segundo semestre de 2014 ao início de 2016, causando gigantescos danos econômicos e sociais. A agropecuária foi a mais atingida, com a produção de café sofrendo uma queda de 25% na safra 2014/2015 e de 50% nas duas safras seguintes (2015/2016 e 2016/2017), fazendo com que a produção só retornasse aos níveis pré-crise (acima de 10 milhões de sacas) na safra 2018/2019 (ALES, 2024; G1, 2024a; G1, 2024b; CONAB, 2025). Nesse período, grande parte das lavouras de café conilon, bem como de pimenta do reino eram irrigadas e muitos agricultores tinham barragens em suas propriedades. Contudo, com grande uso e falta de chuva por quase dois anos, houve o secamento de muitas barragens e leitos de córregos e rios. Assim, muitos agricultores fizeram drenagens profundas em leitos de córregos, poços rasos e artesianos em busca de água subterrânea. Essa seca provocou uma perda superior a 3,5 bilhões de reais devido, principalmente, à queda da produção do café conilon (G1, 2024a). Esse fato, dentre outros, mostra o imenso prejuízo ocasionado pela seca e a evidente necessidade de captar e armazenar água, bem como conhecer o potencial das reservas de água superficiais e subterrâneas, mas, principalmente, otimizar o uso da água e melhorar as espécies para enfrentamento da escassez hídrica.

Por outro lado, as enchentes podem ocasionar o estresse hídrico por afogamento das culturas, uma vez que a grande maioria das plantas não suporta mais de dois ou três dias com solo submerso em água e, portanto, sem oxigênio disponível para o metabolismo respiratório de raízes. As enchentes podem também ocasionar danos físicos estruturantes nas áreas produtivas, desde a interdição de estradas, desmoronamentos e erosões, até a danificação de estruturas prediais, morte de animais e de pessoas. Medidas de prevenção estão associadas a aprimoramentos para melhoria da absorção de água no solo e da sua capacidade de armazenamento, impedindo ou diminuindo o escoamento superficial das águas. Para isso, deve-se buscar constantemente o manejo sustentável das lavouras, com práticas conservacionistas, plantio de árvores, cultivares melhoradas, construção de caixas secas, terraços, barraginhas e barragens.

4.4. SAÚDE

A identificação dos impactos das mudanças climáticas na saúde é essencial para aprimorar a atenção e a segurança dos pacientes, permitindo que os sistemas de saúde antecipem demandas em cenários adversos.

A Política Nacional de Vigilância em Saúde (2018) orienta ações integradas em todo o SUS, com foco em populações vulneráveis. Em 2024, o Ministério da Saúde criou a Coordenação-Geral de Mudanças Climáticas e Equidade em Saúde (CGCLIMA) e a Sala Nacional de Situação de Emergências Climáticas em Saúde, além de um guia prático para profissionais, com base em material da OPAS, abordando doenças e agravos relacionados a eventos climáticos extremos.

Os impactos à saúde incluem traumas físicos por desastres e agravos não traumáticos, especialmente em pessoas vulneráveis. Eventos como calor, frio, secas, inundações e poluição estão associados a doenças cardiovasculares, respiratórias, renais, cutâneas, neurológicas, gastrointestinais, oftalmológicas, mentais e materno-infantis, além de zoonoses e arboviroses.

No Espírito Santo, os desastres hidrológicos (inundações e enxurradas) causam o maior número de vítimas, seguidos de deslizamentos, estiagens, incêndios e a expansão das arboviroses. Esses eventos demandam preparo do sistema de saúde para o aumento das ocorrências.

A regulação térmica humana permite adaptação a extremos de temperatura, mas o calor excessivo pode causar hipertermia, desidratação e colapso cardiovascular, especialmente em grupos vulneráveis como idosos, crianças, pessoas de baixa renda, acamados e povos tradicionais.

A Organização Meteorológica Mundial (OMM) define ondas de calor como eventos que ocorrem quando a temperatura máxima diária é 5ºC superior àquela do período de referência por tempo superior a 6 dias na mesma região. O enfrentamento das ondas de calor exige monitoramento climático, emissão de alertas, capacitação de profissionais, reforço em insumos e protocolos de atendimento, além de campanhas públicas sobre hidratação, alimentação e vestimentas adequadas.

A dengue é a principal arbovirose do estado, com aumento expressivo de casos (mais de 300 mil em 2023–2024). O Aedes aegypti, vetor da doença, tem proliferação favorecida por temperaturas elevadas e água parada. O controle requer ações integradas: eliminação de criadouros, monitoramento, diagnóstico rápido e descentralizado e campanhas educativas.

O setor de saúde deve fortalecer sua preparação para desastres ambientais, com coordenação entre órgãos, definição de unidades de referência, treinamento de equipes, estoques emergenciais e vigilância pós-desastre contra doenças infecciosas.

Eventos extremos podem comprometer a infraestrutura hospitalar, o fornecimento de energia e o funcionamento de sistemas essenciais, exigindo planejamento e adaptação contínua para garantir resiliência diante das mudanças climáticas.

4.5. INFRAESTRUTURA

As mudanças climáticas aumentam os riscos para a infraestrutura, afetando transporte, energia, saneamento e abastecimento de água. Eventos como chuvas intensas, ventos fortes, incêndios, deslizamentos e inundações comprometem estradas, portos, aeroportos e redes elétricas. A elevação do nível do mar e a intrusão salina agravam a escassez de água doce, causam assoreamento e dificultam a navegação, impactando comunidades pesqueiras e zonas costeiras.

Estudo do Banco Mundial (2020) apontou que secas e estiagens geraram os maiores prejuízos econômicos no Brasil (R$ 199,83 bi), mas os maiores danos em infraestrutura decorrem de enxurradas (R$ 18 bi) e inundações (R$ 9 bi). O Espírito Santo ocupa a 10ª posição nacional em danos e a 5ª quando ajustado pelo PIB, sendo o estado com maior proporção de perdas na Região Sudeste.

A infraestrutura capixaba é cada vez mais vulnerável a fenômenos como a elevação do nível do mar, erosão costeira, chuvas extremas e deslizamentos de terra, exigindo planejamento adaptativo e medidas de resiliência.

A intrusão salina contamina mananciais e aquíferos, reduz a oferta de água potável e danifica sistemas de captação e esgoto. Afeta o escoamento pluvial, intensifica enchentes e erosão, além de ameaçar rodovias e subestações elétricas próximas à costa. Cidades como Vitória, Vila Velha, Serra e São Mateus já enfrentam impactos recorrentes.

A intensificação de tempestades e a alteração do regime de ondas provocam perda de praias e destruição de infraestruturas. Rodovias como a ES-010 e a ES-060 sofrem erosões que ameaçam sua integridade. Subestações, redes de água e esgoto também são afetadas pela instabilidade do solo e pela intrusão marinha.

As chuvas extremas associadas à Zona de Convergência do Atlântico Sul (chuvas volumosas) e à orografia (chuvas intensas), causam enchentes urbanas, deslizamentos e interrupções em transporte e energia. Municípios como Guriri e Pontal do Ipiranga sofrem alagamentos frequentes. Os sistemas de drenagem e esgoto entram em colapso, gerando riscos à saúde pública.

Os deslizamentos de terra relacionados às chuvas intensas, ocorrem pela saturação do solo e perda de estabilidade. Bloqueiam rodovias e ferrovias, isolam comunidades e danificam redes elétricas, de água e esgoto. Além de causar prejuízos econômicos, aumentam o risco sanitário e comprometem serviços essenciais.

Esses fatores destacam a necessidade de políticas e planos de adaptação que reforçam a resiliência do Espírito Santo, incluindo o fortalecimento das capacidades locais, melhorias na infraestrutura e a criação de sistemas de monitoramento, previsão e resposta eficazes para enfrentar os impactos climáticos projetados para as próximas décadas.

4.6. CIDADES

Os impactos climáticos nas cidades capixabas variam conforme localização, porte, infraestrutura, condições socioeconômicas e políticas públicas. A vulnerabilidade aumenta em áreas próximas ao mar, rios e encostas, onde predominam populações de baixa renda expostas a deslizamentos e inundações. Idosos, crianças e moradores em habitações precárias são os mais afetados, dada a baixa capacidade de prevenção e recuperação diante de desastres.

A vulnerabilidade climática nas cidades capixabas não se distribui de forma homogênea no território urbano. Diferentes zonas intraurbanas apresentam padrões distintos de exposição e sensibilidade às ameaças climáticas, bem como de sua capacidade adaptativa, exigindo uma análise diferenciada que subsidie a formulação de políticas públicas territorialmente sensíveis.

A adaptação exige estratégias diferenciadas: infraestrutura verde e drenagem moderna em centros urbanos; infraestrutura básica e controle do uso do solo nas periferias; urbanização e reassentamento em favelas; e obras de proteção e recuo planejado nas zonas costeiras.

O Espírito Santo possui 78 municípios com grande diversidade socioeconômica, institucional e geográfica, exigindo estratégias de adaptação climática diferenciadas. Para o planejamento do PEAMC, eles se agrupam em quatro tipologias principais (Figura 7):

Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV)

Concentra 40% da população e a maior parte do PIB estadual. Enfrenta ilhas de calor, impermeabilização do solo, drenagem insuficiente e riscos costeiros (elevação do nível do mar e erosão).

A desigualdade socioespacial é acentuada, com áreas ricas resilientes e assentamentos precários.

Dispõe, contudo, de alta capacidade institucional, técnicos qualificados e instrumentos de planejamento como o PDUI, favorecendo ações coordenadas de adaptação.

Prioridades: infraestrutura verde, drenagem sustentável, proteção costeira e governança metropolitana integrada.

Cidades médias (polos regionais)

Incluem Cachoeiro de Itapemirim, Linhares, Colatina, São Mateus e Aracruz.

Com 50–200 mil habitantes, enfrentam crescimento urbano desordenado, ocupação de áreas de risco e vulnerabilidade a inundações.

Têm capacidade institucional intermediária, mas infraestrutura limitada e dependência de setores econômicos sensíveis ao clima.

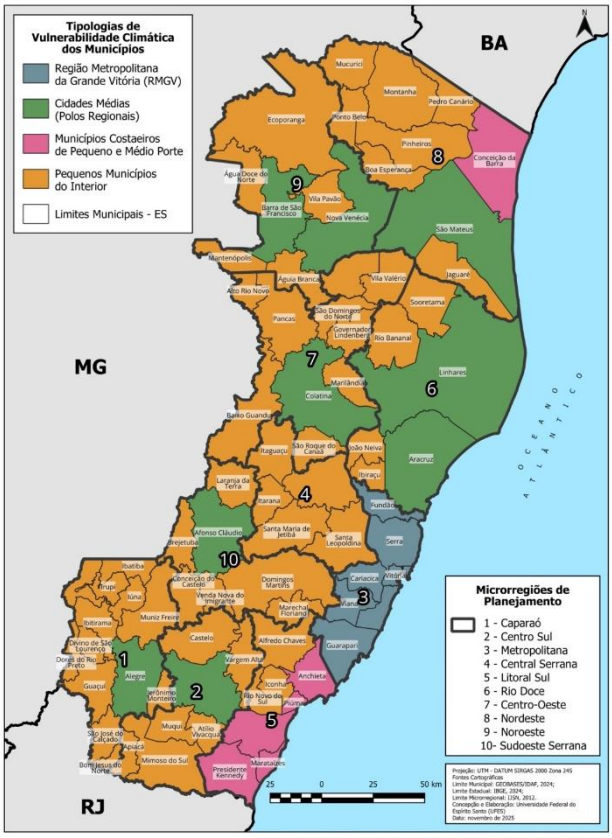


Figura 7. Microrregiões de planejamento e classificação dos municípios do Espírito Santo por tipologia de vulnerabilidade climática.

Prioridades: atualização de Planos Diretores com critérios climáticos, drenagem sustentável, arborização urbana e fortalecimento da defesa civil.

Pequenos municípios do interior

A maioria (cerca de 60) possui menos de 50 mil habitantes e economias rurais dependentes da agricultura familiar e pecuária, altamente sensíveis a secas e enchentes.

Possuem infraestrutura precária, pobreza acentuada e baixa capacidade institucional (falta de técnicos e recursos).

Prioridades: apoio técnico estadual, capacitação de gestores, consórcios intermunicipais, planos de contingência e soluções baseadas na natureza (matas ciliares e contenção de encostas).

Municípios costeiros de pequeno e médio porte

Como Marataízes, Piúma, Anchieta, Conceição da Barra e Presidente Kennedy, combinam vulnerabilidades urbanas e riscos específicos do litoral — erosão, intrusão salina e elevação do nível do mar.

Dependem economicamente do turismo e da pesca artesanal, setores altamente vulneráveis.

Prioridades: estudos de vulnerabilidade costeira, restauração de ecossistemas (manguezais e dunas), recuo planejado e diversificação econômica.

A análise aprofundada dessas vulnerabilidades pode ser organizada em três eixos interdependentes:

- Fisiográficas e ambientais: relevo acidentado, pequenas bacias hidrográficas, degradação do solo e cobertura vegetal.
- Urbanas: ocupação de vales e encostas, infraestrutura subdimensionada, isolamento durante desastres.
- Socioespaciais: dependência agrícola, baixa arrecadação, êxodo rural e envelhecimento populacional, além de limitada percepção de risco.

4.7. VULNERABILIDADE SOCIAL E JUSTIÇA CLIMÁTICA

4.7.1. Vulnerabilidade social e desigualdades no Espírito Santo

Em 2022, 28,7% da população capixaba vivia com menos de meio salário-mínimo per capita, concentrada em áreas urbanas pobres e no interior. Municípios como

Alegre, Mucurici e Ponto Belo registram baixas rendas médias, enquanto cidades litorâneas como Guarapari e São Mateus enfrentam alta informalidade habitacional e riscos de enchentes e erosão. No interior, locais como Baixo Guandu e Itarana sofrem com moradias precárias e falta de saneamento.

A Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV) tem mais oportunidades econômicas, mas também grande desigualdade social, com cidades como Vila Velha, Serra e Cariacica apresentando amplas áreas periféricas e habitação irregular.

A população negra e parda (cerca de 60%) concentra-se nas zonas mais vulneráveis, reflexo histórico da exclusão social. Mulheres, especialmente negras e pobres, sofrem impactos climáticos mais severos devido às desigualdades de gênero e acesso limitado a recursos e participação política.

Em 2023, segundo o IJSN, a pobreza atingia 30,1% da população geral e 73,2% dos inscritos no CadÚnico. As microrregiões Nordeste (43,4%) e Litoral Sul apresentaram maiores percentuais, enquanto Santa Teresa, Vila Velha e Vitória registraram os menores (Figura 8a).

A extrema pobreza alcançou 18,5% da população em geral e 45,0% dos inscritos no CadÚnico, chegando a mais de 50% em municípios como Ibitirama, Ponto Belo, Boa Esperança, Alto Rio Novo do Sul e Conceição da Barra (Figura 8b).

O Índice de Desenvolvimento da Família (IDF)[2] de 2024 foi de 0,734, com 66,7% dos municípios em nível médio.

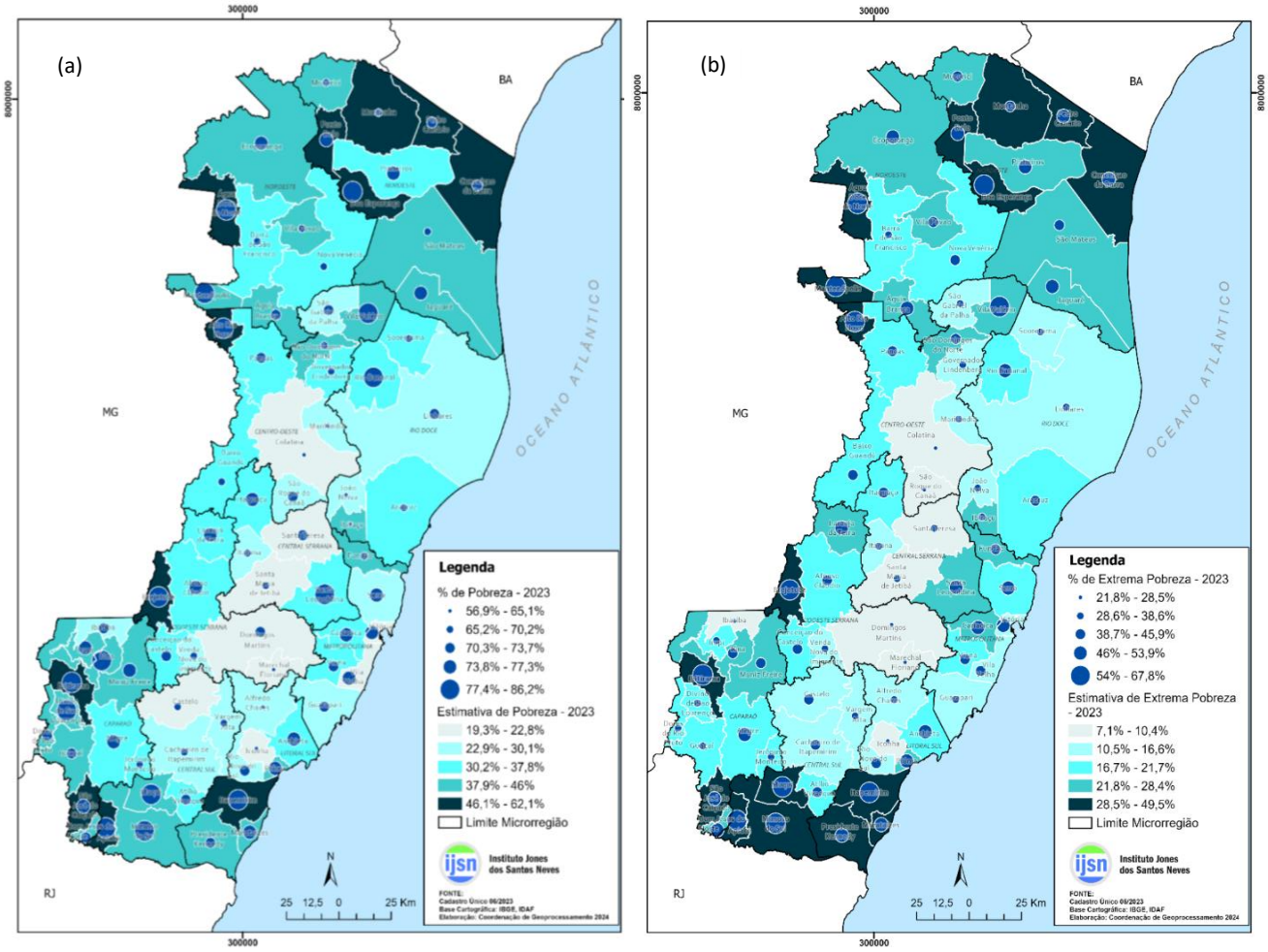


Figura 8. Percentual de pobreza no CadÚnico e estimativa de (a) pobreza e (b) extrema pobreza na população – por município, em 2023 (IJSN, 2025).

[2] O IDF é um sintético que busca medir o nível de desenvolvimento social que uma família possui em relação a diversas necessidades básicas, medido o desenvolvimento social a partir de 6 dimensões: ausência de vulnerabilidade, acesso ao conhecimento, acesso ao trabalho, disponibilidade de recurso, desenvolvimento infantil e condições habitacionais.
Seu valor varia de 0 a 1 e quanto mais próximo de 0 mais vulnerável a família é. Sua metodologia original, produzida pelo IPEA, utilizava dados da PNAD contínua e foi adaptada pelo IJSN a partir de dados do Cadastro Único.
O IDF vem sendo utilizado como subsídio para a construção de políticas públicas desenvolvidos pela Secretaria de Trabalho, Assistência e Desenvolvimento Social (SETADES) e está disponível para consulta pública na aba de monitoramento das políticas no site da https://setades.es.gov.br/IDF

Contudo, cidades como Alto Rio Novo, Vila Valério, Brejetuba e Águia Branca exibem baixa disponibilidade de recursos, acesso ao trabalho e condições habitacionais, figurando entre as mais sensíveis socioeconomicamente. Já Ibiraçu, Bom Jesus do Norte, Colatina e João Neiva estão entre as de melhor desempenho.

Reconhecer desigualdades regionais, raciais e de gênero é essencial para planejar ações afirmativas de adaptação climática que ampliem a resiliência das populações mais vulneráveis. As mudanças climáticas não afetam todos da mesma forma. Tornar as cidades mais resilientes exige reconhecer essas contradições e desigualdades e, a partir delas, desenvolver ações afirmativas que ampliem a capacidade de resposta das pessoas e comunidades diante dos eventos extremos.

4.7.2. Capacidade institucional e adaptação climática nos municípios capixabas

A implementação de políticas de adaptação climática depende da capacidade institucional municipal — o conjunto de recursos humanos, técnicos, normativos, financeiros e organizacionais que viabilizam o planejamento, execução e monitoramento de políticas públicas. No Espírito Santo, essa capacidade é altamente desigual entre os 78 municípios.

As principais dimensões dessa capacidade são:

- Técnica e de recursos humanos: há forte disparidade entre grandes e pequenos municípios. Enquanto a RMGV e cidades médias contam com equipes qualificadas, os pequenos carecem de técnicos especializados e sofrem com alta rotatividade e descontinuidade administrativa. A oferta de capacitação em gestão de riscos e adaptação climática é escassa, dificultando o acesso a recursos externos.
- Planejamento e instrumentos normativos: muitos Planos Diretores estão desatualizados e raramente incorporam diretrizes climáticas. Apenas 18 municípios possuem Planos Municipais de Redução de Riscos (PMRR) ativos. Pequenos municípios, sem legislação urbanística ou ambiental própria, dependem de normas estaduais e federais.
- Financeira e orçamentária: a maioria dos municípios depende de transferências federais (FPM) e carece de capacidade técnica para gerir convênios e elaborar projetos para captação de recursos. Já os maiores possuem arrecadação própria e maior autonomia financeira.
- Coordenação intersetorial: poucos municípios possuem instâncias formais de integração entre setores (meio ambiente, obras, saúde, assistência). A fragmentação dificulta ações conjuntas e o diálogo com o governo estadual e consórcios intermunicipais.
- Monitoramento e gestão da informação: há carência de dados, mapas e sistemas de indicadores, o que limita o planejamento e a avaliação de políticas. Poucos municípios utilizam ferramentas de geoprocessamento ou dispõem de bases atualizadas sobre áreas de risco.

Em síntese, a baixa capacidade institucional, especialmente nos municípios pequenos e do interior, é um dos principais entraves à efetividade da adaptação climática no Espírito Santo.

4.8. RISCOS CLIMÁTICOS

Segundo o IPCC, o risco climático é o resultado da interação entre ameaças climáticas, exposição e vulnerabilidade (Figura 9). As ameaças referem-se a eventos extremos como secas, enchentes ou ondas de calor; a exposição, à presença de pessoas, bens e ecossistemas em áreas suscetíveis; e a vulnerabilidade, à suscetibilidade desses elementos, determinada pela sensibilidade e pela capacidade adaptativa dos sistemas afetados.



Figura 9. Risco climático e suas três dimensões: Ameaça, exposição e vulnerabilidade (Brasil, 2025a).

O Sistema AdaptaBrasil MCTI, criado em 2020, aplica essa metodologia para mensurar os riscos climáticos em nível municipal, integrando dados climáticos, socioeconômicos e ambientais. Cada município recebe índices numéricos (de 0 a 1) e categorias que variam de muito baixo a muito alto, permitindo comparações e o acompanhamento temporal dos riscos.

A capacidade adaptativa, nesse sistema, é estimada a partir de indicadores de potencial de resposta (como renda ou capacidade fiscal), mas não mede a efetividade das ações implementadas. Assim, o índice reflete um potencial de risco, e não o risco real observado. A principal virtude desse sistema é possibilitar a análise comparativa e o acompanhamento da evolução dos riscos ao longo do tempo, especialmente diante do agravamento das ameaças projetadas em cenários futuros.

Para detalhes sobre os modelos e métodos empregados pelo Sistema AdaptaBrasil no cálculo dos índices de ameaça, exposição e vulnerabilidade que compõem o risco climático, recomenda-se a consulta direta à sua plataforma https://adaptabrasil.mcti.gov.br/

Os impactos decorrentes das ameaças climáticas variam conforme o setor analisado, bem como em função dos níveis de exposição e vulnerabilidade associados. Nesse contexto, apresentam-se a seguir os riscos climáticos estimados com base no Sistema AdaptaBrasil, referentes aos eixos temáticos de adaptação do Plano de Adaptação às Mudanças Climáticas do Espírito Santo — Recursos Hídricos, Saúde e Proteção e Defesa Civil.

4.8.1. Risco climático associado aos recursos hídricos

O risco climático associado aos recursos hídricos está relacionado ao estresse hídrico resultante da ameaça de escassez de água e da exposição da população e dos diversos usuários setoriais — urbanos, rurais, industriais, de mineração, agropecuários e outros. A vulnerabilidade desses grupos decorre de fatores que influenciam sua sensibilidade, como a insegurança no abastecimento humano, o balanço hídrico das atividades produtivas, os efeitos sobre a saúde da população, a pressão antrópica sobre o uso e a ocupação do solo, a distribuição da água entre os diferentes usos e a segurança de barragens. A capacidade adaptativa depende da eficácia da gestão e do planejamento dos recursos hídricos, do fortalecimento da resiliência hídrica, da capacidade de adaptação dos setores produtivos e das condições socioeconômicas das famílias.

A ameaça de escassez hídrica foi estimada em função das mudanças percentuais da vazão média de longo termo de cada bacia hidrográfica devido às alterações na precipitação e evapotranspiração potencial, correspondendo à oferta hídrica de uma bacia baseada no balanço hídrico.

O nível do índice de risco de estresse hídrico no Espírito Santo é, de forma geral, alto e médio em todo o estado (Figura 10a). Exceções são os municípios São Domingos

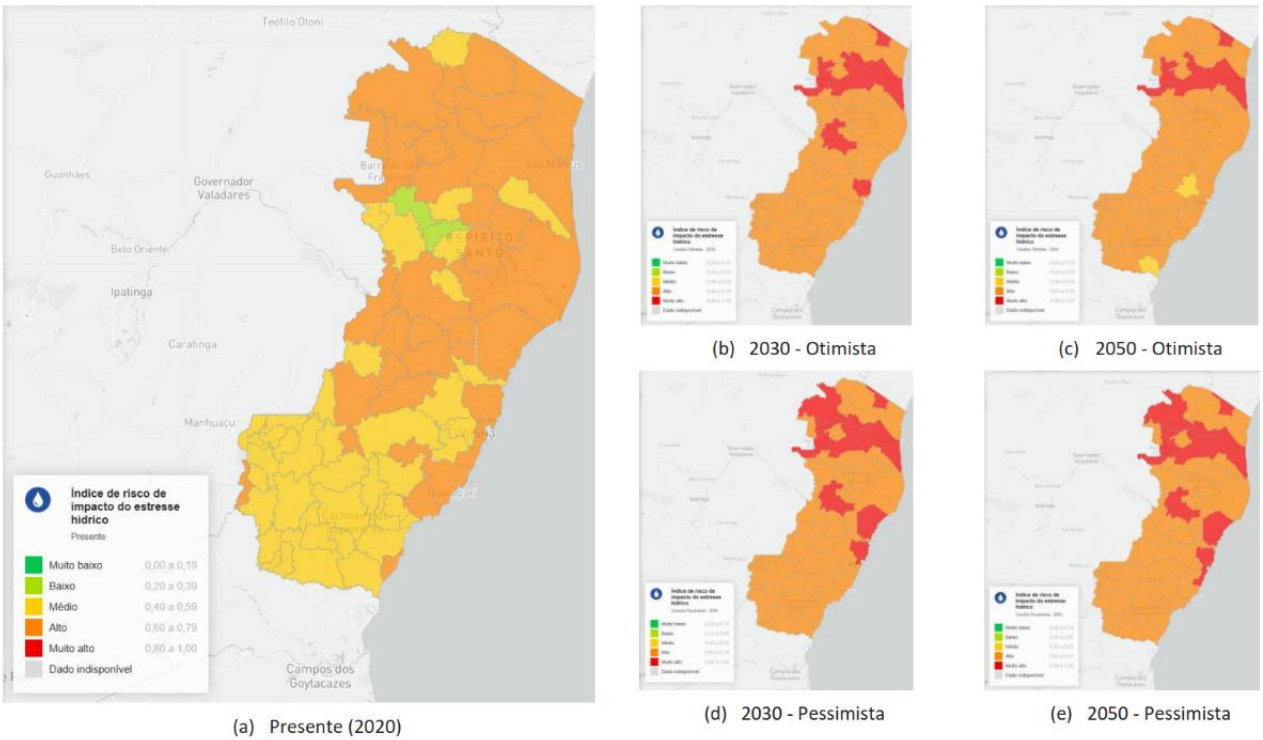


Figura 10. Índice de risco de impacto de estresse hídrico: (a) presente (2020), (b) 2030 com cenário otimista, (c) 2050 com cenário otimista, (d) 2030 com cenário pessimista e (e) 2050 com cenário pessimista (Brasil, 2025b).

do Norte e Águia Branca, ao norte do Rio Doce, que apresentam baixo risco devido à baixa ameaça de escassez hídrica, baixa sensibilidade e alta capacidade de adaptação, apesar de média exposição da população e muito baixa dos demais usuários. Municípios com risco médio concentram-se nas microrregiões Caparaó, Central Sul e Litoral Sul.

A ameaça de escassez hídrica não é igual entre municípios com médio e alto índice de risco climático. Alguns municípios com alto risco apresentam ameaça média, enquanto outros com risco médio apresentam baixa ameaça, devido às condições de exposição e vulnerabilidade. Por exemplo, Serra, Vila Velha, Guarapari e Anchieta apresentam alto risco de impacto do estresse hídrico com média ou baixa ameaça, mas alta exposição combinada à média sensibilidade e baixa capacidade adaptativa.

Nos cenários futuros (Figura 10b-e), a variação na projeção da ameaça climática altera o risco. No cenário 2030 otimista (RCP 4.5), oito municípios (Pedro Canário, São Mateus, Nova Venécia, Boa Esperança, Barra de São Francisco, Mantenópolis, Colatina e Serra) apresentam muito alto índice de risco climático, enquanto os demais apresentam alto risco. Nos cenários 2030 e 2050 pessimistas (RCP 8.5), Aracruz, Colatina, Ecoporanga e Vitória também passam a ter alto risco, com os demais municípios mantendo variações no índice numérico, mas sem causar alteração do nível de risco.

4.8.2. Risco climático associado a deslizamento de terra

O risco climático para deslizamento de terra está relacionado a chuvas intensas e características geomorfológicas e de uso do solo. A exposição da população está relacionada à existência de domicílios em áreas de risco e a densidade urbana. A vulnerabilidade é influenciada pela sensibilidade relacionada à deficiência da infraestrutura municipal e às condições socioeconômicas da população. A capacidade adaptativa envolve investimento público, renda da população, capacidade de governança pública, nível de atendimento de saúde e plano de saneamento básico implementado, participação no programa cidades resilientes, gestão de resíduos, limpeza pública e instituições locais de gestão de risco de desastres.

São apresentados a seguir, o índice de risco climático devido ao deslizamento de terras nos municípios do Espírito Santo. No Espírito Santo, 20 dos 78 municípios apresentam baixo risco de deslizamento de terra, distribuídos por todas as microrregiões (Figura 11). Apenas Vitória e Aracruz têm muito baixo risco, mas ambos apresentam muito alta ameaça e exposição; o baixo risco reflete a muito baixa vulnerabilidade devido à alta capacidade adaptativa (gestão de desastres e de

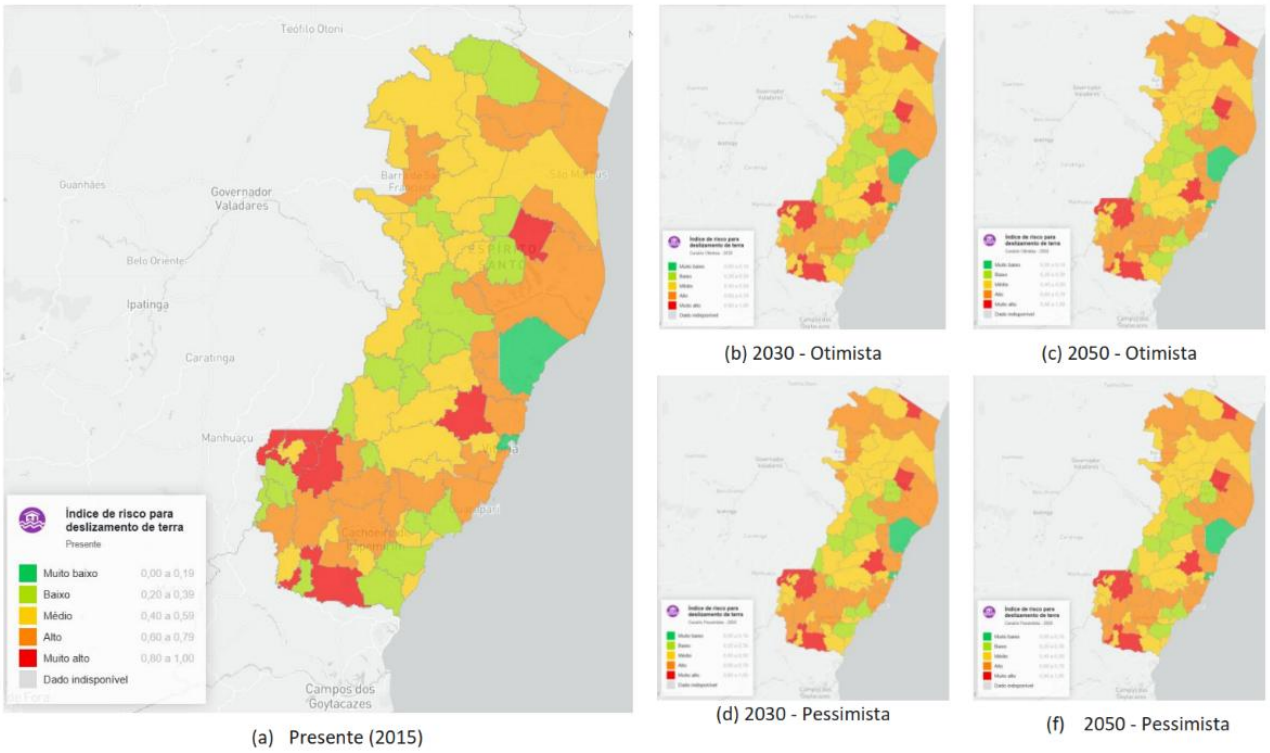


Figura 11. Índice de risco para deslizamento de terra: (a) presente (2015), (b) 2030 com cenário otimista, (c) 2050 com cenário otimista, (d) 2030 com cenário pessimista e (e) 2050 com cenário pessimista (Brasil, 2025c).

resíduos e limpeza pública) e baixa sensibilidade (infraestrutura municipal existente).

Sete municípios apresentam muito alto risco, sendo seis ao sul do Rio Doce e Sooretama ao norte; nesses casos, ameaça, vulnerabilidade e exposição variam entre médias e muito altas. Mimoso do Sul e Bom Jesus do Norte têm vulnerabilidade média a baixa, enquanto Santa Leopoldina, Iúna, Muniz Freire e Ibatiba apresentam médio nível de vulnerabilidade, alta exposição e muito alta ameaça.

A maioria dos municípios tem risco médio ou alto. Na microrregião metropolitana, Fundão, Serra, Viana, Vila Velha e Guarapari apresentam alto risco, e Cariacica, médio. Alguns municípios com alto risco apresentam muito alta exposição e ameaça, mas baixa vulnerabilidade devido à baixa sensibilidade e alta capacidade adaptativa, relacionada à capacidade econômica e governança municipal. Vila Velha, por exemplo, apresenta baixa vulnerabilidade devido a sua baixa sensibilidade e alta capacidade adaptativa. A alta capacidade adaptativa está relacionada à alta capacidade econômica municipal (embora com baixo investimento em políticas de adaptação) e capacidade municipal em cidadania e políticas setoriais (embora com médio nível de implementação e articulação do plano municipal de saneamento.

Para análise detalhada dos índices de risco de cada município, é importante compreender a metodologia do Sistema AdaptaBrasil. Conforme discutido anteriormente, o risco resulta da interação dinâmica entre as ameaças relacionadas ao clima, a exposição e a vulnerabilidade (sensibilidade e capacidade adaptativa) dos sistemas humanos ou ecológicos afetados. Por isso, deve-se conhecer a composição do risco para identificar o componente que mais contribui para o valor do índice de risco de cada município. A plataforma do Sistema AdaptaBrasil apresenta informações com base em dados de todos os municípios do país e, portanto, requer atualizações dos órgãos oficiais nacionais, além da incorporação das particularidades locais, que devem ser enviadas ao sistema nacional para aprimorar a acurácia dos índices de risco climático apresentados pelo Sistema AdaptaBrasil.

As projeções climáticas no cenário otimista para 2030 (Figura 9), na microrregião do Rio Doce, apenas João Neiva apresenta melhora no risco de deslizamento, de alto (0,64) para médio (0,59), devido à diminuição da ameaça de chuvas intensas. No norte da microrregião Nordeste, Mucurici, Montanha e Pedro Canário apresentam elevação do risco, sendo que Montanha mantém baixa ameaça, mas com aumento do índice de 0,25 para 0,35. Pedro Canário passa de risco alto para muito alto. Oito municípios elevam seus níveis de risco de baixo para médio, são eles: Águia Branca e Ecoporanga (noroeste), Alto Rio Novo e Vila Valério (Centro-Oeste), Dores do Rio Preto e Ibitirama (Caparaó), Apiacá (Central-Sul) e Presidente Kennedy

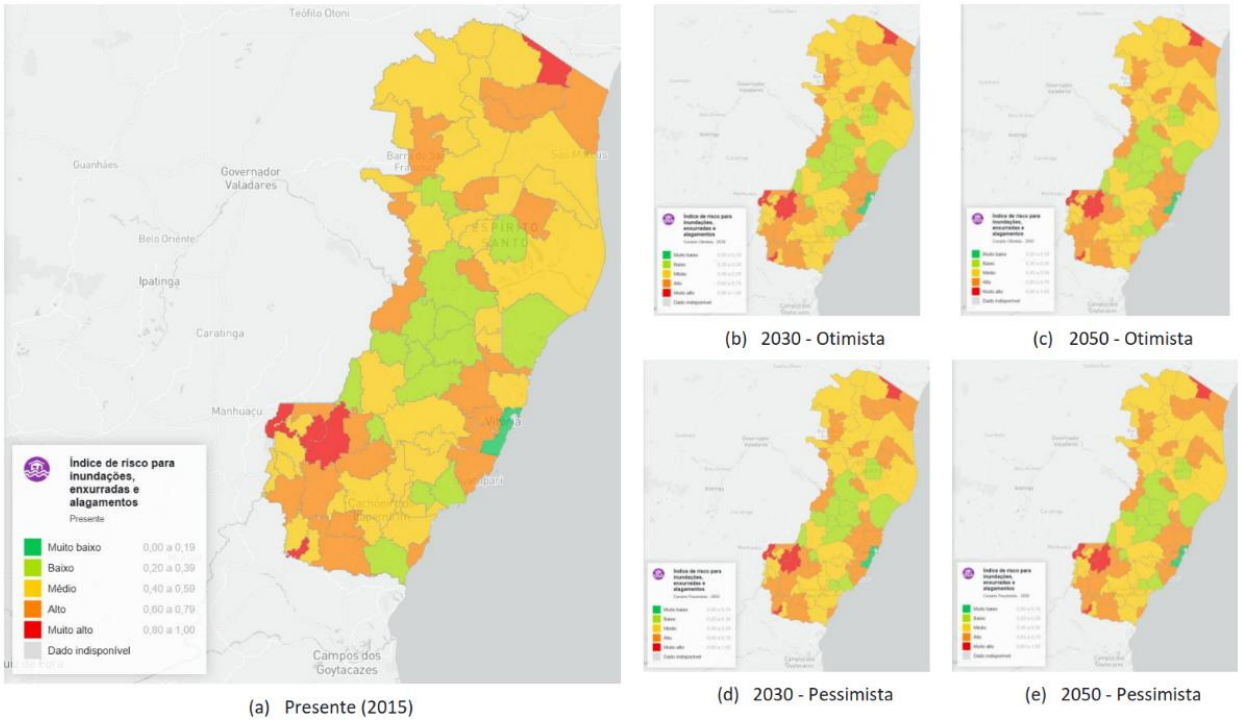


Figura 12. Índice de risco para inundações, enxurradas e alagamentos: (a) presente (2015), (b) 2030 com cenário otimista, (c) 2050 com cenário otimista, (d) 2030 com cenário pessimista e (e) 2050 com cenário pessimista (Brasil, 2025d).

(Litoral Sul). Na microrregião metropolitana, não há alterações significativas no cenário otimista de 2030. As diferenças entre os cenários otimista e pessimista, tanto para 2030 quanto para 2050, são pouco relevantes, com variações insignificantes em municípios como Ponto Belo, Águia Branca e João Neiva.

4.8.3. Risco climático associado a inundações, enxurradas e alagamentos

O risco de inundações, enxurradas e alagamentos está associado a chuvas intensas e à capacidade de drenagem da região. A exposição da população depende da presença de domicílios em áreas de risco e da densidade urbana. A vulnerabilidade decorre da deficiência da infraestrutura municipal e das condições socioeconômicas da população. A capacidade adaptativa envolve investimentos públicos, renda, governança, saúde, saneamento básico implementado, participação no programa Cidades Resilientes, gestão de resíduos, limpeza urbana e instituições locais de gestão de riscos.

A Figura 12 mostra o índice de risco para inundações, enxurradas e alagamentos, presente e projetado para 2030 e 2050 nos cenários otimista (RCP 4.5) e pessimista (RCP 8.5). A maioria dos municípios apresenta médio e alto risco. Risco muito alto ocorre em Pedro Canário (Nordeste) e Iúna, Muniz Freire e Bom Jesus do Norte (Caparaó), com vulnerabilidade média, exposição alta a muito alta e ameaça alta a muito alta, sendo o maior índice em Bom Jesus do Norte.

57 municípios têm risco médio ou alto, 15 baixo risco e apenas Vitória e Vila Velha apresentam muito baixo risco, devido a muito baixa vulnerabilidade, apesar da alta ameaça e exposição. De forma idêntica a análise do risco para deslizamento de terra, a alta capacidade adaptativa está relacionada à alta capacidade econômica municipal (embora com baixo investimento em políticas de adaptação) e capacidade municipal em cidadania e políticas setoriais (embora com médio nível de implementação e articulação do plano municipal de saneamento).

Houve variações no risco de inundações, enxurradas e alagamentos entre o cenário atual e o otimista para 2030 em Presidente Kennedy (0,34 → 0,40), São José do Calçado (0,56 → 0,60) e Jaguaré (0,59 → 0,62). As diferenças entre os cenários otimista e pessimista para 2030 em Águia Branca (0,40 → 0,39) e Ibiraçu (0,59 → 0,60), bem como entre os cenários de 2030 e 2050, não foram significativas.

4.8.4. Risco climático associado à saúde

O risco de arboviroses (dengue, zika e chikungunya) depende da ameaça climática, como chuvas, variações de temperatura, ondas de calor e umidade, que aumentam áreas favoráveis ao mosquito Aedes aegypti. A exposição populacional é influenciada por densidade demográfica, estrutura urbana e uso do solo, especialmente em regiões densamente povoadas, desmatadas ou próximas a corpos d'água. A vulnerabilidade relaciona-se às condições de vida, sendo

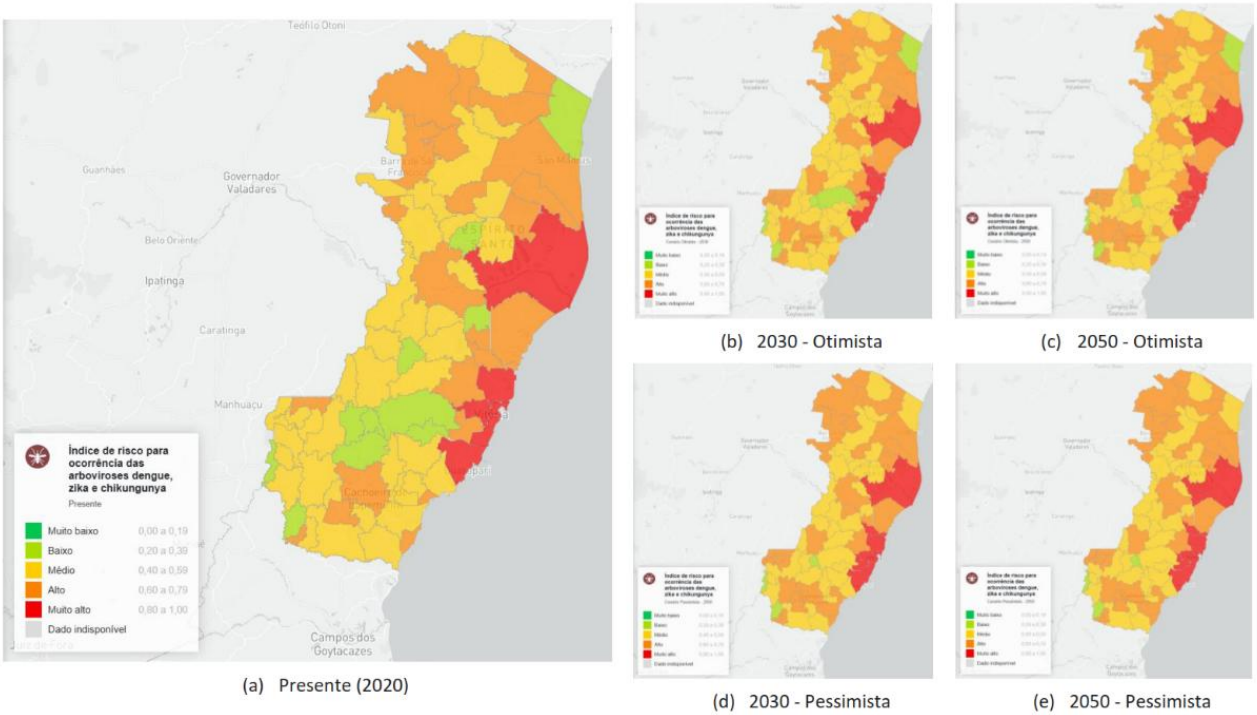


Figura 13. Índice de risco para ocorrência das arboviroses dengue, zika e chikungunya: (a) presente (2020), (b) 2030 com cenário otimista, (c) 2050 com cenário otimista, (d) 2030 com cenário pessimista e (e) 2050 com cenário pessimista (Brasil, 2025e).

maior em locais com coleta de lixo irregular, abastecimento de água precário, baixo IDHM e alta incidência prévia dessas doenças. A capacidade de resposta do município, medida pela cobertura da atenção básica em saúde, é essencial para a vigilância, prevenção e controle das arboviroses.

No Espírito Santo, 38 municípios apresentam risco médio de arboviroses, 24 alto, 11 baixo e 5 muito alto (Figura 13). Os municípios com muito alto risco são Linhares (Rio Doce) e Serra, Cariacica, Vitória, Vila Velha e Guarapari (metropolitana), variando em vulnerabilidade, exposição e ameaça. A principal ameaça é a temperatura mínima anual e a umidade relativa, com ondas de calor em Vitória e intensidade de precipitação em Cariacica. A exposição é média/alta, exceto Guarapari, que é muito alta. Fatores adicionais incluem corpos d'água e malha rodoviária complexa em Vitória, e corpos d'água e aglomerados urbanos em Linhares. A vulnerabilidade é média/alta em Serra, Cariacica e Vitória, devido à cobertura insuficiente de atenção básica e à expansão das arboviroses em Vitória e Serra.

Os municípios de baixo risco são João Neiva, Itarana, Domingos Martins, Marechal Floriano, Conceição da Barra, Governador Lindemberg, Conceição do Castelo, Venda Nova do Imigrante, Castelo, Dores do Rio Preto e São José do Calçado, porém, com média/alta exposição em alguns devido à densidade populacional, áreas desflorestadas recentes ou alta ameaça climática.

Entre 2020 e o cenário otimista de 2030, o risco de arboviroses aumentou de baixo para médio em João Neiva, Conceição do Castelo, Marechal Floriano, Governador Lindemberg, Itarana e Castelo e de médio para alto em Mantenópolis, Alegre, Iúna, Urupi, Apiacá e Iconha (Figura 13). Apesar da vulnerabilidade variar de baixa a muito baixa e a exposição de baixa a média nesses municípios, o aumento das ameaças — ondas de calor e umidade relativa — elevou o risco.

Comparando os cenários otimistas de 2030 e 2050, Domingos Martins, Viana e Guaçui apresentaram aumento do índice de risco. Entre os cenários otimista e pessimista de 2030, o risco piorou em Conceição da Barra e Viana. Para 2050, houve piora em Conceição da Barra e Itapemirim.

4.8.5. Risco climático associado à biodiversidade

A biodiversidade, segundo a Convenção sobre Diversidade Biológica (ECO-92), é a variabilidade de organismos vivos em todos os ecossistemas. No Espírito Santo, o principal bioma é a Mata Atlântica, com pequenas áreas de Cerrado nas microrregiões noroeste e nordeste.

O risco à integridade do bioma está associado às mudanças no regime de precipitação e temperatura,

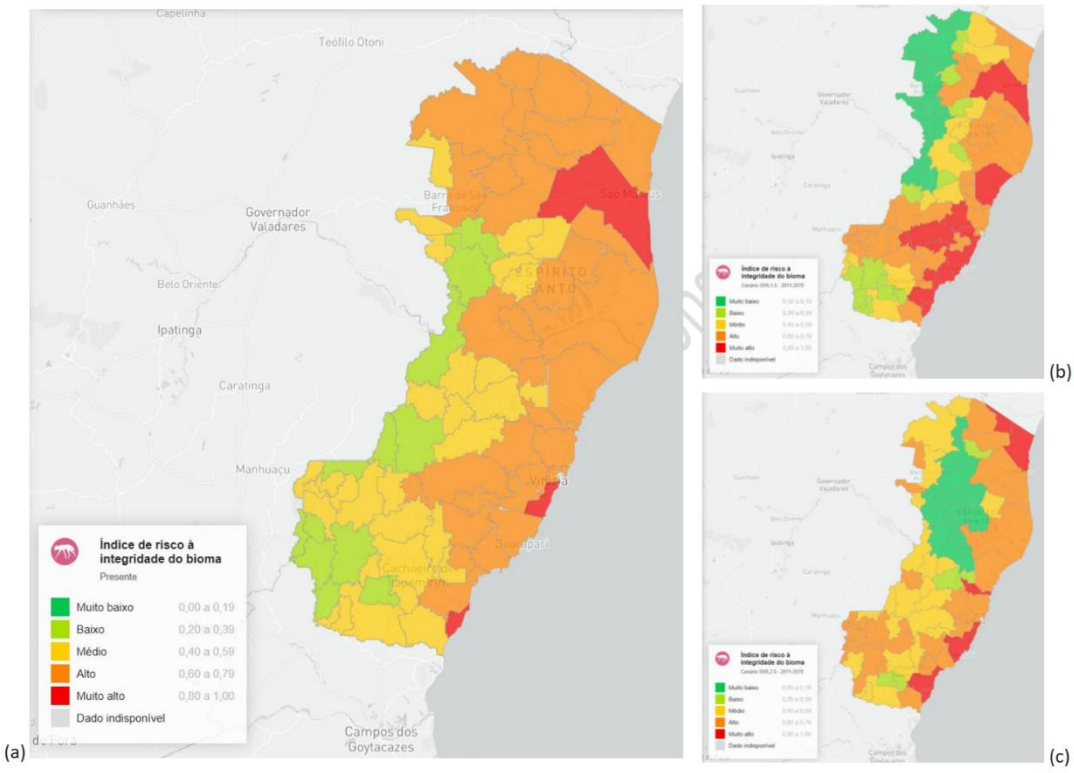


Figura 14. Índice de risco à integridade do bioma: (a) presente (2017), (b) 2011-2070 SWL 1.5 e (c) 2011-2070 SWL 2.0 (Brasil, 2025f).

sendo agravado pelo baixo percentual de áreas protegidas e pela perda de cobertura vegetal. A vulnerabilidade decorre da sensibilidade do bioma ao uso de agrotóxicos, da ausência de agricultura familiar e práticas sustentáveis, e de passivos ambientais como mineração e pastagens degradadas.

A maioria dos municípios capixabas apresenta risco alto, especialmente nas microrregiões noroeste, nordeste, Rio Doce, metropolitana e litoral sul (Figura 14). As principais ameaças são a amplitude térmica e a sazonalidade da precipitação.

Os municípios com risco muito alto são São Mateus, Vila Velha e Marataízes, devido à combinação de alta vulnerabilidade, baixa capacidade adaptativa e alta exposição. São Mateus destaca-se pelo elevado uso de agrotóxicos e baixo número de unidades de conservação com gestão ativa, enquanto Vila Velha e Marataízes sofrem com a pressão urbana e fragmentação de habitats.

As projeções climáticas 2011 a 2040 (cenário SWL 1.5) e 2041 a 2070 (cenário SWL 2.0) indicam redução do risco no extremo oeste e aumento no leste do estado, onde há maior aquecimento (Figura 12). A capacidade adaptativa é baixa em todo o território, devido à escassez de planos de manejo e à limitada orientação técnica.

Evaldt et al. (2024) realizaram um estudo sobre a variação do número de espécies de pequenos mamíferos não voadores endêmicos da Mata Atlântica na América do Sul, considerando diferentes cenários climáticos futuros. Embora os resultados representem o comportamento geral do bioma em escala continental, eles oferecem informações relevantes para o planejamento ambiental do Espírito Santo. As projeções indicaram, para o cenário mais otimista (SSP2-4.5), um aumento de aproximadamente 4% no número de espécies vulneráveis, 19% de espécies em perigo e 4% de espécies criticamente em perigo, em comparação à situação atual. Já no cenário mais pessimista (SSP5-8.5), observa-se um aumento projetado de cerca de 8% no número de espécies criticamente em perigo, 15% de espécies em perigo e 11% de espécies vulneráveis. A redução no número total de espécies está associada à diminuição da área absoluta ocupada pelo bioma Mata Atlântica, em decorrência das mudanças climáticas. Segundo o estudo, projeta-se uma redução de aproximadamente 5% da área total no cenário SSP2-4.5 e de até 16% no cenário SSP5-8.5.

4.9. INDICADORES DE SEGURANÇA HÍDRICA, CAPACIDADE DA ADAPTAÇÃO E GESTÃO DE DESASTRES NOS MUNICÍPIOS DO ESPÍRITO SANTO

A capacidade de adaptação e gestão de desastres refere-se ao conjunto de condições institucionais, técnicas, operacionais e sociais que permitem antecipar riscos, reduzir vulnerabilidades, responder a eventos extremos e recuperar-se rapidamente.

Diante da diversidade de condições e níveis de preparo dos municípios, é fundamental dispor de indicadores que mensurem essas diferenças de forma objetiva e comparável.

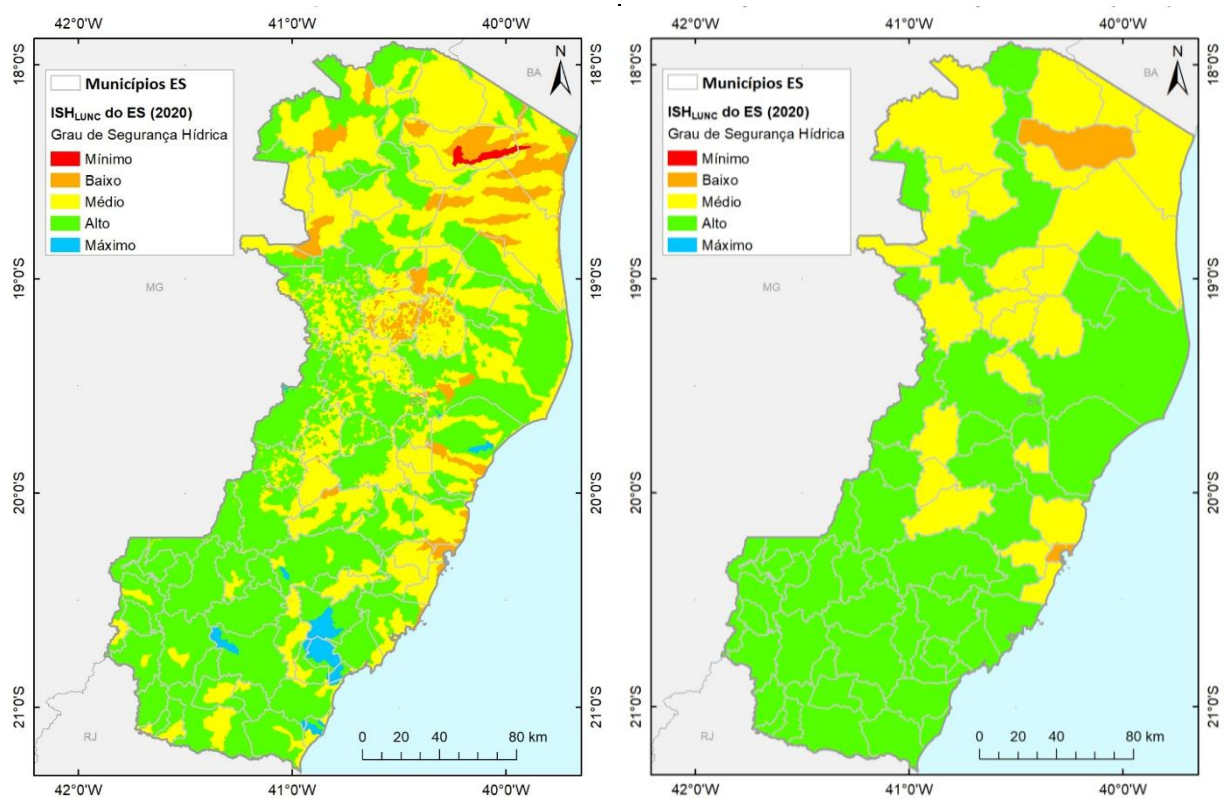
Esses indicadores permitem priorizar investimentos e acompanhar a eficácia das ações de adaptação. Eles transformam conceitos como resiliência, capacidade institucional e segurança hídrica em medições concretas, evidenciando diferenças territoriais e fragilidades críticas, além de monitorar avanços e necessidades específicas para 2035. Também oferecem uma base técnica comum para pactuar ações com municípios, integrar políticas setoriais e fortalecer a cooperação entre governo, setor produtivo, academia e sociedade civil.

Nesse contexto, destacam-se três ferramentas complementares: o ISH, o ICM e o ICAR. O ISH avalia a segurança hídrica diante de secas e inundações; o ICM mede a capacidade municipal de gestão de riscos e resposta a desastres; e o ICAR sintetiza a capacidade de adaptação e resiliência climática. A análise conjunta desses índices oferece uma visão integrada das vulnerabilidades e potencialidades dos municípios do Espírito Santo, orientando decisões estratégicas para a implementação do PEAMC.

4.9.1. Índice de Segurança Hídrica (ISH)

A disponibilidade hídrica estadual é significativa: as bacias do sul apresentam vazão específica média entre 12 e 16 L/s.km², enquanto as do Norte variam entre 6 e 10 L/s.km². A vazão de estiagem de referência é da ordem de 4,14 L/s.km² (PERH-ES, 2018). Ainda assim, o Espírito Santo enfrenta desafios importantes decorrentes de crises de escassez hídrica, sobretudo nas bacias dos rios Jucu e Santa Maria da Vitória, que, além de abastecerem a RMGV, respondem também por cerca de 25% da energia elétrica produzida no estado.

Para avaliação da segurança hídrica é proposto o índice ISH_{LUNC} (Oliveira, 2024 e Oliveira, et al., 2024) baseado no ISH desenvolvido no âmbito do Plano Nacional de



(a) (b)

Figura 15. Índice de Segurança Hídrica (ISH_{LUNC}) (a) distribuído por bacias hidrográficas existentes no estado do Espírito Santo e (b) médio dos municípios capixabas, para o ano 2020.

Segurança Hídrica, pela Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA). Com o ISH é possível avaliar, de forma simples e objetiva, a segurança no abastecimento de água nas diferentes regiões do país. Entretanto, o ISH_{LUNC} é mais adequado para o estado do Espírito Santo, pois adota uma base de dados mais atualizada local e incorpora um indicador relacionado a ''vulnerabilidade à Inundações" em sua estrutura analítica.

A distribuição espacial do índice ISH_{LUNC} no estado do Espírito Santo para 2020 mostra que, em grande parte do território, o nível de segurança hídrica é médio a alto (Figura 15). No entanto:

- Nos municípios de Vitória e Pinheiros há proporções significativas de áreas com nível de segurança hídrica baixo ou mínimo, sendo ambos considerados em média com nível baixo.
- A região sul do estado, que recebe maior precipitação anual, apresenta níveis altos de segurança hídrica — particularmente nas bacias dos rios Jucú, Guarapari, Benevente, Rio Novo, Itapemirim e Itabapoana. Municípios como Alfredo Chaves, Iconha, Piúma e Marataízes têm áreas com segurança hídrica proporcionalmente significativas e alta.
- Na bacia do rio Santa Maria da Vitória, a porção superior apresenta alta segurança hídrica, mas na parte baixa — a partir de Santa Leopoldina até a foz — a segurança cai para níveis médios a baixos.
- A zona litorânea do estado registra, em sua maior parte, segurança hídrica média, exceto Vitória (nível baixo). Municípios litorâneos como Vila Velha, Serra, São Mateus e Conceição da Barra variam entre média e baixa segurança hídrica, com os demais na faixa alta.
- A região norte, com menores índices pluviométricos — especialmente nas bacias dos rios Itaúnas e São Mateus — apresenta segurança hídrica abaixo da média.

Importante destacar que, no contexto da segurança hídrica, a classificação “média” não representa uma condição confortável, mas sim um estado de atenção que indica vulnerabilidades relevantes no território. Estar nesse nível implica limitações de disponibilidade, gestão ou resiliência frente à sazonalidade e eventos extremos — o que compromete o abastecimento regular, os serviços essenciais e a proteção dos ecossistemas. Manter-se nesse patamar aumenta a exposição à escassez, pressiona a produção agrícola e industrial e intensifica desigualdades sociais,

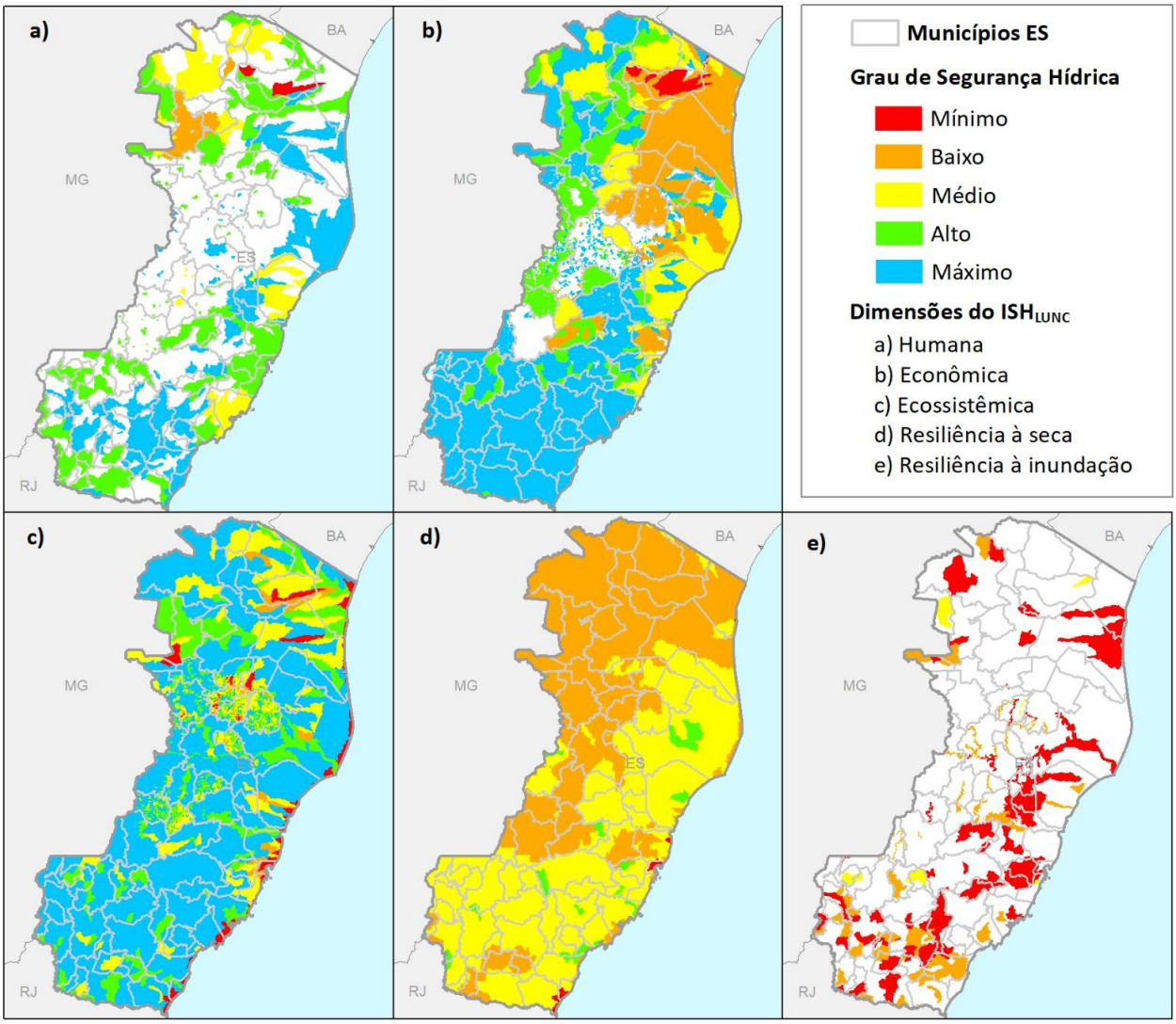


Figura 16. Índice de segurança hídrica no estado do Espírito Santo para o ano 2020 nas dimensões (a) humana, (b) econômica, (c) ecossistêmica, (d) resiliência à seca e (e) resiliência à inundação.

especialmente em estiagens prolongadas. Portanto, elevar o número de municípios classificados como "média" para níveis "alto" ou "muito alto" é uma estratégia essencial para fortalecer a estabilidade, reduzir vulnerabilidades e aumentar a capacidade de resposta às variações climáticas cada vez mais frequentes.

Para compor o ISH_{LUNC}, são combinadas quatro dimensões de segurança hídrica: humana, econômica, ecossistêmica e de resiliência, sendo a dimensão resiliência subdividida em resiliência à seca e resiliência a inundações.

A dimensão Humana do ISH_{LUNC} (Figura 16a)) avalia a garantia de oferta e cobertura do abastecimento de água. As microrregiões noroeste e nordeste do Espírito Santo apresentam os menores níveis de garantia, com municípios como Barra de São Francisco (78% da área com índice baixo) e Pinheiro (um terço da área com índice mínimo). Outros municípios com áreas significativas de baixo índice incluem Vila Pavão (34,4%) e Porto Belo (21,1%) Figura 48(a)). A projeção para 2035 indica redução na segurança hídrica, com a população exposta aumentando de 25% em 2020 para 28% (Figura 49a).

A dimensão Econômica do ISH_{LUNC} (Figura 16b) avalia a garantia de água para irrigação, pecuária e indústria. Nas microrregiões do Caparaó, central sul, litoral sul, sudoeste serrana e parte da central serrana, a garantia de água é elevada para os setores agropecuário e industrial, especialmente nas bacias dos rios Novo, Itapemirim e Itabapoana. Apesar da maioria dos municípios apresentar média a alta segurança, alguns apresentam índices baixos: Pinheiro (55% mínima e 40% baixa), Governador Lindenberg, Rio Bananal, Vila Valério, São Mateus e Conceição da Barra com baixo índice, e Jaguaré, Sooretama e Serra com mais de 60% da área com garantia baixa. Linhares possui média garantia, mas áreas extensas próximas ao rio Doce apresentam baixa garantia.

A dimensão Ecossistêmica (Figura 16c) avalia a quantidade e qualidade de água para usos naturais e a segurança de barragens de rejeito de mineração, indicando a vulnerabilidade de mananciais para abastecimento humano e usos múltiplos devido à exposição a poluição de esgotos e rejeitos de mineração. A microrregião nordeste e a zona litorânea apresentam menor segurança hídrica, mas 66,1% do estado possui nível máximo de segurança e 30,0% entre médio e alto. A maioria dos municípios apresenta níveis alto a máximo, exceto Vitória, com baixo nível médio (40% do território baixo, 60% alto). Marataízes tem 44% da área em nível mínimo, e Vila Velha apresenta o menor nível geral, com quase 85% do território em nível médio (66%) e mínimo. Uma projeção para 2035 mostra que o percentual do nível máximo será reduzido para 56,8% e os níveis entre médio e alto aumentado, de forma que quase 40% da área total do estado ficará com segurança média (19,7%) a alta (19,6%.

A dimensão Resiliência à Seca (Figura 16d) avalia a segurança hídrica de um local em relação à suscetibilidade a eventos críticos de escassez, considerando estoques naturais (superficiais e subterrâneos) e artificiais e sua renovação pela precipitação. No Espírito Santo, há uma divisão clara: municípios das microrregiões nordeste, noroeste, centro-oeste e sudoeste serrana apresentam, em geral, baixa resiliência, enquanto os demais têm resiliência média. Essa variação reflete o gradiente hidrológico do estado, com menores índices pluviométricos no norte do estado, e coincide com os riscos de inundações e secas identificados pelo PERH/ES. Em termos gerais, 61,7% da área do estado tem nível baixo e 37,7% médio, com exemplos como Vitória (56% do território com resiliência mínima) e Marataízes (baixa resiliência em um terço da área).

A dimensão Resiliência à Inundação (Figura 16e) avalia a segurança hídrica frente à suscetibilidade a eventos críticos de inundação (Figura 48e). As áreas sem risco ou sem problemas de inundação são em branco. Apenas os níveis mínima, baixa e média são atribuídos, pois onde há inundação não há segurança alta ou máxima. A maior frequência de inundações ocorre nas bacias dos rios Itapemirim e Itabapoana, enquanto os rios Doce e São Mateus têm problemas localizados na porção inferior. As bacias dos rios Itaúnas e Barra Seca apresentam mínimo risco, portanto municípios como Pinheiro, Montanha, Mucurici, Pedro Canário, Sooretama, Vila Valério e Jaguaré não recebem classificação nessa dimensão.

Entre os municípios com problemas de resiliência relativa à inundação, destacam-se Ibiraçu, Vargem Alta e Cariacica, com mais de 80% do território em segurança mínima; Itapemirim e Jerônimo Monteiro, com mais de 60% em segurança baixa; e Venda Nova do Imigrante, Água Doce do Norte e Irupi, com predominância de segurança média (61%, 44% e 36%, respectivamente). Na bacia do rio Santa Maria da Vitória, Cariacica apresenta mínima segurança, enquanto na região hidrográfica do rio Riacho (incluindo rio Fundão/Reis Magos), Fundão, Ibiraçu e parte de Santa Tereza apresentam segurança mínima.

4.9.2. Indicador de Capacidade Municipal (ICM)

O Indicador de Capacidade Municipal (ICM), desenvolvido pelo governo federal, mede o grau de preparo dos municípios, subsidiando políticas como o Plano Plurianual de Gestão de Riscos e Desastres 2024–2027. Ele avalia de forma sistemática a evolução das capacidades em prevenção, preparação, resposta e recuperação. Alguns municípios já dispõem de planos, equipes e sistemas de monitoramento; outros carecem do mínimo necessário, tornando o ICM crucial para concentrar esforços técnicos e financeiros onde a vulnerabilidade é maior. A análise contínua fortalece a governança climática, permitindo monitorar metas de adaptação, ampliar a transparência e subsidiar a participação social.

O ICM é estruturado em três dimensões com um total de 20 quesitos, que avaliam aspectos institucionais, técnicos, operacionais e de governança local. Ele indica se o município possui planos de redução de riscos, cartas geotécnicas, cadastros de famílias em áreas de risco, órgãos de defesa civil estruturados, dotação orçamentária específica e canais de coordenação intersetorial. Também identifica medidas concretas de prevenção, mitigação e resposta, como campanhas educativas, sistemas de alerta, políticas habitacionais seguras e obras de drenagem urbana.

O ICM considera o perfil de risco e o porte de cada município. O perfil de risco caracteriza os municípios em prioritários e não-prioritários por serem mais ou menos suscetíveis a ocorrências de deslizamentos, enxurradas e inundações. O porte do município é identificado pelo número de habitantes (pequeno porte até 100 mil habitantes e médio e grande porte acima de 100 mil habitantes). O nível do ICM para cada município é avaliado em função de Categorias de Gestão de Riscos e Desastres por porte e perfil de risco, sendo A – Avançada, B – Intermediária Avançada, C – Intermediária Inicial e D – Inicial. Essas categorias dependem do

número de quesitos atendidos em cada dimensão do ICM.

O ICM foi avaliado para os 78 municípios do Espírito Santo pela Defesa Civil do ES (Figura 17). Observou-se que:

- 32 municípios possuem ICM Avançado (A) ou Avançado Intermediário (B).
- 46 municípios apresentam ICM Intermediário Inicial ou Inicial.
- Não há associação clara entre os níveis de ICM e as microrregiões de planejamento (SEDES) ou microrregiões climatologicamente homogêneas (INCAPER).
    - Ex.: Na Grande Vitória, Vitória, Serra, Cariacica e Vila Velha têm ICM A ou B, enquanto Guarapari, Fundão e Viana estão na faixa C.

Segundo a distribuição por categorias:

- 7 municípios estão na Categoria A considerando os três indicadores do ICM.
- 32 municípios estão nas categorias A e B.
- 5 municípios estão na Categoria D: Mantenópolis, Rio Bananal, Bom Jesus do Norte, Itapemirim e Conceição do Castelo.Bom Jesus do Norte: categoria D em todos os três indicadores.
- Itapemirim: D no indicador de Políticas, Programas e Ações.
- Mantenópolis, Rio Bananal e Conceição do Castelo: D no indicador de Instrumentos de Planejamento e Gestão.

Em termos de dimensões:

- 28 municípios são C ou D por Instrumentos de Planejamento e Gestão (Dimensão I).
- 27 municípios são C ou D por Coordenação Intersetorial e Capacidades (Dimensão II
- 27 municípios são C ou D por Políticas, Programas e Ações (Dimensão III).

Os 20 quesitos do ICM identificam as áreas em que cada administração municipal precisa avançar, funcionando como um diagnóstico das fragilidades na gestão de riscos e permitindo ao governo estadual direcionar apoio estratégico. Os quesitos mais ausentes são:

- Existência de Núcleos Comunitários de Proteção e Defesa Civil (NUPDEC): presente em apenas 16 municípios.
- Número mínimo de pessoas capacitadas em Proteção e Defesa Civil: presente em apenas 12 municípios.

4.9.3. Indicador de Capacidade de Adaptação e Resiliência às Mudanças Climáticas (ICAR)

O Índice de Capacidade de Adaptação e Resiliência às Mudanças Climáticas (ICAR) foi criado para apoiar o PEAMC ES na avaliação da capacidade adaptativa e resiliência dos municípios do Espírito Santo. Ele mede políticas e ações de prevenção de desastres, adaptação e infraestrutura pública (Figura 18). O ICAR é calculado a partir de sete dimensões com 25 indicadores: governança; desenvolvimento econômico e bem-estar social; resiliência hidrogeológica; escolas e saúde; educação e conscientização; proteção de ecossistemas; alerta e resposta a desastres. Os indicadores foram selecionados com base no guia Como Construir Cidades Mais Resilientes (UNDRR, 2012) e obtidos de fontes oficiais e secretarias estaduais.

A governança refere-se à organização e coordenação das ações de adaptação às mudanças climáticas, promovendo a participação comunitária, alianças locais e engajamento social para cidades mais seguras e resilientes. Ela permite analisar a estrutura administrativa, a qualificação técnica e a participação social nos processos decisórios ambientais.

A maioria dos municípios apresenta níveis médio a muito alto de governança, enquanto Conceição da Barra, Pancas, Itaguaçu, Santa Teresa, Serra, Cariacica, Viana, Castelo e Apiacá apresentam níveis baixos ou muito baixos (Figura 18). Na Região da Grande Vitória, três municípios têm nível baixo.

A adesão ao PROESAM reflete o engajamento local e a capacidade de implementar ações estruturadas de sustentabilidade e adaptação climática. Cerca de 50% dos municípios ainda enfrentam desafios para participação efetiva. Municípios como Alegre, Montanha e Pedro Canário apresentam maior alinhamento e capacidade institucional, enquanto Cariacica, Castelo e Vitória ainda mostram lacunas.

A capacitação de servidores públicos é o indicador mais positivo, presente em 52 municípios (66,7%), favorecendo implementação eficaz de políticas e respostas rápidas a eventos extremos.

A existência de Secretarias de Meio Ambiente demonstra comprometimento estrutural, favorecendo a institucionalização de ações e o alinhamento com diretrizes estaduais e nacionais. Atualmente, 75% dos municípios têm bom nível de institucionalização, mas Conceição da Barra, Anchieta e Apiacá ainda não possuem secretaria específica, representando fragilidade institucional. O fortalecimento dessas estruturas deve

ser prioridade para garantir continuidade das ações, articulação intersetorial e capacidade de resposta frente aos desafios climáticos.

A maioria dos municípios capixabas apresenta baixo ou muito baixo desenvolvimento econômico e bem-estar social, com exceção de Vila Velha e Vitória (muito alto) e Linhares, João Neiva, Aracruz, Colatina, Serra, Anchieta, Piúma e Cachoeiro de Itapemirim (alto). Regiões noroeste, nordeste, centro-sul, Caparaó e litoral sul concentram os municípios mais vulneráveis. A renda média domiciliar varia de R$352,00 em Ibitirama a R$1.820,00 em Vitória, enquanto o PIB per capita vai de R$12.973,52 em Mantenópolis a R$580.174,17 em Presidente Kennedy, refletindo forte concentração econômica em áreas urbanas e turísticas e fragilidade

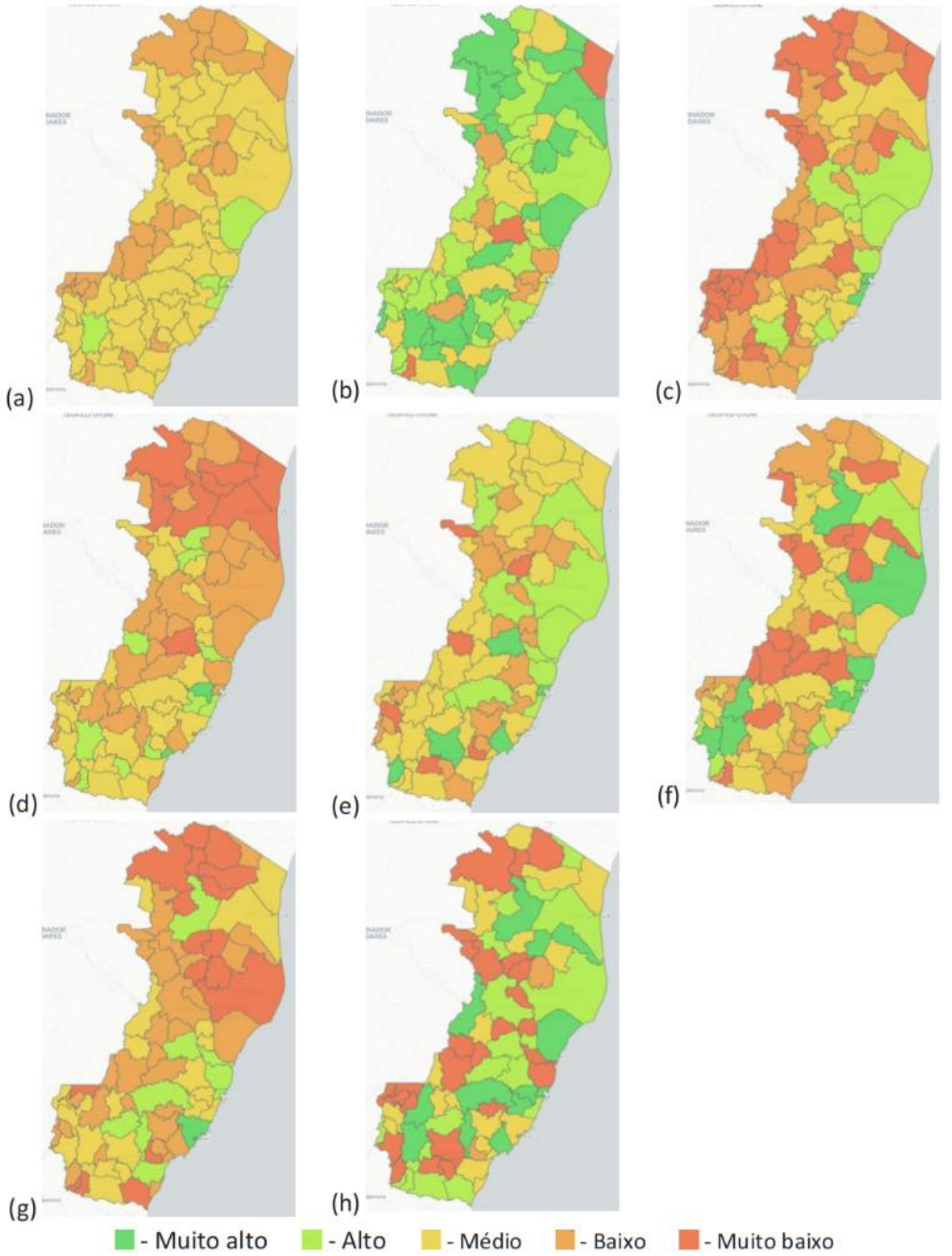


Figura 18. Índice de segurança hídrica no estado do Espírito Santo para o ano 2020 nas dimensões (a) humana, (b) econômica, (c) ecossistêmica, (d) resiliência à seca e (e) resiliência à inundação.

em áreas rurais. O indicador de capacidade financeira evidencia que municípios como Vitória, Vila Velha, Venda Nova do Imigrante e Anchieta têm alta geração de riqueza, boa renda domiciliar e capacidade institucional para implementar ações robustas de mitigação e adaptação climática, ao passo que Conceição da Barra, Pedro Canário, Ponto Belo e Mantenópolis apresentam baixos índices, limitando políticas públicas, modernização urbana e resiliência frente a desastres naturais e mudanças climáticas.

A resiliência hidrogeológica dos municípios do Espírito Santo é avaliada por indicadores de exposição física e socioeconômica a riscos hidrológicos e geológicos. Apenas Cariacica e Piúma apresentam nível muito alto, 10 municípios têm nível alto (ex.: São Gabriel da Palha, Vila Velha, Viana, Alegre) e os demais 66 apresentam baixa ou muito baixa resiliência, concentrados em central serrana, rio doce, centro-oeste, noroeste e nordeste.

O percentual de área residencial sem risco alto ou muito alto indica exposição direta da população. Mucurici, Ponto Belo, Pinheiros e Conceição do Castelo mostram segurança habitacional muito alta; Viana, Cariacica, Vila Velha e Piúma têm grande parte das residências em zonas de risco, refletindo falhas no ordenamento urbano.

O risco de impacto do estresse hídrico é alto em nordeste, noroeste, centro-oeste e rio doce; médio em centro-sul, Caparaó e litoral sul; e baixo em São Domingos do Norte e Águia Branca.

A análise conjunta dos indicadores de escolas seguras e recursos de saúde oferece uma visão robusta da capacidade dos municípios capixabas de proteger populações vulneráveis, identificar desigualdades regionais e orientar políticas públicas mais eficazes.

No Espírito Santo, apenas cinco municípios apresentam nível muito alto nesse indicador (Vitória, Santa Teresa, Anchieta, Cachoeiro de Itapemirim e São José do Calçado), enquanto outros 11 apresentam nível alto, incluindo Mucurici, Linhares, Serra e Vila Velha. A localização segura das escolas mede a porcentagem de unidades fora de áreas de risco, como deslizamentos e inundações. Ibiraçu destaca-se com 100% das escolas seguras, seguido por Castelo (76,5%), Guaçuí (68,3%) e Alegre (65,4%), enquanto Boa Esperança (14,6%), Guarapari (23,3%) e Marataízes (5,8%) apresentam alta vulnerabilidade. Aracruz tem 98,6% das escolas em áreas seguras.

A disponibilidade de médicos por mil habitantes reflete a equidade no acesso à saúde. A média estadual é de 91 médicos por 100 mil habitantes, mas há grande desigualdade: Vitória lidera com 7,38 médicos/mil hab., seguida de Colatina (5,64), Serra (4,54) e Cachoeiro de Itapemirim (4,11). Municípios como João Neiva e Mantenópolis registram zero médicos/mil hab., e Muqui e Iconha têm 0,038, evidenciando lacunas críticas no atendimento. Entre municípios médios, Alegre e Guaçuí têm cobertura elevada, enquanto Apiacá e Itaguaçu apresentam baixos valores.

A disponibilidade de leitos hospitalares por mil habitantes indica capacidade de resposta a emergências. A média estadual é 1,86 leitos/mil hab., com destaque para São José do Calçado (9,00), Vitória (5,64) e Venda Nova do Imigrante (3,81). Municípios como Fundão e Sooretama não possuem leitos, e Apiacá (1,38) e Pedro Canário (1,39) apresentam infraestrutura insuficiente.

Essa análise evidencia que, além da qualificação profissional, é essencial fortalecer a infraestrutura física para garantir um sistema de saúde equitativo, eficaz e resiliente frente a riscos climáticos e sanitários crescentes.

A dimensão Educação e Conscientização avalia a capacidade do município de promover educação nas escolas e comunidades sobre mudanças climáticas e riscos de desastres hidrogeológicos. No Espírito Santo, 16 dos 78 municípios atingem níveis alto ou muito alto nessa dimensão. Na Região Metropolitana da Grande Vitória, apenas Fundão apresenta nível baixo e Guarapari nível médio; os demais municípios da região têm nível alto ou muito alto. Fora da RMGV, os municípios com nível alto ou muito alto são: Nova Venécia, São Mateus, Linhares, Ibiraçu, Anchieta, Iconha, Muniz Freire, Alegre, Guaçuí, São José do Calçado e Dores do Rio Preto.

O indicador de escolaridade varia significativamente entre municípios, refletindo desigualdades estruturais que impactam a capacidade de compreensão e resposta às ameaças climáticas. Municípios com escolaridade alta como Presidente Kennedy, Ibiraçu, Anchieta e Fundão têm maior potencial de absorver e aplicar conhecimentos de sustentabilidade; enquanto Ibatiba, Mucurici, Dores do Rio Preto e Iúna registram escolaridade muito baixa, sinalizando necessidade de políticas educacionais robustas.

Programas educativos formais estão presentes em 37 municípios (47,4%), enquanto 41 não possuem nenhuma iniciativa formal nessa área, comprometendo

a mobilização comunitária e a disseminação de informações essenciais para a resiliência climática. Municípios como Alegre, Cariacica, Linhares, São Mateus, Serra, Vila Velha e Vitória se destacam por manter todos os três indicadores ambientais ativos; por outro lado, Alfredo Chaves, Brejetuba, Itaguaçu e Itarana não registram nenhum programa ou espaço ambiental.

A criação/manutenção de centros ou espaços de educação climática está presente em apenas 23 municípios (29,5%). A ausência dessa estrutura em mais de dois terços dos municípios limita a oferta de atividades permanentes de conscientização. No entanto, alguns municípios como Aracruz, Colatina, Guarapari e Santa Teresa demonstram esforços mesmo quando outros indicadores são modestos, o que mostra uma compreensão da importância estratégica da educação e conscientização climática.

A preservação de ecossistemas contribui para mitigar os impactos das mudanças climáticas — como inundações e alagamentos — ao reduzir sua intensidade, frequência ou os danos associados. Considerando todos os indicadores juntos, no Espírito Santo somente o município de Guarapari alcança nível muito alto, enquanto os municípios de Nova Venécia, Santa Teresa, Fundão, Serra, Vitória, Domingos Martins, Castelo, Vargem Alta e Itapemirim apresentam nível alto de preservação.

No indicador de percentual de área em processo de restauração ecológica, destaca se o município de Cariacica, ao passo que Afonso Cláudio apresenta o pior desempenho, evidenciando compromisso desigual na recuperação de ecossistemas degradados. A cobertura vegetal no perímetro urbano varia desde níveis expressivos, como em Afonso Cláudio, até valores muito baixos, indicando diferenças na manutenção de áreas verdes urbanas. Já a cobertura vegetal nativa também mostra alta variabilidade: municípios como Alegre apresentam cobertura total, enquanto Alto Rio Novo registra ausência completa, revelando perdas ambientais críticas em algumas localidades. O indicador de pagamentos por serviços ambientais evidencia contrastes marcantes: Pinheiros atinge desempenho máximo, ao passo que Guaçuí não registra participação, o que compromete avanços na preservação florestal.

A inclusão da dimensão “alerta, prevenção e capacidade de resposta aos desastres” no ICAR é fundamental para capturar a capacidade operacional imediata dos municípios frente a eventos extremos, complementando as demais dimensões de caráter socioeconômico, ambiental e institucional. Essa dimensão reflete diretamente a prontidão das defesas civis municipais e sua habilidade em antecipar, responder e recuperar-se de desastres, utilizando como referência os indicadores consolidados pelo Índice de Capacidade Municipal de Proteção e Defesa Civil (ICM). Ao incorporar essa métrica nacional já estabelecida, o ICAR assegura comparabilidade entre municípios, amplia sua robustez metodológica e fortalece a integração entre políticas locais de defesa civil e estratégias de adaptação climática do Espírito Santo. Dessa forma, o índice passa a oferecer uma visão mais completa da resiliência climática, unindo aspectos estruturais de longo prazo à resposta emergencial imediata.

5. GRANDES METAS

O grande objetivo do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas é aumentar, de forma sustentável e equitativa, a resiliência do Espírito Santo diante de eventos extremos e das mudanças de longo prazo do clima. Isso implica reduzir vulnerabilidades, proteger vidas e meios de subsistência, assegurar a continuidade dos serviços essenciais e a integridade da infraestrutura e dos ecossistemas, com prioridade para territórios e populações mais expostas. Para alcançá-lo até 2035, o plano incorpora variáveis climáticas ao planejamento e orçamento públicos, orienta investimentos e regulações, fortalece capacidades institucionais e a governança — com monitoramento e avaliação contínuos — e estimula soluções baseadas em evidências e na cooperação entre governo, setor produtivo, academia e sociedade civil.

Nesse contexto, é fundamental estabelecer grandes metas quantificáveis que traduzam a ambição de transformação do Estado até 2035 e orientem todas as escolhas de política pública. Essas metas indicam onde queremos chegar em resiliência climática, segurança hídrica, infraestrutura e governança; devem ser claras, específicas e mensuráveis, ainda que desafiadoras, para direcionar prioridades, alocação de recursos e pactuações entre órgãos e parceiros. Partem de uma linha de base conhecida, desdobram-se em objetivos, indicadores e metas intermediárias por eixo e território, e são acompanhadas por mecanismos de Monitoramento e Avaliação que permitam verificar resultados, aprender e ajustar rumos ao longo da implementação. Assim, mobilizam atores públicos e privados, que conferem coerência às ações e asseguram que o avanço rumo a 2035 seja monitorável, comparável e transparente.

100% dos municípios cobertos com Planos Municipais de Redução de Risco e Adaptação às Mudanças Climáticas

Situação atual: 23 municípios com Planos Municipais de Redução de Riscos.
Fonte: CEPDEC

Reduzir em 30% o número de mortos/100 mil habitantes por ano em desastres

Situação atual: 0,2 mortos/100 mil habitantes por ano (média últimos 5 anos)
Fonte: MDR - https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml

Reduzir pela metade o número de municípios atualmente classificados com nível "médio" de segurança hídrica e assegurar que nenhum município permaneça no nível "baixo" até 2035, elevando de forma progressiva a resiliência hídrica do território capixaba.

Situação atual: 23 municípios com segurança hídrica classificada como "média" e 2 classificados como "baixa".
Fonte: AdaptaES

Reduzir o percentual da população capixaba residente em áreas de risco geo-hidrológico (suscetíveis à ocorrência de deslizamentos, enxurradas e inundações) para 6,9%

Situação atual: 17% da população capixaba vive em áreas de risco geo-hidrológico.
Fonte: IJSN/CEPDEC

Reduzir 40% dos setores (áreas de riscos) classificados como "risco alto ou muito alto" em desastres naturais.

Situação atual: 1.197 setores (áreas de riscos)
Fonte: CEPDEC

Reduzir em 50% o número de municípios do ES classificados como faixa C de Indicador de Capacidade Municipal (ICM) da Defesa Civil (ações de gestão de riscos e de desastres em um estágio intermediário Inicial) e zerar o número de municípios do ES classificados como faixa D (ações de gestão de riscos e de desastres em um estágio Inicial)

Situação atual: 6,4% dos municípios na faixa D e 52,6% dos municípios na faixa C
Fonte:AdaptaES

6. AÇÕES ESTRATÉGICAS

A identificação dos cenários futuros e riscos climáticos riscos climáticos fundamentou a análise SWOT que identificou capacidades, vulnerabilidades, oportunidades e ameaças, incluindo fatores climáticos, socioeconômicos e institucionais.

Os resultados da SWOT orientaram a definição dos Desafios Estratégicos, que deram origem às Ações Estratégicas, depois detalhadas em Medidas Estratégicas e Planos de Trabalho com atividades, indicadores, metas, recursos, responsáveis e cronogramas. Cada ação envolve secretarias líderes e associadas, garantindo transversalidade, de modo que medidas em um setor gerem impactos positivos em áreas como defesa civil, recursos hídricos, saúde, infraestrutura, cidades e agropecuária.

Ao todo, são definidas 27 Ações Estratégicas, que abrangem 161 medidas específicas (Tabela 3). Essas medidas foram elaboradas a partir da colaboração com técnicos de 21 secretarias e órgãos públicos estaduais, alinhadas aos diversos eixos de adaptação. A cada medida estratégica foi designada uma secretaria ou órgão público estadual líder e uma ou mais secretarias ou órgão públicos estaduais associados. As secretarias ou órgão líderes e associadas são responsáveis pela elaboração do respectivo plano de trabalho para atender a medida específica.

O fortalecimento e expansão de fundos e programas estaduais, como o Fundo CidadES, Proesan, FUNDAGUA e outros, visa não apenas a resposta a desastres imediatos, mas também a adaptação de longo prazo, com priorização de investimentos para populações mais vulneráveis. O governo do estado pretende garantir a estabilidade financeira para essas ações, estabelecendo

um percentual mínimo de recursos, captando financiamento externo e redirecionando royalties de petróleo para esse fim.

A governança climática será fortalecida por meio de uma estrutura integrada entre os níveis federal, estadual e municipal, com sistemas de monitoramento para garantir transparência e eficácia. A criação de indicadores e critérios para priorizar recursos públicos em áreas de maior vulnerabilidade assegura que as ações sejam focadas em quem mais necessita. Para garantir a execução de ações de adaptação, um grupo de trabalho especializado atuará na captação de recursos e facilitação de parcerias entre setor público e privado, ampliando o acesso a programas federais e financiamentos específicos, como um fundo de saúde para desastres ambientais.

Na área de pesquisa e inovação, são planejados incentivos para estudos e desenvolvimento tecnológico, com editais específicos para adaptação climática e fomento ao Instituto de Estudos Climáticos e ao Centro de Pesquisa do Espírito Santo, com foco em temas como gestão hídrica, saúde e infraestrutura urbana sustentável. Essas ações buscam construir uma base científica robusta para apoiar políticas e práticas de adaptação.

A segurança hídrica do estado é prioridade, incluindo o fortalecimento de programas de reflorestamento e construção de barragens, adequação de propriedades rurais ao novo Código Florestal e integração de iniciativas como o Reflorestar e o Programa de Regularização Ambiental para promover o uso sustentável da água. O manejo sustentável dos recursos hídricos também se estende à recuperação de mananciais e ao controle de poluição, assegurando a proteção dos biomas e a melhoria da qualidade da água.

Revisões periódicas do Plano Estadual de Recursos Hídricos e dos planos de bacias hidrográficas são essenciais para incluir os efeitos esperados das mudanças climáticas, como variações nos padrões de chuva e eventos extremos, e para desenvolver ações de resposta rápida em situações de crise hídrica. Na gestão de desastres, há um esforço para prevenir e combater incêndios florestais por meio de programas específicos de monitoramento e regulamentação em áreas produtivas e de restauração.

Outras ações incluem a mitigação da erosão do solo por meio de infraestrutura como barraginhas e caixas secas, e estudos detalhados das águas superficiais e subterrâneas do estado, estabelecendo um banco de dados sobre os recursos hídricos que oriente o uso sustentável e a gestão dos recursos. A atualização do Plano Estadual de Saúde busca incorporar os desafios climáticos, com protocolos específicos para situações emergenciais, capacitação de profissionais e criação de sistemas de monitoramento e alerta.

No setor urbano, há um foco em infraestruturas verdes e soluções baseadas na natureza, como parques urbanos e sistemas de drenagem permeável, para reduzir os riscos de enchentes e melhorar a qualidade de vida nas cidades. A capacitação técnica é uma prioridade, com programas para gestores e técnicos públicos em adaptação climática e apoio aos municípios para estruturar governança local e consórcios intermunicipais.

O plano também destaca a inclusão social, com políticas habitacionais para realocar populações de áreas de risco para locais mais seguros, além de assistência social e proteção em eventos climáticos extremos. A comunicação e educação climática são promovidas por meio de campanhas permanentes, eventos simulados e parcerias com escolas, criando uma cultura de prevenção e autoproteção.

Para a prevenção de desastres, a expansão da capacidade de monitoramento e mapeamento de áreas de risco é essencial. Isso inclui a criação de setores especializados e plataformas digitais para monitoramento em tempo real, promovendo uma resposta rápida e eficaz em situações críticas. A CEPDEC, coordenadoria de proteção e defesa civil, será fortalecida com maior efetivo, recursos dedicados e a implementação de simulados integrados de gestão de desastres.

Por fim, a resiliência da infraestrutura e dos serviços estaduais será assegurada com a identificação e proteção das infraestruturas críticas, revisão de planos de contingência e ampliação do apoio aos municípios para a construção de obras resilientes. Um Centro de Previsão Hidroclimatológico e Monitoramento de Desastres também será implantado, permitindo previsões precisas e alertas antecipados para reduzir os impactos de eventos climáticos extremos.

Com este conjunto de ações, o plano visa criar um Espírito Santo preparado e resiliente frente às mudanças climáticas, com ações que abrangem desde a gestão de recursos financeiros e governança até a implementação de infraestruturas verdes e a capacitação comunitária, promovendo uma adaptação sustentável e eficaz para o futuro.

Tabela 3. Ações estratégicas necessárias e os eixos de adaptação e ODS aos quais estão ligadas.

Ações Estratégicas	Eixos de Adaptação	ODS
Fortalecer e Ampliar os Fundos e Programas Estaduais Existentes		
Assegurar o Financiamento para Adaptação		
Fortalecer a Governança Climática e o Planejamento Local		
Fomentar a Pesquisa e Inovação em Adaptação às Mudanças Climáticas		
Fortalecer a Segurança Hídrica do Estado		
Fortalecer a Infraestrutura Hídrica do Estado		
Reduzir a Pressão sobre os Recursos Hídricos no Estado, que Compromete o Volume e a Qualidade das Águas.		
Revisar o Plano Estadual de Recursos Hídricos (PERH/ES) Incluindo os Efeitos Esperados das Mudanças Climáticas		
Revisar os Planos de Bacias Hidrográficas para Considerar os Efeitos das Mudanças Climáticas sobre os Recursos Hídricos		
Fortalecer a Capacidade de Prevenção, Monitoramento, Controle e Combate aos Incêndios Florestais		
Promover o Programa de Mitigação da Erosão do Solo		
Caracterizar as Águas Superficiais e Subterrâneas no Espírito Santo		
Incorporar a Resiliência Climática ao Planejamento Estadual de Saúde		
Reforçar a Vigilância em Saúde e a Capacidade de Resposta a Desastres e Emergências Climáticas		

Promover uma infraestrutura urbana mais sustentável e adaptada às necessidades do futuro	
Fortalecer a Capacitação Técnica	
Promover a Inclusão Social e a Resiliência das Populações Vulneráveis	
Promover a Comunicação, Incentivar a Participação Comunitária e Fomentar a Educação Climática	
Ampliar a Capacidade de Mapeamento e Monitoramento de Áreas de Risco e Áreas de Suscetibilidade	
Fortalecer a Capacidade de Gestão e de Resposta a Desastres	
Criar Infraestrutura e Serviços Estaduais mais Resilientes	
Apoiar os Municípios para Fortalecimento da Resiliência e	
Adaptação Climática	
Fortalecer o sistema de monitoramento e alerta de desastres no Espírito Santo	
Melhorar a Estrutura e Rotinas de Ajuda Humanitária	
Reduzir o Risco de Enxurradas e Inundações	
Fortalecer o Programa de Recuperação de Áreas Degradadas no Contexto de Mudanças Climáticas	
Combater a Desertificação no ES	

7. SISTEMA DE GOVERNANÇA PARA AÇÕES DE ADAPTAÇÃO

Um sistema de governança para políticas públicas é um conjunto articulado de instituições, regras, processos e atores envolvidos na formulação, implementação, monitoramento e avaliação de políticas públicas. Trata-se de uma estrutura organizacional e decisória que determina como as políticas são criadas, geridas e ajustadas ao longo do tempo. Envolve a participação de múltiplas partes interessadas, como agentes governamentais, sociedade civil organizada, setor privado, academia e cidadãos, de forma a assegurar transparência, eficiência, legitimidade e responsividade na gestão pública. Um bom sistema de governança garante a clareza dos papéis e responsabilidades,

promove a participação social efetiva, facilita a demonstração dos resultados, o monitoramento e a avaliação de desempenho e possibilita que as políticas alcancem os objetivos previstos de forma eficaz e alinhada às necessidades da sociedade.

7.1. MONITORAMENTO E AVALIAÇÃO

O Monitoramento e Avaliação (M&A) pode ser definido como o conjunto de processos destinados a acompanhar de forma contínua a implementação de políticas, planos e programas, avaliando seus resultados e impactos frente aos objetivos estabelecidos. No sistema de governança climática, o M&A tem papel central porque promove transparência e *accountability*, ao tornar visíveis os avanços e desafios e ao responsabilizar os diferentes atores pelos compromissos assumidos. Além disso, favorece a aprendizagem institucional, já que permite identificar erros, acertos e oportunidades de aprimoramento, fortalecendo a capacidade de inovação e de adaptação das instituições envolvidas. Outro aspecto fundamental é a legitimidade que o M&A confere às ações governamentais, pois o acompanhamento sistemático e baseado em evidências assegura maior confiança da sociedade nas decisões tomadas. Nesse processo, a participação social também desempenha papel essencial, garantindo que diferentes vozes e perspectivas sejam incorporadas, ampliando a justiça, a inclusão e a efetividade das medidas de adaptação climática. Assim, o M&A não apenas assegura eficiência na gestão de recursos, mas também sustenta um processo de governança mais democrático, participativo e sustentável.

No âmbito do PEAMC, a função do M&A vai além da verificação do cumprimento de metas previamente estabelecidas, o sistema de M&A será parte constitutiva da arquitetura de governança climática estadual, servindo a múltiplas finalidades: acompanhar a implementação das ações estratégicas e respectivas medidas setoriais, garantir a transparência e a prestação de contas entre os diversos órgãos envolvidos, avaliar a efetividade e os impactos concretos das políticas em termos de redução da vulnerabilidade, fortalecimento institucional e proteção das populações mais expostas, além de fomentar o aprendizado institucional e a correção de rotas.

Para tanto, o sistema de M&A do Plano utilizará, de um lado, as informações fornecidas diretamente pelas entidades responsáveis pela implementação das medidas — especialmente no caso dos indicadores de execução — e, de outro, integrará dados provenientes de bases e plataformas já existentes, como o Atlas Digital de Desastres no Brasil (MDR), o SATDES, o GEOBASES, o DATASUS, além dos bancos de dados das Defesas Civis, da Saúde e do Meio Ambiente e dos sistemas meteorológicos e hidrológicos estaduais e nacionais, fundamentais para o acompanhamento dos indicadores de resultado. Complementarmente, será utilizado um sistema de informação desenvolvido especificamente para o PEAMC, o Adapta-ES (https://adaptaes.incaper.es.gov.br), que reúne indicadores próprios do Plano, como o ICAR, o IIRSS, o ICM e o número de pessoas residentes em áreas de risco geo-hidrológico (suscetíveis a deslizamentos, enxurradas e inundações), desagregados por município do Espírito Santo. Essa integração garantirá maior eficiência, continuidade e aproveitamento da infraestrutura e das informações já disponíveis, fortalecendo de forma consistente a capacidade de monitorar e avaliar o avanço da adaptação climática no Espírito Santo.

Para que o M&A cumpra sua função de forma plena, o PEAMC propõe a criação de mecanismos institucionais dedicados, como comitês de acompanhamento de implementação e avaliação, com composição interinstitucional e multissetorial, responsável por coordenar a sistematização de informações, conduzir avaliações periódicas e publicar relatórios de progresso e de impacto. Por fim, a transparência e participação social também serão elementos fundamentais do sistema de M&A, com a disponibilização pública de dados, relatórios e dashboards interativos, além da abertura de espaços de escuta, consulta e diálogo com a sociedade civil, universidades e setor privado. A efetividade do sistema de M&A será ampliada com o engajamento de diferentes segmentos da sociedade. Além disso, garantir a transparência e a participação social no processo é fundamental para que o aprendizado gerado pelos sistemas de M&A beneficie não apenas os instrumentos de adaptação, mas também a alocação de recursos e a formulação de políticas públicas mais amplas.

7.2. SISTEMA DE GOVERNANÇA

O sistema de governança do Plano Estadual de Adaptação às Mudanças Climáticas do Espírito Santo (PEAMC) foi estruturado para garantir um acompanhamento contínuo, transparente e eficaz da implementação das medidas previstas. Para isso, o modelo adotado prevê dois níveis complementares de acompanhamento: um nível gerencial e um nível estratégico (Tabela 4).

A instância gerencial é composta por representantes das secretarias e órgãos ligados às atividades de adaptação, sendo responsável pela análise da execução e organização de relatórios técnicos e gerenciais sobre as ações de adaptação ES que devem ser analisados pela instância estratégica do sistema de governança.

A instância estratégica é estruturada em 2 esferas complementares. Uma esfera totalmente interna ao governo, constituída pelo conjunto de secretarias e órgãos que compõem o Programa Capixaba de Mudanças Climáticas (PCMC), instituído pelo Decreto nº 5387-R, de 05 de maio de 2023, sob coordenação direta do governador do Estado. Nessa esfera são discutidas as políticas, resultados e andamento das políticas públicas com foco específico na sua gestão, operacionalização e coordenação interna das diferentes estruturas do governo. A segunda esfera envolve a participação de múltiplas partes interessadas, como agentes governamentais, sociedade civil organizada, setor privado, academia e cidadãos, de forma a assegurar transparência, eficiência e legitimidade do sistema, sendo representado pelo Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas (FCMC), DECRETO Nº 4503-R, DE 20 DE SETEMBRO DE 2019, que é presidido pelo governador do Estado e tem representantes das secretarias de Estado, órgãos e autarquias, além de representantes da sociedade civil organizada e o setor produtivo.

Essa dualidade de níveis — gerencial e estratégico — permite que o processo de monitoramento e avaliação seja ao mesmo tempo tecnicamente qualificado e institucionalmente legitimado, garantindo um ciclo contínuo de aprendizado, ajuste e aprimoramento da política estadual de adaptação climática.

7.3. DESCRIÇÃO DOS PROCEDIMENTOS DE GOVERNANÇA E ACOMPANHAMENTO

O funcionamento do sistema de governança climática do Espírito Santo é baseado em um conjunto procedimentos de M&A, que buscam assegurar a efetividade, a transparência e a adaptabilidade contínua das estratégias de adaptação implementadas. Esses procedimentos não se restringem ao acompanhamento do Plano em si, mas abrangem também os programas vinculados ao orçamento climático e a evolução de indicadores de resiliência. As seções a seguir detalham

Tabela 4. Estrutura de acompanhamento do PEAMC está organizada em dois níveis em dois níveis: gerencial, coordenado pela Comissão de Acompanhamento da Adaptação, e o estratégico, exercido pelo PCMC e pelo FCMC.

Nível de Acompanhamento	Instância Responsável	Função Principal	Produtos e Resultados
Gerencial	Comissão de Acompanhamento da Adaptação	Coordenar o monitoramento técnico-operacional das medidas, consolidar dados e avaliar a execução anual de acordo com os planos de trabalho elaborados.	Relatórios de progresso das secretarias líderes; Relatório Anual Consolidado de Acompanhamento do PEAMC; Identificação de ajustes e recomendações técnicas.
Estratégico – Etapa 1	Programa Capixaba de Mudanças Climáticas (PCMC)	Analisar internamente, no governo estadual, o andamento da implementação do plano e deliberar sobre os ajustes propostos.	Aprovação do Relatório Anual; Validação das ações corretivas; Articulação entre órgãos estaduais.
Estratégico – Etapa 2	Fórum Capixaba de Mudanças Climáticas (FCMC)	Promover análise participativa com envolvimento da sociedade civil, setor produtivo e academia.	Discussão ampliada do Relatório Anual; Proposição de diretrizes adicionais e novas medidas; Alinhamento com outras políticas públicas.

os quatro principais mecanismos de M&A estruturados no PEAMC:

(i) o acompanhamento da execução das medidas do Plano,
(ii) os processos periódicos de revisão,
(iii) o monitoramento de programas orçamentários voltados à adaptação e
(iv) a avaliação da evolução dos indicadores de resiliência climática. Cada um desses procedimentos foi concebido para garantir uma abordagem integrada, participativa e orientada à melhoria contínua da capacidade adaptativa do estado frente às mudanças do clima.

Os procedimentos do sistema de governança do PEAMC funcionam de forma integrada para assegurar que o Plano permaneça atualizado, eficaz e alinhado às necessidades do estado. O acompanhamento trimestral das medidas constitui o núcleo operacional do sistema. Cada secretaria líder apresenta um relatório com o progresso das ações, o cumprimento das metas e indicadores, eventuais atrasos e ajustes necessários. A Comissão de Acompanhamento consolida essas informações no Relatório Trimestral, que passa por análise estratégica em duas instâncias. Primeiro, o PCMC avalia o desempenho geral e a adequação das correções propostas, garantindo coerência com as políticas estaduais. Em seguida, o FCMC examina os resultados sob uma perspectiva ampliada, incorporando visões do setor produtivo, da sociedade civil e de instituições públicas. Esse ciclo assegura monitoramento constante e retroalimentação do processo de tomada de decisão.

As revisões periódicas complementam o acompanhamento contínuo. A revisão anual ajusta o Plano com base nos resultados do monitoramento, nas mudanças climáticas e socioeconômicas e nos avanços tecnológicos, produzindo uma versão revisada que mantém o Plano atualizado e responsivo. Já a revisão bianual retoma etapas estruturantes do planejamento estratégico, reavalia riscos e vulnerabilidades, atualiza diagnósticos, revisa ou substitui medidas e redesenha prioridades. Esse processo inclui participação direta do Grupo de Sustentação e consulta pública, fortalecendo a legitimidade e garantindo que o Plano reflita as mudanças internas e externas do estado.

O orçamento climático estadual também é acompanhado semestralmente. Cada ação ou programa vinculado à adaptação deve apresentar resultados e justificar necessidades de correção. A Comissão de Acompanhamento consolida essas análises no Relatório Semestral, que orienta decisões de alocação de recursos e reforça a coerência entre o Plano e o orçamento.

Por fim, o acompanhamento dos indicadores de resiliência climática fornece uma visão anual da evolução da capacidade adaptativa do estado. Esses indicadores, que envolvem dimensões socioeconômicas, ambientais, institucionais e sociais, são apresentados ao PCMC e ao FCMC e alimentam a plataforma pública Adapta-ES. Essa etapa assegura transparência e facilita o controle social, ao mesmo tempo em que orienta ajustes estratégicos com base em evidências.

Em conjunto, esses procedimentos formam um sistema dinâmico que combina monitoramento contínuo, revisão estruturada, participação social e análise de indicadores, garantindo que o PEAMC permaneça robusto, eficaz e alinhado à evolução dos riscos climáticos no Espírito Santo.

REFERÊNCIAS

ALES – Assembleia Legislativa do Espírito Santo. Crise hídrica derrubou agricultura capixaba em 2015. Disponível em: https://www.al.es.gov.br/Noticia/2016/01/29834/crise-hidrica-derrubou-agricultura-capixaba-em-2015.html Acesso em: 17 de outubro de 2024.

ALVES, M. L. Avaliação de desempenho de modelos climáticos para o Brasil. Relatório Técnico-Científico (Produto V e Produto VI do Projeto AdaptaBrasil MCTI). Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, 2023.

ARAUJO, A. V et al. Microclima e desenvolvimento do café 'conilon' consorciado com seringueira. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v. 49, n. 4, p. 872-881, 2014.

ARAÚJO, A. V. et al. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. Coffee Science, Lavras, v. 10, n. 2, p. 214-222, abr./jun. 2015.

ARAÚJO, A. V. et al. Microclima, desenvolvimento e produtividade do café robusta sombreado por seringueiras e a pleno sol. Revista Ciência Agronômica, v. 47, n. 4, p. 700-709, 2016.

ARNELL, N. W.; GOSLING, S. N. The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. Climatic Change, v. 134, n. 3, p. 387-401, 2016.

BALDOTTO, J. B. Avaliação do déficit hídrico na região hidrográfica do estado do Espírito Santo. 2022.

178 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) — Universidade Federal do Espírito Santo, Espírito Santo, 2022.

BERNARDO, W. P. et al. UV-B reduction and excess: Management strategies regarding Coffea sp. Crop. Scientia Horticulturae, v. 323, p. 112499, 2024.

BRASIL, (2025a). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. **AdaptaBrasil:** Teórico-metodológico para avaliação do risco de impacto das mudanças climáticas em Setores Estratégicos. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2026. Disponível em: https://adaptabrasil.mcti.gov.br/sobre/metodologia. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRASIL, (2025b). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. AdaptaBrasil: Cenários para o Setor Estratégico de Recursos Hídricos. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2025. Disponível em: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/2/1/2020/null/ES/municipio/null/adaptabrasil. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRASIL, (2025c). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. AdaptaBrasil: Cenários para o Setor Estratégico de Desastres Geo-hidrológicos: Deslizamentos de terra. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2025. Disponível em: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/60001/1/2015/null/ES/municipio/null/adaptabrasil. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRASIL, (2025d). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. AdaptaBrasil: Cenários para o Setor Estratégico de Desastres Geo-hidrológicos: Inundações, enxurradas e alagamentos. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2025. Disponível em: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/60041/1/2015/null/ES/municipio/null/adaptabrasil. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRASIL, (2025e). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. AdaptaBrasil: Cenários para o Setor Estratégico de Saúde: Arboviroses Dengue, zika e chikungunya. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2025. Disponível em: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/50076/1/2020/null/ES/municipio/null/adaptabrasil. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRASIL, (2025f). Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação. AdaptaBrasil: Cenários para o Setor Estratégico de Biodiversidade: Integridade do bioma. Coordenação: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). 2025. Disponível em: https://sistema.adaptabrasil.mcti.gov.br/90001/1/2017/null/ES/municipio/null/adaptabrasil. Acesso em: 17 de outubro de 2025.

BRÊDA, J. P. L. F. et al. Climate change impacts on South American water balance from a continental-scale hydrological model driven by CMIP5 projections. Climatic Change, v. 159, n. 4, p. 503-522, 2020.

CAFEICULTURA. Calor deve causar quebra de 30% na safra do café capixaba, afirma Incaper. Disponível em: https://revistacafeicultura.com.br/calor-deve-causar-quebra-de-30-na-safra-do-cafe-capixaba-afirma-incaper/ Acesso em: 17 de outubro de 2024.

CHANCEL, L. Global carbon inequality over 1990–2019. Nature Sustainability 5, 931–938, 2022.

CHOU, S. C.; LYRA, A.; MOURÃO, C.; DERECZYNSKI, C.; PILOTTO, I.; GOMES, J.; BUSTAMANTE, J.; TAVARES, P.; SILVA, A.; RODRIGUES, D.; CAMPOS, D.; CHAGAS, D.; SUEIRO, G.; SIQUEIRA, G.; NOBRE, P.; MARENGO, J. Evaluation of the Eta simulations nested in three global climate models. American Journal of Climate Change, v. 3, n. 5, p. 438-454, 2014.

COLLISCHONN, W.; ALLASIA, D.; DA SILVA, B. C.; TUCCI, C. E. The MGB-IPH model for large-scale rainfall–runoff modelling. Hydrological Sciences Journal, v. 52, n. 5, p. 878-895, 2007.

COLLISCHONN, W.; TUCCI, C. E. M. Simulação hidrológica de grandes bacias. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v. 6, n. 1, p. 95-118, 2001.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira de café. Brasília: CONAB, v. 12, n. 2, segundo levantamento, maio 2025. Disponível em: https://www.gov.br/conab/pt-br/atuacao/informacoes-agropecuarias/safras/safra-de-cafe/2o-levantamento-de-cafe-safra-2025/boletim-cafe-maio-2025. Acesso em 20/10/2025

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. Terra Livre, São Paulo, v. 19-I (20), p. 193-204, 2003.

DELA COSTA, F. P.; BUARQUE, D. C.; BRÊDA, J. P. L. F; FÖEGER, L. B. (2022). Impact of climate change on the flow of the Doce River basin. Brazilian Journal of Water Resources. RBRH, Porto Alegre, v. 27, e34, 2022.

DIFFENBAUGHA, N. S., BURKEA, M. Global warming has increased global economic inequality, PNAS, 116 (20), 9808-9813, 2019.

DOBO, B., ASEFA, F., ASFAW, Z. Effect of tree-enset-coffee based agro-forestry practices on arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) species diversity and spore density. Agro-forestry Systems, 92, 525-540, 2018

EVALDT B H C, LEITE Y L R, LOSS A C. Climate Change Impacto n Small Mammals from two Neotropical Hotspots. Biological Journal of the Linnean Society, 2024, 143, 1-12, 2024. https://doi.org/10.1093/biolinnean/blae014

FIELD, C. B. et al. Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation: special report of the intergovernmental panel on climate change. Cambridge University Press, 2012.

FREITAS, C. M. et al. Desastres naturais e saúde: uma análise da situação do Brasil. Ciência e Saúde Coletiva, Rio de Janeiro, v. 19, n. 9, p. 3645-3656, 2014.

FREITAS, G. R. de; TEIXEIRA, L. A.; OLIVEIRA, R. C. Impactos ambientais de obras públicas: um estudo de caso no município de Formiga/MG. Guará: Revista de Desenvolvimento Regional, v. 2, n. 2, 2022.

G1. Seca faz produção cair até 70% no Espírito Santo. Disponível em: https://g1.globo.com/espirito-santo/agronegocios/noticia/2016/10/seca-faz-producao-cair-ate-70-no-espirito-santo.html Acesso em: 17 de outubro de 2024a.

G1. Seca fez produção de café cair em 50% em 2015, no ES. Disponível em: https://g1.globo.com/espirito-santo/agronegocios/noticia/2016/01/seca-fez-producao-de-cafe-cair-em-50-em-2015-no-es.html Acesso em: 17 de outubro de 2024b.

G1. Sol forte e falta de chuva comprometem produção de pimenta-do-reino no ES. Disponível em: https://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/sol-forte-e-falta-de-chuva-comprometem-producao-de-pimenta-do-reino-no-es.ghtml Acesso em: 17 de outubro de 2024c.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2014: Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.)]. IPCC, Geneva, Switzerland, 2014.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. Aquecimento Global de 1,5°C. Sumário para Formuladores de Políticas. Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas. Versão em português, publicada pelo MCTI; Brasil, 2018.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. MASSON-DELMOTTE, V.; ZHAI, P.; PIRANI, A.; CONNORS, S. L.; PÉAN, C.; BERGER, S.; CAUD, N.; CHEN, Y.; GOLDFARB, L.; GOMIS, M. I.; HUANG, M.; LEITZELL, K.; LONNOY, E.; MATTHEWS, J. B. R.; MAYCOCK, T. K.; WATERFIELD, T.; YELEKÇI, O.; YU, R.; ZHOU, B. (Eds.). Cambridge: Cambridge University Press, 2021. 2391 p. DOI: 10.1017/9781009157896.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate. Geneva: IPCC, 2018. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/srocc/>. Acesso em: 19 out. 2024.

JAWO, T.O., KYEREH, D., LOJKA, B. The impact of climate change on Coffee production of small farmers and their adaptation strategies: A review. Climate and Development, 15, 93-109, 2022.

KODAMA, Y. Large-scale common features of subtropical precipitation zones (the Baiu frontal zone, the SPCZ, and the SACZ) Part I: Characteristics of subtropical frontal zones. Journal of the Meteorological Society of Japan. Ser. II, v. 70, n. 4, p. 813-836, 1992.

MARENGO, J. A.; CHOU, S. C.; KAY, G.; ALVES, L. M.; PESQUERO, J. F.; SOARES, W. R.; SANTOS, D. C.; LYRA, A. A.; SUEIRO, G.; BETTS, R.; CHAGAS, D. J.; GOMES, J. L.; BUSTAMANTE, J. F.; TAVARES, P. Development of regional future climate change scenarios in South America using the Eta CPTEC/HadCM3 climate change projections: climatology and regional analyses for the Amazon, São Francisco, and Paraná River basins. Climate Dynamics, v. 38, p. 1829-1848, 2011.

MARENGO, J. A.; TOMASELLA, J.; NOBRE, C. A. Climate change and water resources. In: MATTOS, B. C.; GALIZIA, T. J.; CORTESÃO, B. S. M. (Eds.). Waters of Brazil. Switzerland: Springer, 2017.

MARTINS, J.I., RODRIGUESA, A.P., MARQUES, I., LEITAO, A.E., PAIS, E.P., SEMEDO, J.N., PARTELLI, F.L., RAKOČEVIĆ, M., LIDON, F.C., RIBEIRO-BARROSA, A.I, DAMATTA, F.M., RAMALHO, J.C. Ecophysiological responses of coffee plants to heat and drought, intrinsic resilience and the mitigation effects of elevated air [CO2] in a context of climate changes. Advances in Botanical Research, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2024.

MDR. Sistema Integrado de Informações sobre Desastres - Atlas Digital de Desastres no Brasil: Dashboard. 2024. Disponível em: https://atlasdigital.mdr.gov.br/paginas/graficos.xhtml. Acesso em: 30/10/2024.

MEIRA-NETO, A. A., COSTA, F. P. D., BUARQUE, D. C, Mudanças Climáticas e Recursos Hídricos, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo, Paco Editorial, 2023, p. 71-110.

OLIOSI, G., GILES, J. A. D., RODRIGUES, W. P., RAMALHO, J. C., & PARTELLI, F. L. Microclimate and development of Coffea canephora cv. conilon under different shading levels promoted by Australian cedar (Toona ciliata M. Roem. var. Australis). Australian Journal of Crop Science, 10, 528–538, 2016.

OLIVEIRA, D. B. H. S., VANELI, B. P., & TEIXEIRA, E. C. (2024). Aprimoramento do Índice de Segurança Hídrica da ANA: adição do indicador vulnerabilidade a inundações e aplicação na região hidrográfica do rio Jucu, ES - Brasil. Revista de Gestão de Água da América Latina, 21, e15. Disponível em: https://doi.org/10.21168/rega.v21e15

OLIVEIRA, D. B-H. S. (2024). Aprimoramento da modelagem para avaliação de segurança hídrica no contexto do desenvolvimento regional sustentável. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Tecnológico.

OLIVEIRA, M. G. et al. Physiological responses of photosynthesis in black pepper plants under different shade levels promoted by intercropping with rubber trees. Ciência e Agrotecnologia, v. 42, n. 5, p. 513-526, 2018.

OLIVEIRA, M. G., MARTINS, M. Q., PARTELLI, F.L., Mudanças Climáticas e Agricultura no Espírito Santo, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo, Paco Editorial, 2023, p. 145-176.

PARTELLI, F. L., ARAÚJO, A. V., VIEIRA, H. D., DIAS, J. R. M., MENEZES, L. F. T. D., & RAMALHO, J. C. Microclimate and development of' conilon' coffee intercropped with rubber trees. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 49, 872–881, 2014.

PEREIRA, H.R.; REBOITA, M.S.; AMBRIZZI, T. Características da Atmosfera na Primavera Austral Durante o El Niño de 2015/2016. Revista Brasileira de Meteorologia 32, 293-310, 2017.

PEZZOPANE, JOSÉ RICARDO MACEDO et al. Zoneamento de risco climático para a cultura do café conilon no estado do Espírito Santo. Revista Ciência Agronômica, v. 41, n. 3, p. 341-348, 2010.

PONTES, P. R. M.; FAN, F. M.; FLEISCHMANN, A. S.; PAIVA, R. C. D.; BUARQUE, D. C.; SIQUEIRA, V. A.; JARDIM, P. F.; SORRIBAS, M. V.; COLLISCHONN, W. MGB-IPH model for hydrological and hydraulic simulation of large floodplain river systems coupled with open source GIS. Environmental Modelling & Software, v. 94, p. 1-20, 2017.

REBOITA, M. S.; OLIVEIRA, K. R.; CORRÊA, P. Y. C.; RODRIGUES, R. Influência dos diferentes tipos do fenômeno El Niño na precipitação da América do Sul. Revista Brasileira de Geografia Física, v. 14, n. 2, p. 729-742, 2021

REGOTO, P. P.; DERECZYNSKI, C.; SILVA, W. L.; SANTOS, R.; CONFALONIERI, U. Tendências de extremos

de precipitação para o estado do Espírito Santo. Anuário do Instituto de Geociências, v. 41, n. 1, p. 365-381, 2018.

RIBEIRO, R. S. 2022. Atlas de riscos geológico e hidrológico do estado do Espírito Santo no período 2011-2020: resultados gerais (Atlas of geological and hydrological risks for the state of Espírito Santo in the period 2011–2020: general results). Revista do Instituto de Geociências – USP. Geol. USP, Sér. cient., São Paulo, v. 22, n. 4, p. -22, dezembro 2022.

RODRIGUES, W.P., MARTINS, M.Q., FORTUNATO, A.S., RODRIGUES, A.P., SEMEDO, J.N., SIMÕES-COSTA, M.C., et al. Long-term elevated air [CO2] strengthens photosynthetic functioning and mitigates the impact of supra-optimal temperatures in tropical Coffea arabica and Coffea canephora species. Global Change Biology, 22, 415–431, 2016.

SALVADOR, H.P.; BERILLI, A.P.C.G.; RODRIGUES, W.P.; MAZZAFERA, P.; PARTELLI, F.L. A climate change perspective on the selection, development, and management of Coffea canephora genotypes. Advances in Botanical Research, Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2024.

SATYAMURTY, P.; NOBRE, C.A. & DIAS, P.L.S. South America. In: Meteorology of the Southern Hemisphere. American Meteorological Society, p. 119-139, 1998.

SOARES, W. R., Projeções Climáticas para o Espírito Santo, In: Reis, N. C., Nobre, C. A., Santos, J. M., Pezzopane, J. E. M. (Org), Mudanças Climáticas: Efeitos sobre o Espírito Santo, Paco Editorial, 2023, p. 41-70.

TAIZ, L., ZEIGER, L., MOLLER, I.M., MURPHY, A. Plant physiology and development. Sinauer Associates, Sixth edition. 2014, 888p.

TAPAÇA, I.P.E., OBIEZE, C.C., PEREIRA, G.V.M., FANGUEIRO, D., COUTINHO, G., FRAGA, I., PARTELLI, F.L., RAMALHO, J.C., MARQUES, I., RIBEIRO-BARROS, A.IK. Irradiance level and elevation shape the soil microbiome communities of Coffea arabica L. Environmental Microbiome, 19, 75, 2024.

Tavares, Priscila da Silva; Pilotto, Isabel Lopes; Chou, Sin Chan; Souza, Saulo Aires; Fonseca, Leila Maria Garcia; Chagas, Diego José, 2023, "Projeções climáticas para América do Sul regionalizadas pelo modelo Eta com correção de viés", https://doi.org/10.57810/lattesdata/WAVGSL, LattesData, V3

TCU – Tribunal de Contas da União, Manual de Aplicação - Painel Clima Brasil, Maio 2025, disponível em: https://sites.tcu.gov.br/recursos/painelclimabrasil/materiais/Manual_T%C3%A9cnico_Painel_ClimaBrasil.pdf

Xavier, A. C., Scanlon, B. R., King, C. W., & Alves, A. I. (2022). New improved Brazilian daily weather gridded data (1961–2020). International Journal of Climatology, 42(16), 8390– 8404. https://doi.org/10.1002/joc.7731

EQUIPE TÉCNICA

Neyval Costa Reis Júnior (Coordenação geral do projeto)	**UFES**
Antonio Celso de Oliveira Goulart	**UFES**
Bruno Furieri	**UFES**
Carlos Afonso Nobre	**UFES**
Daniel Rigo	**UFES**
Diogo Costa Buarque	**UFES**
Elisa Goulart Valentim	**UFES**
Fábio Luiz Partelli	**UFES**
Jane Meri Santos	**UFES**
José Geraldo Mill	**UFES**
Paulo Sergio de Paula Vargas	**UFES**
Wesley de Souza Campos Correa	**UFES**
Pedro Henrique Bonfim Pantoja	**INCAPER**
Bruno Abreu Pancotto	**UFES**
Leticia Erthal Cordeiro	**UFES**
Coronel Benício Ferrari Junior	**CEPDEC**
George Ulguim Pedra	**INPE/AdaptaBrasil**
Gustavo Felipe Balué Arcoverde	**INPE/AdaptaBrasil**
Jean Pierre Henry Balbaud Ometto	**INPE/AdaptaBrasil**
Marck Silva	**INPE/AdaptaBrasil**
Thales Vaz Penha	**INPE/AdaptaBrasil**
Pablo Medeiros Jabor	**IJSN**

Juliana dos Reis	**SEAMA**
Robson Monteiro dos Santos	**SEAMA**
Elizane Maria Carneiro Jubini	**SEAMA**
Anna Claudia Aquino dos Santos Pela	**SEP**
Amanda Pavão Góes Moreira	**SEP**
Leticia Gonçalves de Souza	**SEP**
Andrea Nobre	**SEP**
Michel Tesch Simon	**SEAG**
Fabricio Zanzarini	**SEAG**
Alexandre de Mello Delpupo	**ARSP-ES**
Júlio Demuner Ferreira	**AGERH**
Henrique Dalmagro	**CPID-ES**
Manoel Farias de Almeida Junior	**CPID-ES**
Talita Costa Pereira	**CPID-ES**
Angela Beatriz Rosa da Silva de Oliveira	**CPID-ES**
Pablo Merlo Prata	**DER**
Eric Borges Scardino	**INCAPER**
Rodrigo de Castro Cosme	**INCAPER**
Anderson Zucolotto	**SEDURB**
Cristiano Soares da Silva	**SESA**
Juliane Barroso	**SETADES**