



01

Relatório Técnico
setembro/2025

Mudanças Climáticas e Adaptação Produtiva na Agricultura Familiar do Semiárido Nordestino



CÁTEDRA ITINERANTE
INCLUSÃO
PRODUTIVA RURAL



A **Cátedra Itinerante Inclusão Produtiva Rural** é uma instituição sediada pelo Núcleo Cebrap Sustentabilidade que pesquisa sobre **inclusão produtiva rural no Brasil e seus temas correlatos**, tendo como recorte atual a região do **Semiárido nordestino brasileiro**. É assim chamada porque é composta por uma rede de pesquisadores e instituições, cada qual especialista em determinado tema, que alterna e compartilha a centralidade e o protagonismo nos projetos, construindo coletivamente os saberes em torno da inclusão produtiva rural.

Este material compõe uma série de estudos sobre o Semiárido nordestino brasileiro em que a Cátedra IPR pesquisa como a adaptação climática, a digitalização, a juventude rural e a transição agroalimentar estão relacionadas com a inclusão produtiva rural de indivíduos e famílias em situação de vulnerabilidade no mundo do trabalho, com **geração de renda de qualidade e de maneira justa**.



CÁTEDRA ITINERANTE
INCLUSÃO
PRODUTIVA RURAL



CEBRAP
Sustentabilidade



fundação
arymax

instituto
ITAÚSA



PORTICUS

Ficha técnica

Estudo contratado pela coordenação da Cátedra Itinerante Inclusão Produtiva Rural, a qual é financiada pela Fundação Arymax, Instituto Itaúsa e Fundação Porticus e possui sede no Cebrap Sustentabilidade. As opiniões e interpretações expressas são de responsabilidade dos autores e não refletem, necessariamente, as posições institucionais da Cátedra.

Coordenação geral

Ricardo Chaves Lima

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE)

Coordenação técnica

Francisco Sandro Rodrigues Holand

Universidade Federal de Sergipe (UFS)

Equipe técnica e de apoio

Valdir Pimenta

Universidade Federal de Sergipe (UFS - mestrando)

Maria Luiza Alagão

Universidade Federal de Pernambuco (UFPE - estudante de Economia)

Imagem de capa

Beto Figueiroa

Material livre para distribuição, citação e adaptação desde que seja atribuído os créditos aos autores.

Como citar esta publicação:

Lima, R. C.; Holand, F. S. R.; Pimenta, V.; Alagão, M. L. **Mudanças Climáticas e Agricultura Familiar no Semiárido: Evidências, Impactos e Caminhos de Adaptação**. Relatório Técnico. São Paulo: Cebrap, 2025.

SUMÁRIO

Introdução	5
Indicadores Climáticos e Estratégias Adaptativas das Culturas Agrícolas	8
Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA)	8
Tipos Fotossintéticos de Plantas	9
Cenários RCP e impactos na agricultura familiar do Nordeste	11
Algumas Evidências das Mudanças Climáticas	13
Evolução das Áreas Plantada com Culturas de Ciclo Curto	14
Evolução das Áreas Plantada com Culturas de Ciclos Médio e Longo	17
Mudanças Climáticas e Variabilidade Climática	20
Percepção do Público de Interesse sobre Mudanças Climáticas e Adaptação Espontânea	26
Ações em Curso	33
Recomendações	37
Conclusões	40
Referências	42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 Área plantada de feijão em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)	15
Figura 02 Área plantada de milho em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)	16
Figura 03 Área plantada de mamona em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)	18
Figura 04 Área plantada de mandioca em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)	19
Figura 05 Área plantada de abacaxi em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)	20
Figura 06 Variância móvel de 5 anos das séries de área plantada de culturas temporárias (feijão e milho)	24
Figura 07 Variância móvel de 5 anos das séries de área plantada de culturas perenes (mandioca e abacaxi)	25
Figura 08 Culturas percebidas como mais vulneráveis às mudanças climáticas ..	28
Figura 09 Percepção dos impactos das mudanças climáticas na produção agropecuária	29
Figura 10 Percepção sobre a possibilidade de substituição dos plantios atuais por culturas mais resistentes ao estresse hídrico	30
Figura 11 Percepção sobre o que mais falta para que o produtor rural se adapte às mudanças do clima	30
Figura 12 Principais estratégias de adaptação reportada no questionário de pesquisa	31

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro ocupa cerca de 12% do território nacional, abrangendo grande parte da região Nordeste. Essa área se destaca por suas características climáticas e socioambientais singulares, que condicionam tanto a dinâmica ecológica quanto as formas de organização social e produtiva. Apesar de sua localização em baixas latitudes, com intensa radiação solar e proximidade do oceano Atlântico tropical, a região é marcada por precipitações reduzidas, irregulares e de forte sazonalidade, com longos períodos de estiagem alternados por curtos períodos chuvosos (Marque; Oliveira, 2016). Essa configuração resulta da interação de sistemas atmosféricos como a Zona de Convergência Intertropical, a Massa Equatorial Continental, a Massa Tropical Atlântica e as Ondas de Leste, cuja variabilidade condiciona a ocorrência e distribuição das chuvas (Roucou *et al.*, 1996; Gomes *et al.*, 2021). O regime de precipitação é ainda influenciado por fenômenos oceânico-atmosféricos globais, como El Niño e La Niña, que modulam os padrões de seca e chuva no Nordeste, reforçando a irregularidade climática regional (Marengo; Bernasconi, 2015).

Do ponto de vista ecológico, a região é dominada pelo bioma Caatinga, que cobre cerca de 65% da área semiárida e constitui um dos ecossistemas mais vulneráveis do Brasil às alterações climáticas. Estudos indicam que a Caatinga possui índice de vulnerabilidade climática superior a 57%, ficando atrás apenas da Amazônia nesse quesito (Santos *et al.*, 2023). A vulnerabilidade do semiárido brasileiro está relacionada tanto a fatores naturais quanto socioeconômicos. Entre os primeiros, destacam-se a escassez de recursos hídricos, os solos rasos e pedregosos e a vegetação adaptada ao estresse hídrico. Entre os segundos, sobressaem a forte dependência da agricultura familiar de sequeiro, a insuficiente infraestrutura hídrica e os baixos indicadores sociais (Angelotti, 2015; Tanure, 2020). Nesse contexto, a população do semiárido encontra-se especialmente exposta a oscilações climáticas, dada sua alta dependência da agricultura de subsistência e da pecuária extensiva.

Historicamente, a região semiárida é marcada pela recorrência de secas prolongadas. Esses eventos climáticos extremos moldaram a economia e a organização social do Nordeste ao longo dos séculos, com impactos expressivos sobre a agricultura, a pecuária e os sistemas de abastecimento de água. Estudos registram que estiagens severas provocaram crises alimentares, perda de rebanhos e movimentos migratórios conhecidos como “êxodo dos retirantes” (Paiva; Melo, 2020). Do ponto de vista ambiental, as secas intensificam processos de desertificação e degradação do solo, reduzem a biodiversidade da Caatinga e comprometem a reposição hídrica de aquíferos e reservatórios (Cavalcante Júnior, 2015). As consequências sociais também são significativas: insegurança alimentar, aumento da vulnerabilidade socioeconômica e pressões migratórias para centros urbanos.

Embora a variabilidade climática do semiárido tenha sido historicamente explicada por fenômenos periódicos de grande escala, como El Niño e La Niña, o cenário atual aponta para uma mudança permanente no regime climático. Projeções do **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** (PBMC, 2013) e do **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas** (IPCC, 2021) indicam que a temperatura média no Nordeste poderá se elevar entre 2 °C e 5 °C até o final do século XXI, dependendo do cenário de emissões de gases de efeito estufa. Além disso, modelos climáticos sugerem redução de até 40% nas precipitações em algumas áreas, o que intensificará a escassez hídrica e ampliará a frequência e severidade de secas (Marengo; Bernasconi, 2015; Gomes *et al.*, 2021).

Essa perspectiva diferencia-se dos ciclos históricos de estiagens, uma vez que não se trata apenas de variações periódicas no clima, mas de um processo de aquecimento global que pode alterar de forma permanente as condições de temperatura, precipitação e disponibilidade hídrica. A distinção entre eventos climáticos recorrentes e mudanças climáticas permanentes é, portanto, fundamental para compreender o novo contexto em que se insere o semiárido. Enquanto os primeiros se caracterizam por oscilações temporárias, os efeitos projetados das mudanças climáticas implicam transformações duradouras e cumulativas, com implicações diretas sobre a agricultura de sequeiro, a gestão de recursos hídricos, a segurança alimentar e a resiliência socioambiental da região (Martins *et al.*, 2019).

O presente estudo tem como objetivo identificar os sinais dos impactos das mudanças climáticas no semiárido nordestino, considerando suas implicações para a agricultura familiar, para as percepções sociais e para as formas de adaptação desenvolvidas na região. Com base na literatura existente, em dados secundários e em resultados de pesquisas de campo já realizadas, busca-se reunir evidências de como as alterações no regime de chuvas e o aumento das temperaturas afetam a dinâmica produtiva e social do semiárido. Além disso, pretende-se mapear estratégias de adaptação adotadas pelos agricultores, que vão desde práticas tradicionais de convivência com a seca até iniciativas mais recentes, relacionadas à agroecologia, à gestão sustentável da Caatinga e à pecuária de baixo carbono. O estudo também se propõe a analisar as políticas públicas voltadas à mitigação dos efeitos das mudanças climáticas sobre a inclusão produtiva rural, examinando sua presença na região e a forma como dialogam com as respostas locais dos agricultores. Dessa maneira, busca-se organizar elementos que permitam compreender como os agricultores vêm respondendo às pressões climáticas e quais caminhos – tanto locais quanto institucionais – podem contribuir para o fortalecimento da resiliência socioambiental do semiárido nordestino.

Este estudo parte da hipótese de que as mudanças climáticas que atualmente incidem sobre o semiárido nordestino configuram uma ruptura estrutural em relação às variações históricas, marcando uma transição de caráter permanente. Essa nova realidade tem se manifestado, entre outros aspectos, na queda da produção e da produtividade de culturas mais sensíveis às alterações no regime climático. Diante desse cenário, a agricultura familiar vem buscando alternativas para se adaptar, recorrendo à substituição de espécies menos resistentes por variedades mais resilientes às novas condições ambientais. Esses esforços, no entanto, têm ocorrido majoritariamente por iniciativa dos próprios agricultores, revelando um processo de adaptação conduzido de forma privada e descentralizada. Em contrapartida, a presença de políticas públicas articuladas e de abrangência regional ainda é limitada, o que compromete a construção de respostas mais estruturadas e efetivas para mitigar os impactos ou apoiar os processos de adaptação da agricultura familiar frente às transformações climáticas em curso.

INDICADORES CLIMÁTICOS E ESTRATÉGIAS ADAPTATIVAS DAS CULTURAS AGRÍCOLAS

A compreensão da dinâmica climática em regiões semiáridas é fundamental para orientar o planejamento agrícola e reduzir os riscos associados à escassez de água. Nesse contexto, indicadores como o Índice de Aridez (IA) e o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) constituem ferramentas essenciais para classificar áreas quanto à disponibilidade hídrica e à viabilidade da produção em sequeiro. Esses índices permitem identificar zonas mais vulneráveis à desertificação, distinguir gradientes de aridez dentro de um mesmo bioma – como a Caatinga – e definir estratégias de manejo adequadas para diferentes condições.

Paralelamente, a adaptação das culturas agrícolas às restrições hídricas também depende das características fisiológicas das plantas. Os diferentes tipos fotossintéticos (C3, C4 e CAM) refletem estratégias evolutivas distintas de uso da água e do carbono, oferecendo vantagens e limitações específicas em ambientes áridos ou úmidos. Assim, a integração entre os indicadores climáticos e as particularidades dos sistemas fotossintéticos fornece um quadro analítico robusto para o zoneamento agroclimático e para a definição de políticas de adaptação no semiárido brasileiro.

Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA)

O Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) relaciona a precipitação à evapotranspiração, sendo limitado ao valor máximo de 1. Trata-se de um indicador calculado em bases mensais e anuais, cuja aplicação pode ser refinada por meio do uso de médias móveis de 3 e 5 meses, as quais contribuem para a identificação e delimitação de zonas agrícolas. Além disso, o ISNA é utilizado como parâmetro de classificação da adequabilidade do cultivo em sequeiro, permitindo avaliar a viabilidade produtiva em diferentes condições climáticas do Semiárido.

- **ISNA $\leq$ 0,45** → Áreas inaptas para cultivo sem irrigação.

- **$0,45 < ISNA \leq 0,5$** → Severas restrições (culturas muito tolerantes à seca).
- **$0,5 < ISNA \leq 0,55$** → Fortes restrições.
- **$0,55 < ISNA \leq 0,6$** → Moderadas restrições.
- **$0,6 < ISNA \leq 0,65$** → Leves restrições.
- **$ISNA \geq 0,65$** → Áreas preferenciais (baixo risco climático).

Tipos Fotossintéticos de Plantas

Quanto aos tipos fotossintéticos, as plantas se diferenciam pelo mecanismo de fixação do dióxido de carbono (CO_2), característica que constitui uma estratégia adaptativa importante frente às variações climáticas. Esses mecanismos determinam a eficiência no uso da água, a tolerância ao estresse ambiental e a capacidade de adaptação a diferentes condições. Os três principais grupos – C3, C4 e CAM – apresentam cultivos característicos, vantagens e limitações próprias, além de estratégias específicas de manejo que orientam sua utilização agrícola.

C3

- **Cultivos:** feijão, soja, algodão, mandioca, batata, café, gergelim.
- **Vantagens:** crescem bem em clima ameno e com concentração de CO_2 elevada.
- **Limitações:** sensíveis ao estresse térmico e hídrico.
- **Estratégias:** sombreamento, irrigação controlada, manejo de solo.

C4

- **Cultivos:** milho, cana-de-açúcar, sorgo.
- **Vantagens:** maior eficiência hídrica e térmica.
- **Limitações:** vulnerabilidade a secas prolongadas.
- **Estratégias:** cultivares melhorados, manejo genético, rotação de culturas.

CAM (Metabolismo Ácido das Crassuláceas)

- **Cultivos:** palma forrageira, cactáceas (mandacaru, xique-xique), abacaxi.
- **Vantagens:** alta resiliência à seca, armazenam CO_2 à noite.
- **Limitações:** baixa produtividade em ambientes muito úmidos.

- **Estratégias:** práticas agroecológicas, multiplicação de cultivares, irrigação mínima.

A análise conjunta dos indicadores climáticos e das estratégias adaptativas inerentes aos diferentes tipos fotossintéticos evidencia que a resiliência da agricultura no Semiárido depende tanto do monitoramento preciso da disponibilidade hídrica quanto do aproveitamento das características fisiológicas das espécies cultivadas. Essa integração fornece subsídios consistentes para o zoneamento agroclimático, a escolha de cultivares mais adequados e a formulação de políticas públicas voltadas à mitigação dos riscos climáticos e ao fortalecimento da inclusão produtiva rural em condições adversas.

CENÁRIOS RCP E IMPACTOS NA AGRICULTURA FAMILIAR DO NORDESTE

Os cenários climáticos do **Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas** (IPCC – *Intergovernmental Panel on Climate Change*), conhecidos como *Representative Concentration Pathways* (RCP), permitem projetar os efeitos das mudanças climáticas sobre a agricultura (IPCC, 2007 *apud* Magalhães *et al.*, 2021). Para o Semiárido nordestino, tanto o RCP 4.5 (mitigação moderada) quanto o RCP 8.5 (altas emissões) indicam reduções significativas da produtividade agrícola (Tanure, 2020).

De forma agregada, as projeções indicam que todas as unidades federativas da região poderão registrar perdas de produtividade, variando em intensidade, mas sempre negativas. No cenário mais otimista (RCP 4.5, 2021-2050), as reduções poderão variar de apenas 5,4% no Ceará até 52,8% em Sergipe. No cenário pessimista (RCP 8.5, 2051-2080), as perdas poderão alcançar 58,2% em Sergipe, enquanto Bahia, Pernambuco e Alagoas também poderão registrar reduções superiores a 50% (Tanure, 2020). Esses números evidenciam a gravidade dos impactos previstos para a agricultura familiar, mesmo em cenários de mitigação parcial.

O detalhamento por cultura reforça essa vulnerabilidade. Entre os alimentos centrais da dieta regional, mandioca, milho e feijão poderão apresentar reduções expressivas já no RCP 4.5 para o período 2021-2050. Em Pernambuco, por exemplo, a mandioca poderá cair 53% e o feijão 27%, enquanto na Bahia as reduções poderão chegar a 49% e 33%, respectivamente. O milho, essencial tanto para consumo humano quanto para ração animal, também poderá registrar quedas relevantes: 41% na Bahia, 31% em Pernambuco e 29% em Alagoas (Tanure, 2020).

Culturas permanentes e de exportação também poderão ser impactadas ao longo de 2021-2050 (RCP 4.5). O café em grão poderá ter reduções de 44% em Alagoas e 46% na Bahia e no Maranhão. A laranja poderá cair 37% em Pernambuco e 22% na Bahia. Já o algodão herbáceo poderá registrar perda de até 78% em

Pernambuco. Algumas poucas exceções aparecem, como ganhos localizados no abacaxi (22% na Bahia e 63% no Piauí) e no tomate (41% na Bahia e 27% em Pernambuco). No entanto, esses avanços pontuais não poderão compensar o quadro geral de perdas (Tanure, 2020).

Quando se projeta o horizonte de 2051-2080 sob o RCP 8.5, os efeitos negativos poderão se intensificar. Estados como Bahia, Pernambuco, Alagoas e Sergipe poderão apresentar reduções superiores a 50% na produtividade agregada da agricultura familiar. Nessas condições, lavouras de sequeiro como feijão, milho e mandioca, já bastante vulneráveis no cenário anterior, poderão sofrer quedas ainda mais expressivas, comprometendo diretamente a subsistência das famílias agricultoras (Tanure, 2020).

O conjunto das projeções está alinhado ao **Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas** (PBMC, 2013), que estima para a Caatinga aumentos de temperatura entre 3,5 °C e 4,5 °C e redução das chuvas entre 40% e 50% até o final do século. Nesse contexto, as culturas de sequeiro, fortemente dependentes da água da chuva, poderão estar entre as mais ameaçadas, colocando em risco a segurança alimentar local e a sustentabilidade da agricultura familiar (Marin, 2014; Oliveira, 2011; Silva, 2010).

ALGUMAS EVIDÊNCIAS DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

As projeções científicas para o semiárido nordestino indicam um cenário de aquecimento progressivo e intensificação da aridez, que se traduz em transformações de longo prazo nos sistemas produtivos e socioambientais. Modelos climáticos apontam que as temperaturas médias da região podem se elevar entre 2 °C e 5 °C até o final do século XXI, dependendo dos cenários de emissões de gases de efeito estufa (PBMC, 2013; IPCC, 2021). Estudos baseados em séries históricas já registram um aumento médio próximo de 0,3 °C por década, tendência que se intensifica nos cenários futuros projetados (Assad *et al.*, 2016).

Resultados recentes mostram que as capitais nordestinas apresentam tendência significativa de elevação das temperaturas máximas, com cenários pessimistas indicando valores entre 37,5 °C e 39 °C, sobretudo em cidades localizadas no Piauí e no Maranhão (Gomes *et al.*, 2021). Esse aquecimento tende a ser acompanhado de uma redução nas chuvas anuais, que pode chegar a até 40% em determinadas áreas do semiárido (Marengo; Bernasconi, 2015). Além do volume, espera-se também maior irregularidade na distribuição espacial e temporal das precipitações, o que agrava os riscos para a agricultura de sequeiro e para os sistemas de abastecimento de água.

As repercussões sobre a agricultura são expressivas. Pesquisas utilizando os modelos do CMIP6 e metodologias do Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) estimam perdas de produtividade em culturas centrais para a agricultura familiar, como milho, feijão e arroz, caso a tendência de aquecimento se mantenha (Assad *et al.*, 2016; Assad *et al.*, 2019). Além da queda nos rendimentos, o aumento térmico e o déficit hídrico devem intensificar o estresse fisiológico das plantas, reduzir a qualidade dos grãos e aumentar a vulnerabilidade a pragas e doenças (Assad *et al.*, 2013).

Esses estudos convergem para a conclusão de que o semiárido nordestino está diante de uma transformação estrutural em seu regime climático. As mudanças

ambientais projetadas para a região não se configuram como meras repetições dos ciclos de estiagem do passado, mas como um processo contínuo e permanente de transformação climática, cujos efeitos tendem a se prolongar de forma duradoura sobre a agricultura, a segurança alimentar e a resiliência socioambiental local.

Na sequência, serão apresentados os dados referentes à evolução da área plantada com culturas de ciclo curto e de ciclo longo nos municípios do Semiárido Nordeste, categorizados segundo a tipologia estabelecida pelo Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA).

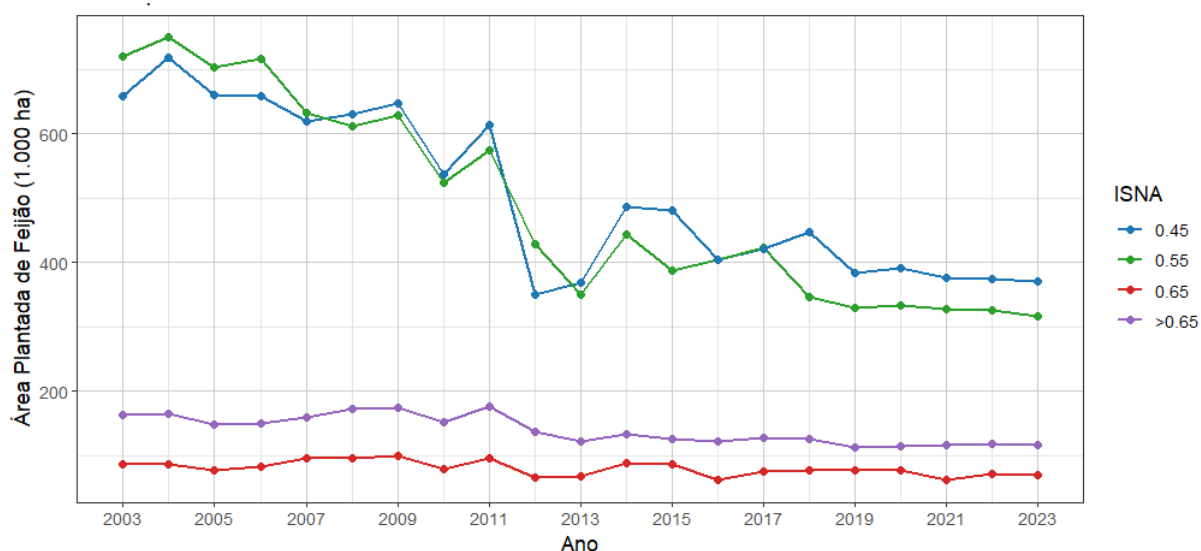
Evolução das Áreas Plantada com Culturas de Ciclo Curto

A análise das áreas cultivadas no Semiárido nordestino requer a consideração das condições climáticas locais, fortemente determinadas pela disponibilidade hídrica. Nesse sentido, o Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) representa um parâmetro central para avaliar a aptidão do cultivo em regime de sequeiro, ao relacionar a precipitação à evapotranspiração e classificar zonas agrícolas segundo diferentes níveis de restrição. Essa medida permite distinguir desde áreas inaptas ou de severa limitação até aquelas consideradas preferenciais para a produção agrícola. Nesta subseção, serão apresentados gráficos que mostraram a evolução da área plantada com culturas de ciclo curto (em torno de 3 meses) no Semiárido nordestino, no período de 2003 a 2023, considerando quatro intervalos do ISNA (0,45; 0,55; 0,65 e > 0,65). O objetivo é oferecer uma visão comparativa da trajetória dessas áreas em diferentes condições de aptidão climática, tomando o índice como referência para a delimitação das regiões analisadas.

A Figura 01 apresenta a série temporal da área plantada de feijão no Semiárido nordestino, no período de 2003 a 2023, para municípios com ISNA 0,45; 0,55; 0,60; e 0,65. Observa-se queda em todas as faixas, com perdas médias anuais de área plantada de 14,4 mil ha/ano para ISNA 0,45; 20,2 mil ha/ano para ISNA 0,55; 0,8 mil ha/ano para ISNA 0,65; e 2,4 mil ha/ano para ISNA > 0,65. Esses resultados indicam uma redução mais acentuada nos municípios com menores índices de sustentabilidade no Semiárido. O feijão, por ser uma cultura C3, é fisiologicamente

mais sensível ao estresse térmico e hídrico – altas temperaturas elevam a fotorrespiração e reduzem eficiência fotossintética, enquanto déficits de chuva afetam florescimento, pegamento de vagens e enchimento de grãos. O fato de grande parte da área plantada situar-se em municípios do Semiárido com ISNA 0,45 e 0,55 (classes associadas a inaptidão ou restrição para cultivo de sequeiro) ajuda a explicar por que, entre 2003 e 2023, observamos quedas mais acentuadas nessas faixas: a combinação de temperaturas mais altas, chuvas mais irregulares e maior frequência de períodos secos intensifica o estresse no feijoeiro e tende a reduzir produtividade, levando produtores a diminuir área ou migrar para sistemas irrigados/culturas mais tolerantes. Esse padrão é coerente com sinais de mudança climática no Semiárido; ainda assim, a atribuição causal requer controlar por preços, custos, acesso à irrigação, variedades e políticas públicas, que também influenciam decisões de área.

Figura 01 | Área plantada de feijão em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)

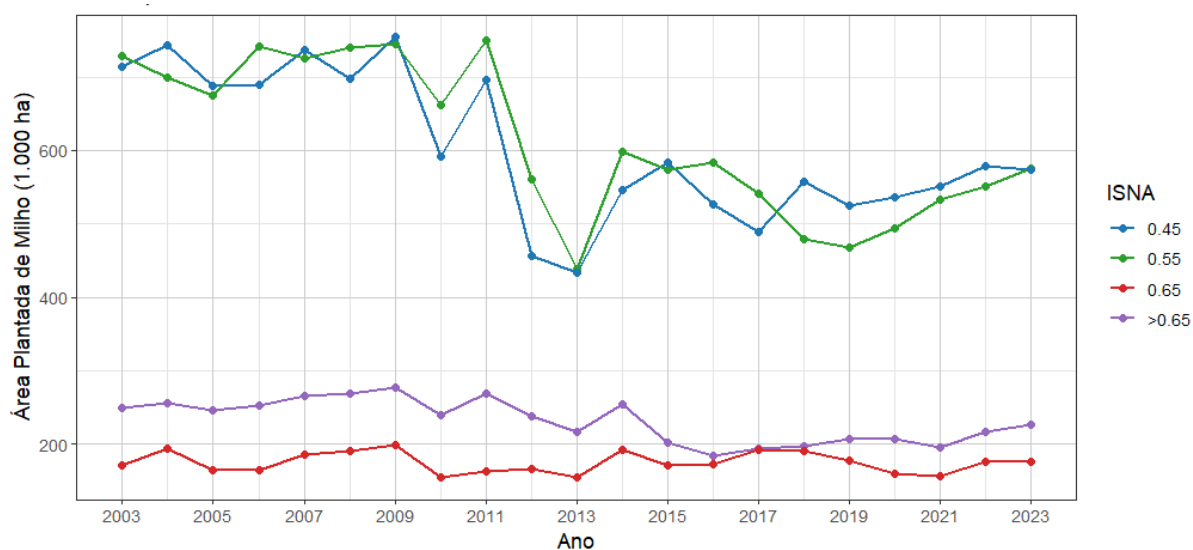


Fonte de dados: Produção Agrícola Municipal - IBGE (vários anos).

A Figura 02 apresenta a evolução da área plantada de milho no Semiárido nordestino entre 2003 e 2023, considerando as mesmas classes de ISNA das Figuras 01 e 02. Nas áreas com ISNA 0,45 e 0,55, as séries não exibem perda contínua ao longo de todo o período; observa-se uma mudança de nível a partir de 2013,

mantendo-se daí em diante em patamar inferior até 2023. Essa quebra representa uma perda média anual de aproximadamente 7,0 mil ha/ano (ISNA 0,45) e 7,64 mil ha/ano (ISNA 0,55). Nas áreas com ISNA 0,65, a área plantada cresce cerca de 0,24 mil ha/ano (em torno de 240 ha/ano), ao passo que, nas áreas com ISNA > 0,65, observa-se redução de aproximadamente 1,2 mil ha/ano. O milho é uma cultura C4, caracterizada por maior eficiência hídrica e térmica, o que ajuda a explicar os menores índices de queda na área plantada – com destaque para o ISNA 0,65, que apresentou leve aumento. É possível que a mudança de nível nas séries de área plantada de milho nas faixas de ISNA 0,45 e 0,55 tenha decorrido do choque climático de 2013 – ano da pior seca em 50 anos no Nordeste –, que elevou o risco produtivo e reduziu a disponibilidade hídrica justamente nas zonas mais suscetíveis. Esse choque pode ter reduzido o nível médio das séries, que não retornaram aos patamares anteriores, possivelmente devido a efeitos persistentes associados à variabilidade climática e à mudança do clima¹.

Figura 02 | Área plantada de milho em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)



Fonte de dados: Produção Agrícola Municipal – IBGE (vários anos).

¹ Confederação Nacional de Municípios, **Nordeste brasileiro teve pior seca dos últimos 50 anos em 2013, diz relatório**, 24 mar. 2014.

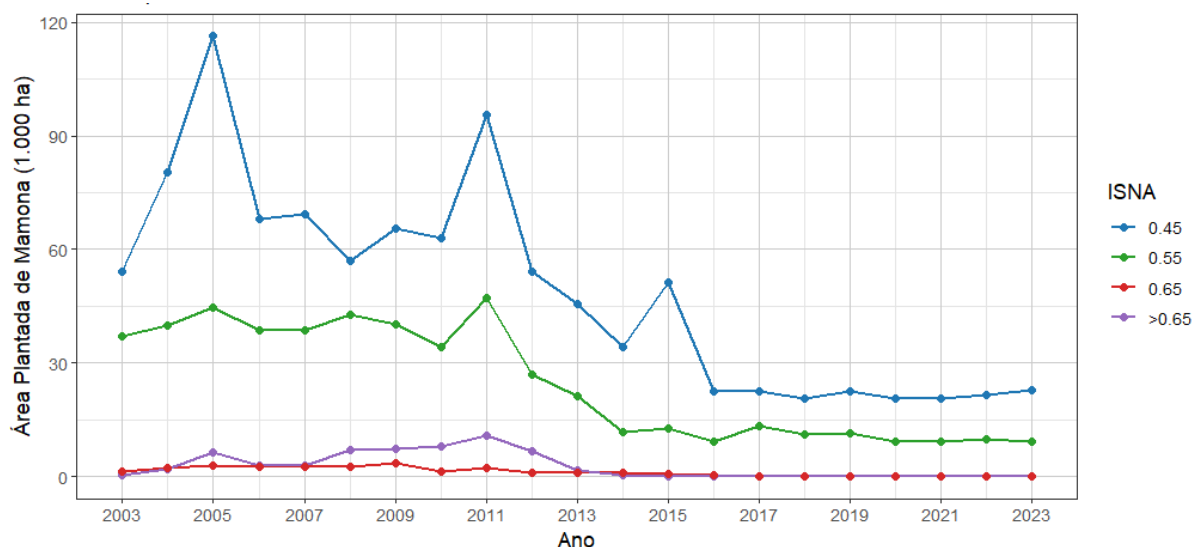
Evolução das Áreas Plantada com Culturas de Ciclos Médio e Longo

A seguir, serão apresentados gráficos que mostram a evolução da área plantada com culturas perenes no Semiárido nordestino, no período de 2003 a 2023, considerando quatro intervalos do Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA): 0,45; 0,55; 0,65 e > 0,65. O objetivo é oferecer uma visão comparativa da trajetória dessas culturas em diferentes condições de aptidão agroclimática, tomando o ISNA como referência para a delimitação das regiões analisadas.

A Figura 03 apresenta a evolução da área plantada com mamona no Semiárido nordestino entre 2003 e 2023, considerando as mesmas classes de ISNA utilizadas nas figuras anteriores. Observa-se uma tendência de retração em todas as faixas, com perdas médias anuais de 1,6 mil ha para ISNA 0,45 e 1,4 mil ha para ISNA 0,55. Nas áreas com ISNA 0,65, a redução é mais discreta, com perda média de 0,06 mil ha/ano, enquanto nas áreas com ISNA > 0,65 a retração é ainda menor, cerca de 0,01 mil ha/ano. A mamona é uma planta perene do tipo C3, portanto sensível ao estresse térmico e hídrico. Assim como as culturas de ciclo curto analisadas, a cultura apresentou redução de área plantada entre 2003 e 2023, com retração mais acentuada nas áreas com ISNA 0,45 e 0,55, caracterizadas por baixa ou nenhuma aptidão ao cultivo em regime de sequeiro.

Vale destacar que, mesmo em 2003, a área plantada com mamona nas faixas de ISNA 0,65 e >0,65 já era bastante limitada – apenas 1.300 hectares e 300 hectares, respectivamente. Ao longo das duas décadas seguintes, esses números caíram para 50 hectares (ISNA 0,65) e 42 hectares (ISNA >0,65), indicando que, mesmo em zonas com maior aptidão hídrica, a cultura da mamona manteve baixa representatividade e sofreu retrações significativas em termos proporcionais.

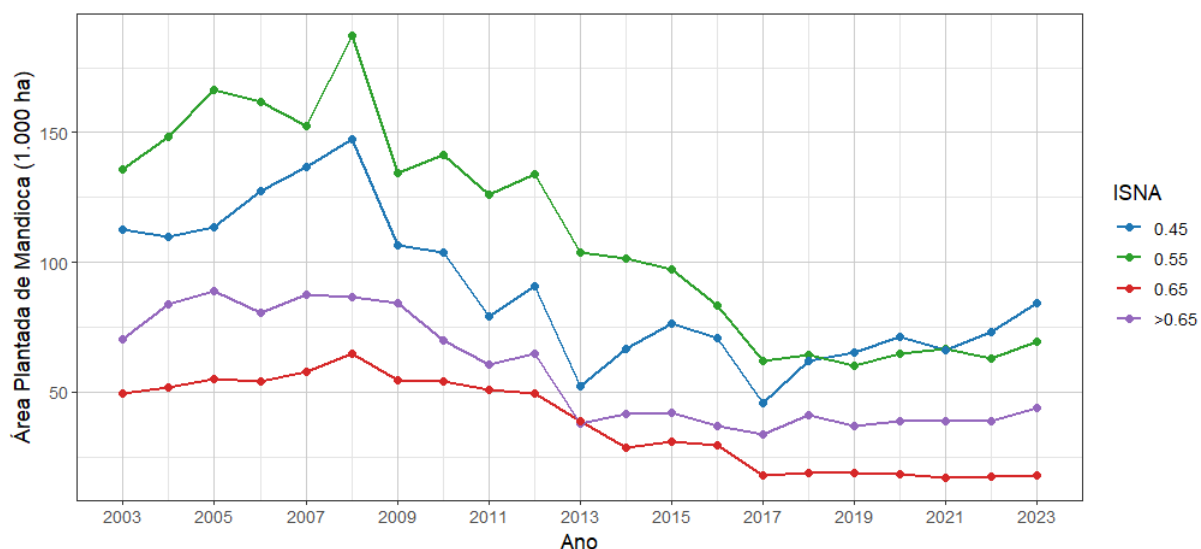
Figura 03 | Área plantada de mamona em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)



Fonte de Dados: Produção Agrícola Municipal - IBGE (vários anos).

No caso da mandioca, uma cultura C3 de ciclo anual ou bianual (Kazmierczak, 2023), a área plantada entre 2003 e 2023 apresentou queda em todas as classes de ISNA consideradas, conforme ilustrado na Figura 04. Em municípios com ISNA 0,45, o plantio passou de 112 para 84 mil ha no período analisado, o que equivale a uma perda média de 1,401 mil ha/ano. Para ISNA 0,55, a extensão cultivada diminuiu de 136 para 70 mil ha, com queda média de 3,304 mil ha/ano – a mais intensa entre as classes. Em ISNA 0,65, houve recuo de 49 para 18 mil ha, resultando em 1,587 mil ha/ano de perda média. Nas áreas com ISNA > 0,65, o cultivo reduziu-se de 70 para 44 mil ha, com decréscimo médio de 1,320 mil ha/ano.

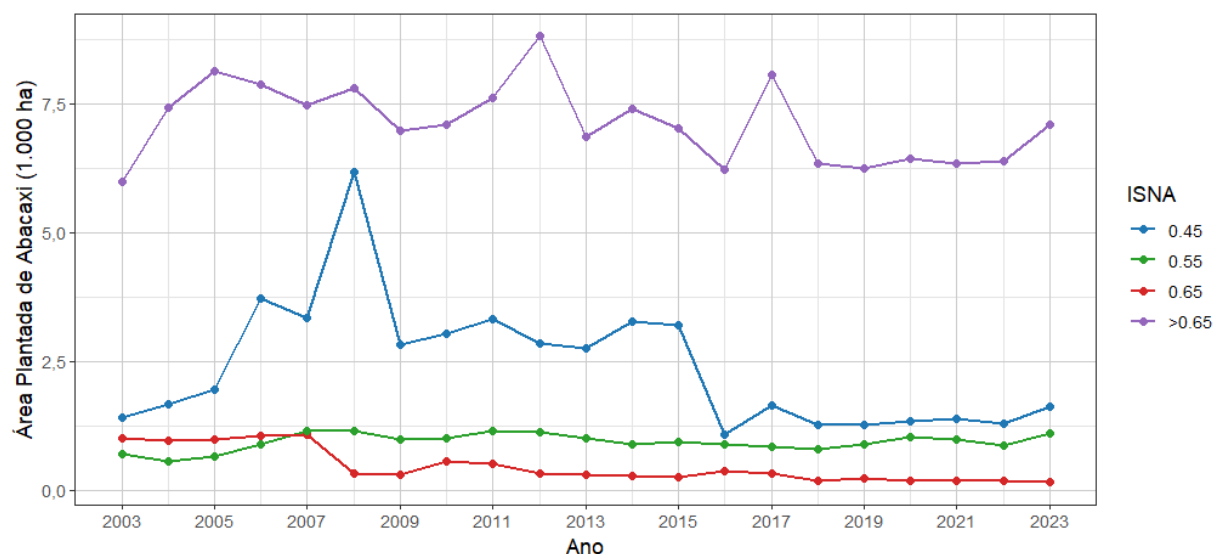
Figura 04 | Área plantada de mandioca em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)



Fonte de Dados: Produção Agrícola Municipal - IBGE (vários anos).

A Figura 05 mostra que, no cultivo do abacaxi, uma cultura CAM de ciclo semiperene adaptada ao Semiárido, a área plantada entre 2003 e 2023 apresentou variações distintas entre as classes de ISNA. Em municípios com ISNA 0,45, o cultivo passou de 1,42 para 1,62 mil hectares, com aumento médio anual de 0,01 mil ha. Na classe ISNA 0,55, a área cresceu de 0,71 para 1,10 mil hectares, correspondendo a aumento médio de 0,02 mil ha/ano. Já em ISNA 0,65, observou-se uma redução expressiva de 1,01 para 0,15 mil hectares, com decréscimo médio de 0,04 mil ha/ano – a maior retração proporcional entre as faixas. Por fim, nas áreas com ISNA > 0,65, o cultivo passou de 5,98 para 7,08 mil hectares, com aumento médio de 0,05 mil ha/ano. Portanto, a área plantada de abacaxi aumentou em quase todas as faixas de ISNA analisadas, com exceção dos municípios classificados com ISNA 0,65, onde houve queda significativa ao longo do período.

Figura 05 | Área plantada de abacaxi em municípios do Semiárido nordestino, por faixas de ISNA (2003-2023)



Fonte de Dados: Produção Agrícola Municipal – IBGE (vários anos).

A análise apresentada sugere que o Semiárido nordestino pode estar diante de um processo de transformação estrutural em seu regime climático, com implicações relevantes para a agricultura e para os sistemas socioambientais da região. Os resultados obtidos reforçam essa hipótese, mostrando que os municípios classificados nas faixas de ISNA 0,45 e 0,55 – associadas a maior restrição hídrica – apresentam reduções mais intensas de área cultivada, tanto em culturas temporárias quanto perenes. Já nas faixas de ISNA 0,65 e >0,65, observa-se, em geral, uma queda mais lenta, estabilidade ou mesmo aumento de áreas de cultivo, como no caso do abacaxi. A comparação entre grupos fisiológicos de culturas mostra que as C3 (feijão, mandioca e mamona) tendem a apresentar quedas mais acentuadas, refletindo maior sensibilidade a condições adversas. O milho, como cultura C4, manteve desempenho relativamente mais estável, enquanto o abacaxi, cultura CAM, destacou-se por apresentar expansão de área em várias séries, sugerindo maior capacidade adaptativa ao ambiente semiárido.

É importante enfatizar, contudo, que este estudo é de caráter exploratório e busca identificar indícios de mudanças climáticas na região. Os dados disponíveis não permitem afirmações taxativas: as tendências observadas precisam ser interpretadas em conjunto com fatores de mercado, custos de produção, acesso à

irrigação, disponibilidade varietal e políticas públicas, que também influenciam de forma decisiva as escolhas produtivas dos agricultores. Os padrões identificados reforçam a percepção que as mudanças recentes no Semiárido diferem das variações climáticas históricas, configurando um processo contínuo e persistente de transformação, cujos efeitos se estendem para além dos ciclos de estiagem do passado.

MUDANÇAS CLIMÁTICAS E VARIABILIDADE CLIMÁTICA

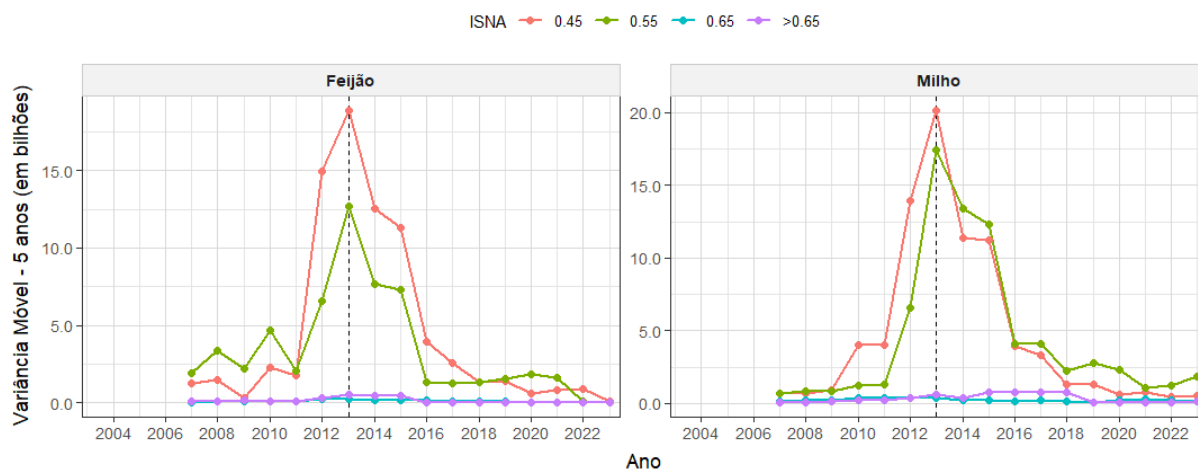
A compreensão das transformações no sistema climático terrestre exige a distinção conceitual entre mudanças climáticas e variabilidade climática. Segundo o IPCC (2007, p. 3), mudança do clima refere-se a “qualquer alteração no clima ocorrida ao longo do tempo, decorrente da variabilidade natural ou da atividade humana”. Essa definição é complementada pela NASA (2024), que descreve as mudanças climáticas como “alterações de longo prazo nos padrões climáticos médios que definem o clima da Terra em escalas local, regional e global”. Por sua vez, a variabilidade climática refere-se às flutuações naturais que ocorrem em escalas de tempo mais curtas, como secas, enchentes e oscilações sazonais, resultantes de processos internos do sistema climático (NASA, 2024). Embora eventos extremos façam parte da variabilidade natural, evidências científicas indicam que sua frequência e intensidade têm sido amplificadas pelas mudanças climáticas de origem antrópica. O IPCC (2007, p. 15) conclui que “é muito provável que a maior parte do aumento observado nas temperaturas globais médias desde meados do século XX se deva ao aumento observado nas concentrações antrópicas de gases de efeito estufa”, destacando a influência humana como fator dominante sobre a variabilidade natural. Essa conclusão é reforçada pela NASA (2024), ao afirmar que “a tendência de aquecimento atual é inequivocamente o resultado da atividade humana desde a década de 1950”.

Considerando essas definições, é razoável assumir que as tendências de longo prazo observadas nas séries de área plantada analisadas na seção anterior refletem os efeitos das mudanças climáticas persistentes, enquanto a variância dessas séries está mais associada às variações climáticas de curto prazo. Essa distinção permite interpretar os dados com maior precisão, separando os sinais estruturais das flutuações temporárias que afetam diretamente a dinâmica agrícola em escalas anuais.

Enquanto as análises das tendências das séries de área plantada indicam quedas mais acentuadas nos municípios com Índice de Satisfação da Necessidade de Água (ISNA) de 0,45 e 0,55 – faixas que representam regiões com baixa disponibilidade hídrica –, especialmente para culturas do tipo C3, o exame da variância dessas mesmas séries pode oferecer pistas sobre a influência da variabilidade climática de curto prazo. Ao observar como essas flutuações se comportam ao longo do tempo, é possível levantar a hipótese de que eventos extremos e instabilidades sazonais estejam interagindo com os processos de mudança climática de longo prazo, amplificando seus efeitos sobre a dinâmica agrícola regional.

A Figura 06 apresenta a variância móvel de 5 anos, ou seja, a evolução da instabilidade na área plantada ao longo do tempo, calculada com médias em blocos de cinco anos para as culturas de feijão e milho. Essa abordagem permite identificar períodos em que a área cultivada variou mais intensamente, revelando momentos de maior sensibilidade às condições climáticas. A linha preta tracejada indica a seca de 2013, considerada a pior dos últimos 50 anos no Nordeste. Após esse evento, observa-se um pico acentuado de variância nos municípios com ISNA entre 0,45 e 0,55 – faixas que representam regiões com baixa disponibilidade hídrica. Já nas áreas com ISNA igual ou superior a 0,65, a variância se manteve baixa, sugerindo que o fenômeno climático não provocou grandes oscilações na área plantada. Isso evidencia como a vulnerabilidade hídrica pode amplificar os efeitos das variações climáticas de curto prazo sobre a inclusão produtiva rural.

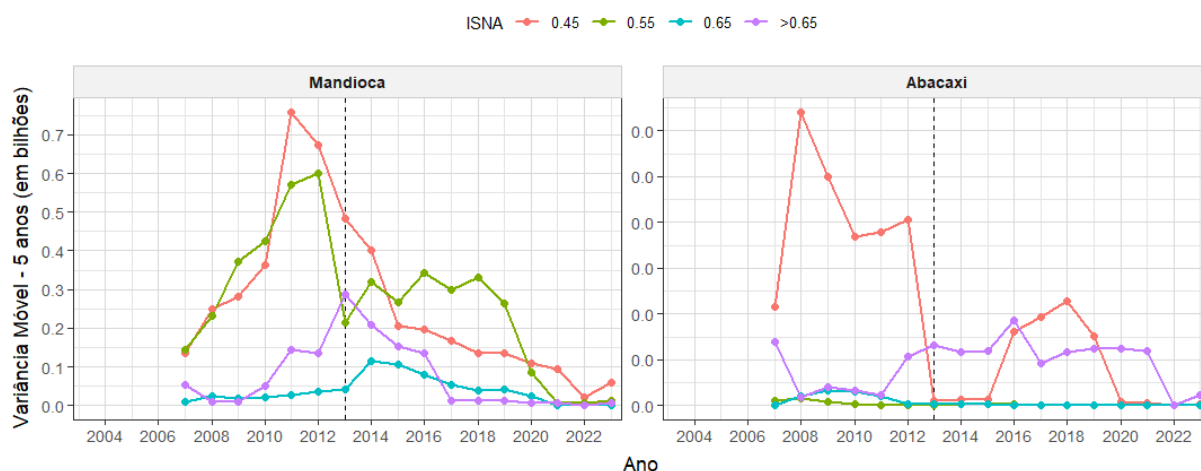
Figura 06 | Variância móvel de 5 anos das séries de área plantada de culturas temporárias (feijão e milho)



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da PAM/IBGE.

A Figura 07 apresenta a variância móvel de cinco anos das áreas plantadas de mandioca (cultura de ciclo anual/bianual) e abacaxi (semiperene). Observa-se que, em linhas gerais, repete-se o padrão identificado para as culturas temporárias: há picos mais elevados de variância próximos ao evento climático da seca de 2013, especialmente nas áreas com ISNA entre 0,45 e 0,55 – regiões com menor disponibilidade hídrica. Por outro lado, nas faixas de ISNA igual ou superior a 0,65, as variações são menos intensas, indicando maior estabilidade na área plantada mesmo diante da seca. No entanto, esse padrão não é tão homogêneo quanto o observado nas culturas temporárias. Isso se deve ao fato de que, nas culturas permanentes, o produtor possui menor flexibilidade para substituir ou reduzir a área cultivada, já que o plantio geralmente envolve investimentos maiores e compromissos de longo prazo. É importante destacar que, no caso do abacaxi – uma cultura do tipo CAM –, a relação entre o evento climático e a variância da série é menos evidente. Essa menor sensibilidade pode ser explicada pela maior resistência fisiológica das plantas CAM a condições de estresse hídrico, como as enfrentadas durante a seca de 2013, o que contribui para uma resposta mais estável frente às variações climáticas.

Figura 07 | Variância móvel de 5 anos das séries de área plantada de culturas perenes (mandioca e abacaxi)



Fonte: elaboração própria a partir dos dados da PAM/IBGE.

O fato de as regiões com ISNA entre 0,45 e 0,55 – áreas com maior necessidade hídrica – terem, por ocasião da seca de 2013, experimentado uma perturbação mais intensa no nível médio da área plantada, sugere que mudanças climáticas permanentes tendem a reduzir o volume cultivado de culturas mais sensíveis ao estresse hídrico, como feijão, milho e mandioca, além de aumentar a variância da área plantada ao longo do tempo, refletindo maior instabilidade na produção agrícola. Em termos econômicos, isso representa um cenário de maior risco para os produtores, com flutuações na produtividade e na renda, dificuldade de planejamento e maior vulnerabilidade às perdas sazonais. A imprevisibilidade na oferta também pode afetar os preços e a segurança alimentar regional, especialmente no caso da inclusão produtiva rural familiar, exigindo políticas públicas voltadas à adaptação climática, incentivo à diversificação de culturas e investimentos em tecnologias de manejo hídrico.

PERCEPÇÃO DO PÚBLICO DE INTERESSE SOBRE MUDANÇAS CLIMÁTICAS E ADAPTAÇÃO ESPONTÂNEA

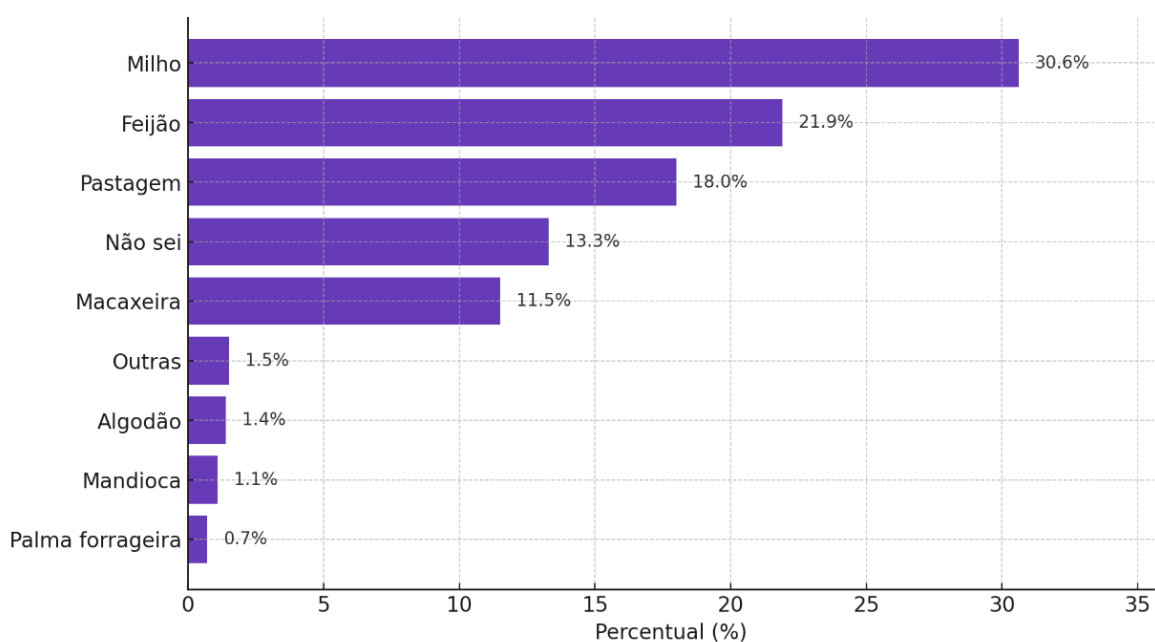
A presente seção apresenta resultados de uma pesquisa de opinião aplicada *online* a públicos ligados à agricultura e pecuária no Semiárido nordestino, com 285 respondentes, realizada entre junho e agosto de 2025. O instrumento (formulário digital) coletou informações sociodemográficas, ocupação, vínculo com atividades agropecuárias e percepções sobre mudança do clima, impactos produtivos, culturas mais vulneráveis e alternativas de adaptação. Trata-se de levantamento exploratório e não probabilístico, voltado a reunir indícios para complementar as evidências quantitativas apresentadas nas seções anteriores. O perfil dos respondentes indica predominância de homens e elevada escolaridade (concentração em ensino superior e pós-graduação), com maior participação do estado de Pernambuco e presença de residentes urbanos e rurais. Metade trabalha em áreas rurais e cerca de oito em cada dez afirmam vínculo direto com agricultura/pecuária, o que reforça a proximidade do público com o tema.

A composição dos respondentes é heterogênea e abrange elos produtivos e de apoio técnico-institucional da agropecuária no Semiárido, entre os quais: trabalhadores(as) rurais assalariados(as); produtores(as) rurais; produtores(as) de assentamento; técnicos(as) agrícolas; engenheiros(as) agrônomos(as); comerciantes e feirantes; extensionistas e consultores(as); lideranças sindicais; membros de cooperativas; participantes de ONGs; professores(as) e servidores(as) públicos(as); e estudantes. Em conjunto, esse público congrega, simultaneamente, quem produz, presta assistência técnica e extensão, atua na comercialização e representa organizações da sociedade civil e instituições públicas, o que amplia a diversidade de percepções analisadas nesta seção.

Os resultados revelam um alto grau de concordância entre os participantes: 93,5% reconhecem mudanças no clima local e 97,1% apontam possíveis impactos da elevação da temperatura sobre a produção agropecuária. Esses percentuais

indicam que o tema está amplamente reconhecido entre os respondentes, com percepção consolidada acerca dos efeitos das alterações climáticas sobre as dinâmicas produtivas locais. No que se refere às culturas consideradas mais suscetíveis aos efeitos das mudanças climáticas, a Figura 08 apresenta um gráfico de barras com as alternativas mais frequentemente mencionadas pelos respondentes.

Figura 08 | Culturas percebidas como mais vulneráveis às mudanças climáticas

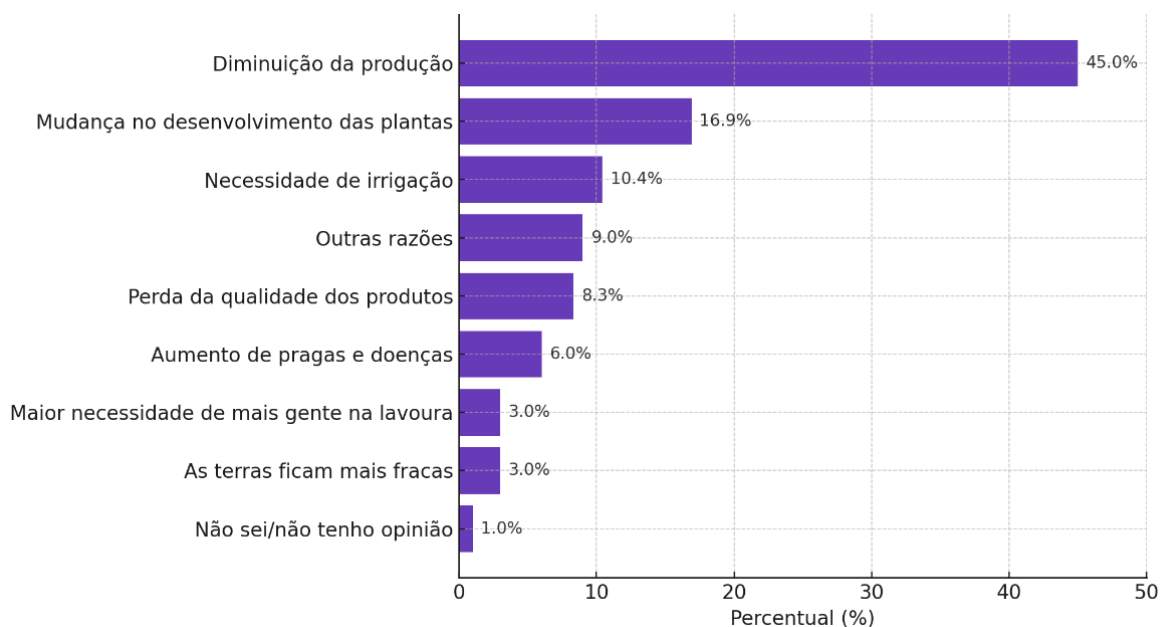


Fonte: elaboração própria.

A percepção dos respondentes está alinhada com os dados da Pesquisa Agrícola Municipal (PAM), apresentados na seção anterior. Os dados da PAM indicam uma redução significativa nas áreas plantadas de feijão e milho entre 2003 e 2023, especialmente em regiões com maior vulnerabilidade climática. Em contraste, destaca-se a palma forrageira – uma planta do tipo CAM – que foi apontada pelos entrevistados como a menos suscetível aos efeitos das mudanças climáticas.

A Figura 09 evidencia, de forma destacada, a diminuição da produção como principal consequência percebida das mudanças climáticas (45,0%). As demais respostas mostram preocupações que abrangem efeitos fisiológicos nas plantas, pressões bióticas (pragas e doenças), restrições hídricas (maior necessidade de irrigação) e itens diversos, com menções residuais a enfraquecimento do solo, maior demanda de mão de obra e ausência de opinião. Em conjunto, o padrão sinaliza percepções centradas em perdas de produtividade e em limitações agrônômicas associadas a calor mais intenso e chuvas irregulares. Vale ressaltar que a principal consequência das mudanças climáticas, percebidas pelos respondentes, foi a diminuição da produção, o que está em acordo com o que mostra os dados da PAM sobre a evolução das áreas cultivadas no período de 2003 a 2023.

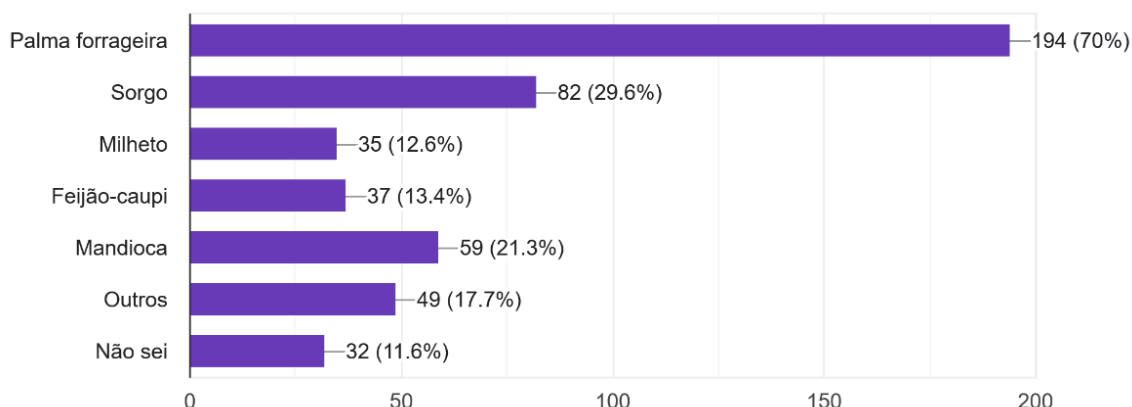
Figura 09 | Percepção dos impactos das mudanças climáticas na produção agropecuária



Fonte: elaboração própria.

A Figura 10 sintetiza a percepção dos entrevistados sobre culturas mais resistentes ao calor e à seca que poderiam substituir, total ou parcialmente, os plantios atuais. Entre respostas, destaca-se a palma forrageira, citada por 70%, evidenciando sua centralidade como alternativa de convivência com o Semiárido, sobretudo para a alimentação animal. Em seguida aparecem sorgo e mandioca, além de menções a "outros" cultivos, feijão-caupi e milho. Apenas 11,6% declararam "não sei". Esse padrão sugere um leque de substituições tecnicamente viáveis – com ênfase em espécies rústicas e tolerantes ao estresse hídrico – e indica que a adaptação produtiva passa, sobretudo, por sistemas que integrem forragem resiliente (palma), cereais de ciclo curto (sorgo/milho) e raízes/leguminosas de maior tolerância à irregularidade das chuvas (mandioca e feijão-caupi).

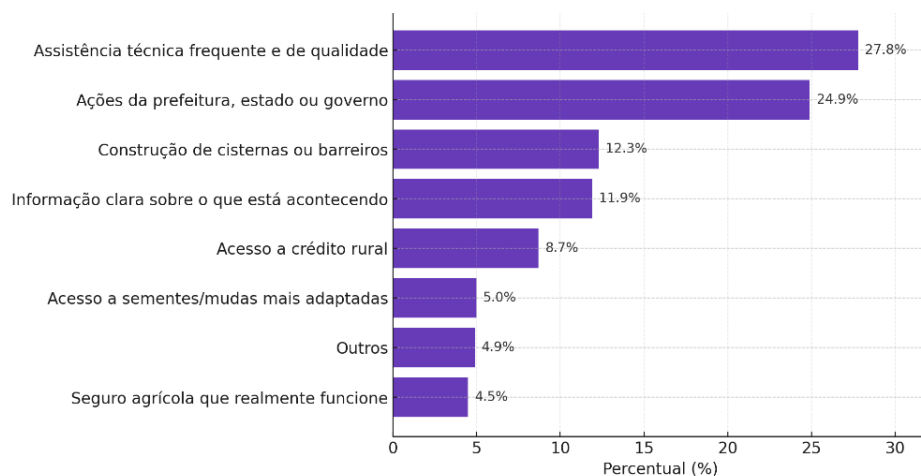
Figura 10 | Percepção sobre a possibilidade de substituição dos plantios atuais por culturas mais resistentes ao estresse hídrico



Fonte: elaboração própria.

A Figura 11 mostra que os principais obstáculos para a adaptação do produtor rural às mudanças climáticas são a falta de assistência técnica de qualidade e a ausência de ações efetivas do poder público. Também se destacam a necessidade de infraestrutura hídrica, como cisternas, e informações claras sobre o cenário climático. Esses dados indicam que a adaptação vai além de insumos agrícolas, exigindo apoio técnico, políticas públicas e acesso à informação, especialmente para a agricultura familiar, mais vulnerável às variações climáticas. De uma maneira geral, os grupos de interesse percebem que a maioria das ações de mitigação está relacionada à implementação de políticas públicas.

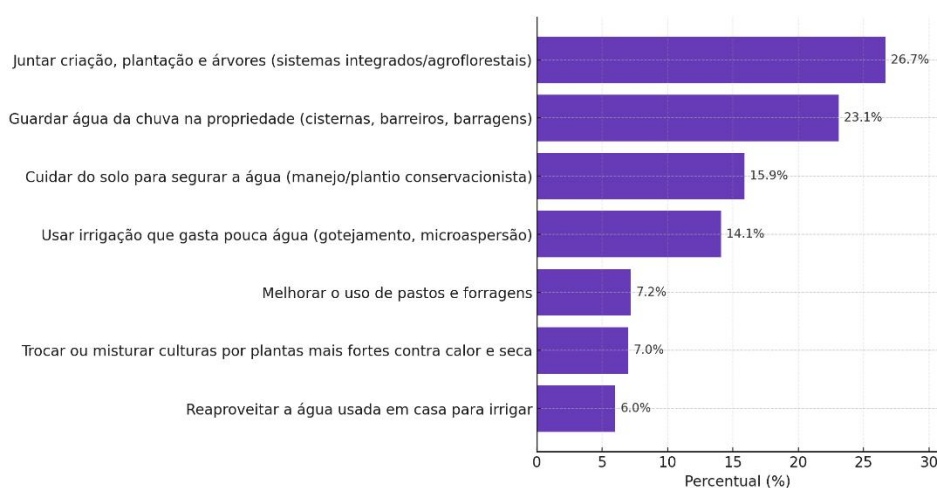
Figura 11 | Percepção sobre o que mais falta para que o produtor rural se adapte às mudanças do clima



Fonte: elaboração própria.

A Figura 12 apresenta as principais estratégias de adaptação adotadas pelos produtores rurais do Semiárido diante das mudanças climáticas. As respostas indicam uma preferência por soluções integradas e estruturais, com destaque para práticas que combinam criação de animais, cultivo de plantas e uso de árvores – os chamados sistemas agroflorestais. Também se sobressaem iniciativas voltadas ao armazenamento de água da chuva na propriedade, como cisternas e barreiros, evidenciando a importância da gestão hídrica em contextos de escassez. Em seguida, aparecem práticas de manejo do solo voltadas à retenção de umidade e o uso de técnicas de irrigação mais eficientes, como o gotejamento. Estratégias como o reaproveitamento de água doméstica, a substituição ou mistura de culturas por espécies mais tolerantes e o aprimoramento do uso de pastagens são menos mencionadas, embora reconhecidas como alternativas viáveis. De modo geral, os dados sugerem que os produtores valorizam abordagens que promovem a resiliência da propriedade como um todo, combinando conservação dos recursos naturais, diversificação produtiva e eficiência no uso da água como pilares centrais da adaptação climática no Semiárido.

Figura 12 | Principais estratégias de adaptação reportada no questionário de pesquisa



Fonte: elaboração própria.

Em síntese, a percepção dos grupos de interesse ligados à agricultura no semiárido nordestino revela que a maioria reconhece amplamente a realidade e os

efeitos das mudanças climáticas – com quase unanimidade quanto à sua ocorrência e aos impactos observados. A queda na produção é identificada como a principal consequência, sendo o feijão e o milho apontados entre as culturas mais vulneráveis, em contraste com alternativas mais resilientes, com destaque para a palma forrageira. As respostas indicam que já há um processo de adaptação espontânea em curso, com prioridade para sistemas agroflorestais integrados, armazenamento de água, manejo conservacionista do solo, irrigação eficiente e substituição por espécies mais tolerantes. Ao mesmo tempo, emergem gargalos institucionais importantes: percepção de baixa prioridade e pouca visibilidade das ações do poder público, insuficiência de assistência técnica qualificada e carência de infraestrutura hídrica e de informação. A mensagem dos respondentes é clara: a resiliência produtiva exige a combinação de práticas adaptativas no campo com políticas públicas eficazes e capilarizadas, que assegurem acesso à água, tecnologias e insumos adaptados, crédito rural e um seguro agrícola funcional.

AÇÕES EM CURSO

No Semiárido nordestino, o poder público vem articulando instrumentos normativos e financeiros com pesquisa, extensão e assistência técnica para reduzir a exposição de agricultores – sobretudo familiares – à variabilidade climática e às mudanças de longo prazo. No plano federal, o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) consolidou-se como espinha dorsal da gestão do risco: define, por município e por cultura/solo/ciclo, as janelas de plantio de menor risco climático, orientando Seguro Rural, Proagro/Proagro Mais e a concessão de crédito rural por agentes financeiros, o que internaliza critérios climáticos na decisão produtiva e financeira; as diretrizes e resultados do programa – abrangendo todas as UFs e mais de 40 culturas – são publicados em portarias da Secretaria de Política Agrícola e disponibilizados em painéis públicos de consulta, sendo o ZARC regido pelo Decreto nº 9.841/2019 (Brasil, 2017; MAPA, 2023; Brasil, 2019).

Complementarmente, a União lançou o Projeto Sertão Vivo – Semeando Resiliência Climática em Comunidades Rurais do Nordeste, em parceria com o BNDES e o FIDA – Fundo Internacional de Desenvolvimento Agrícola (agência especializada da ONU voltada à redução da pobreza rural e ao fortalecimento da agricultura familiar) com apoio do GCF – Fundo Verde para o Clima (principal fundo multilateral da UNFCCC para financiamento de mitigação e adaptação), com investimentos de R\$ 1,75 bilhão para cerca de 430 mil famílias. O desenho prevê financiamento de infraestrutura hídrica de produção (cisternas-calçadão, barreiros, barragens subterrâneas), sistemas produtivos resilientes, restauração/ecossistemas e redução de emissões, articulando combate à pobreza, adaptação climática e produção sustentável de alimentos. Em termos de lógica de política, o ZARC atua ex-ante (redução de risco na decisão de plantio) e o Sertão Vivo opera ex-post/estruturalmente (investimentos e capacidades), criando sinergias entre normas, finanças e tecnologia (Brasil, 2023a; Agência GOV, 2023).

Exemplos em estados evidenciam dinâmicas distintas de intervenção do poder público através de políticas de mitigação de efeitos climáticos: no Ceará, há implementação formal do Projeto Sertão Vivo, coordenada pela Secretaria do

Desenvolvimento Agrário, abrangendo 72 municípios e aproximadamente 63 mil famílias, investimento de aproximadamente R\$ 251,6 milhões, combinando sistemas produtivos resilientes, acesso à água e gestão do conhecimento/Ater, sob governança de FIDA, BNDES e GCF com o governo estadual (ONU Brasil, 2024; Ceará, 2025; SDA-CE, 2024). Em Pernambuco, por sua vez, as ações do IPA – como dias de campo em palma forrageira, manejo em contexto de escassez hídrica e bancos de proteína – não integram formalmente o ZARC ou o Sertão Vivo; tratam-se de iniciativas estaduais de P&D e extensão que atuam de modo complementar à agenda de adaptação, promovendo adoção de práticas no nível do lote (IPA, 2025).

Em síntese, a estratégia pública atual combina gestão de risco (ZARC), financiamento para adaptação (Sertão Vivo) e inovação difusa via assistência técnica e pesquisa e desenvolvimento (ex.: IPA), com foco em agricultura familiar e convivência com o Semiárido. Persistem desafios em ampliar a adoção efetiva das recomendações do ZARC por produtores e agentes financeiros; sustentar a coordenação interinstitucional e o monitoramento e avaliação do Sertão Vivo; e assegurar continuidade do financiamento em pesquisa e extensão para acelerar a difusão de tecnologias adaptadas (forrageiras, manejo de água e solo e práticas de baixo carbono) (Brasil, 2017; MAPA, 2023; Brasil, 2023a).

A atuação das organizações da sociedade civil no Semiárido desempenha um papel complementar e estratégico frente às iniciativas governamentais de adaptação climática. Enquanto políticas públicas de larga escala, como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) e o Projeto Sertão Vivo, focam na regulação normativa, no financiamento estruturante e na difusão tecnológica, as experiências lideradas por entidades como a Articulação Semiárido Brasileiro (ASA) e a Associação Caatinga concentram-se na dimensão territorial e comunitária. Essa abordagem se fundamenta na prática cotidiana das famílias agricultoras e em redes locais de solidariedade. Ao priorizar tecnologias sociais de baixo custo e alta capilaridade – a exemplo de cisternas, bancos de sementes e sistemas agroecológicos –, tais organizações não apenas ampliam o alcance e a legitimidade das políticas públicas, mas também influenciam a agenda estatal para que incorpore perspectivas de justiça social, democratização do acesso à água e valorização da biodiversidade local.

Dessa forma, a interação entre Estado e sociedade civil revela-se sinérgica e indispensável: as políticas públicas criam as condições institucionais e financeiras necessárias, ao passo que as ONGs garantem a aderência social, a participação cidadã e a inovação sociocultural. Estes são elementos cruciais para que a adaptação às mudanças climáticas no Semiárido seja efetiva, sustentável e socialmente justa (ASA, 2025; Associação Caatinga, 2025).

Embora a combinação de estratégias do poder público com as iniciativas de ONGs, sindicatos e associações seja fundamental para a mitigação dos efeitos de eventos climáticos extremos no semiárido, especialmente para a agricultura familiar, essas ações são percebidas como pontuais e desarticuladas. Essa percepção é agravada por um histórico de atuação estatal focada no combate reativo às secas, em vez de uma política proativa de convivência com as mudanças climáticas permanentes. Um levantamento com 285 atores regionais – incluindo pesquisadores, agricultores e gestores –, realizado especialmente pela equipe de elaboração do presente relatório, corrobora essa análise. Apesar de 94% dos entrevistados acreditarem que o clima na região está mudando e 97% preverem impactos negativos na produção agrícola, há um forte ceticismo quanto à resposta governamental: 75% não percebem o poder público preocupado com a questão e 69% afirmaram desconhecer quaisquer ações específicas para diminuir os efeitos das mudanças climáticas. Consequentemente, ao serem questionados sobre quem mais tem auxiliado os agricultores a lidar com o problema, as ONGs e os serviços de extensão rural lideram com 29% das respostas cada, enquanto o Governo Federal aparece em terceiro com 20%, e um quarto dos respondentes (25%) não soube indicar nenhum tipo de ajuda efetiva.

Em suma, embora haja avanços importantes na formulação de políticas públicas e na atuação de organizações da sociedade civil voltadas à adaptação climática no Semiárido, persiste uma lacuna entre o desenho institucional e sua efetiva implementação no território. Essa fragilidade é especialmente crítica para a agricultura familiar, que, em geral, não dispõe de recursos técnicos, financeiros ou institucionais para desenvolver estratégias próprias de convivência, mitigação e adaptação às mudanças climáticas permanentes. A percepção de desarticulação e baixa presença estatal reforça a necessidade de integrar esforços, ampliar o alcance

das ações e fortalecer mecanismos de participação social. Garantir que essas iniciativas sejam articuladas, acessíveis e territorialmente enraizadas é essencial para que a convivência com o clima se torne uma realidade concreta, justa e sustentável para os agricultores familiares da região.

RECOMENDAÇÕES

A análise dos dados climáticos, das tendências agrícolas e das percepções dos atores locais revela um cenário complexo para o semiárido nordestino. As mudanças climáticas já impõem uma transformação estrutural que se diferencia da variabilidade climática histórica, exigindo respostas mais robustas e integradas. Embora existam políticas públicas e iniciativas da sociedade civil em curso, persiste uma lacuna significativa entre o desenho institucional e a implementação efetiva no território, conforme percebido pelos próprios agricultores. Diante deste quadro, as seguintes recomendações são propostas para fortalecer a resiliência socioambiental da agricultura familiar na região

1. Fortalecer a Governança e a Articulação de Políticas Públicas

A percepção de que as ações governamentais são "pontuais e desarticuladas" é um dos principais entraves. A baixa visibilidade de programas federais, como o ZARC e o Sertão Vivo, evidencia a necessidade de maior coordenação.

- **Recomenda-se:** criar mecanismos interfederativos para integrar programas federais, com as ações de pesquisa e extensão dos governos estaduais e as iniciativas da sociedade civil. O objetivo é superar a fragmentação e garantir que as políticas públicas dialoguem com as respostas locais dos agricultores;
- **Sugere-se** o monitoramento contínuo de programas públicos que possam ajudar na adaptação dos produtores às mudanças climáticas permanentes, especialmente a agricultura familiar e em áreas com ISNA entre 0,45 e 0,55, onde as perdas agrícolas e a instabilidade climática podem ser mais acentuadas.

2. Ampliar e Qualificar a Assistência Técnica e Extensão Rural (ATER)

A falta de assistência técnica de qualidade foi apontada como o principal obstáculo para a adaptação às mudanças climáticas pelos públicos de interesse (29% das respostas).

- **Recomenda-se** investir na capacitação de extensionistas rurais com foco em práticas de adaptação, como sistemas agroflorestais, manejo conservacionista do solo e gestão hídrica, identificadas pelos próprios produtores como as principais formas de adaptação.
- **É crucial** que os serviços de ATER promovam a transição para culturas mais resilientes, alinhando o conhecimento técnico com a percepção dos agricultores. Isso inclui o fomento de espécies como a palma forrageira, o sorgo e o milheto, que foram amplamente reconhecidas como alternativas viáveis para substituir plantios mais vulneráveis

3. Fomentar a Adoção de Culturas e Práticas Agrícolas Resilientes

Os dados indicam uma tendência de queda acentuada na área plantada de culturas C3 (feijão, mandioca), mais sensíveis ao estresse hídrico e térmico, enquanto culturas C4 (milho) e CAM (abacaxi) mostram-se mais estáveis. A agricultura familiar já busca espontaneamente substituir espécies como forma de adaptação.

- **Sugere-se** a criação de políticas de incentivo (crédito rural, seguro agrícola e acesso a sementes) para a substituição de cultivos vulneráveis por variedades mais adaptadas. A palma forrageira, cultura CAM, apontada como a mais resistente por 70% dos respondentes da pesquisa, deve ser um foco central desses programas, especialmente para a pecuária.
- **É necessário** direcionar investimentos em pesquisa e desenvolvimento para o melhoramento genético e a difusão de variedades de feijão-caupi, mandioca, sorgo e milho que sejam mais tolerantes às novas condições climáticas do semiárido.

4. Melhorar o Acesso à Informação e à Infraestrutura Hídrica

A carência de informações claras sobre o clima e a falta de infraestrutura de armazenamento de água são gargalos importantes para a adaptação. Eventos climáticos extremos, como a seca de 2013, afetam de forma desproporcional as áreas com maior vulnerabilidade hídrica.

- **Recomenda-se** desenvolver e disseminar sistemas de alerta climático e boletins agrometeorológicos em linguagem acessível para os agricultores, permitindo um planejamento mais seguro das safras.
- **É fundamental** universalizar o acesso a tecnologias sociais de captação de água da chuva, como cisternas e barreiros, priorizando as regiões com ISNA 0,45 e 0,55, que demonstraram maior instabilidade produtiva. A atuação de ONGs nesse campo é estratégica e deve ser apoiada e integrada às políticas públicas.

CONCLUSÕES

Com base na análise integrada de dados climáticos, tendências agrícolas e percepções dos atores locais, conclui-se que o semiárido nordestino enfrenta uma transformação estrutural em seu regime climático, caracterizada não apenas por variações periódicas, mas por mudanças permanentes de temperatura e precipitação. As projeções de aumento médio de temperatura entre 2°C e 5°C até o final do século, associadas à redução de até 40% nas chuvas em algumas áreas, apontam para um cenário de intensificação da aridez e da irregularidade pluviométrica. Essas alterações já se refletem na dinâmica agrícola regional, com reduções significativas e persistentes nas áreas plantadas de culturas tradicionalmente importantes, como feijão, mandioca e mamona, sobretudo em municípios com menor disponibilidade hídrica ($ISNA \leq 0,55$).

A vulnerabilidade diferenciada das culturas, conforme seus tipos fotossintéticos, tornou-se evidente: as espécies C3, mais sensíveis ao estresse hídrico e térmico, apresentaram quedas mais acentuadas, enquanto culturas C4, como o milho, mantiveram relativa estabilidade, e as CAM, como a palma forrageira e o abacaxi, demonstraram resiliência e até expansão em certas condições. Esse padrão reforça a importância de adaptações baseadas nas características fisiológicas das plantas e na seleção de variedades mais tolerantes. A percepção dos agricultores e demais atores locais corrobora essas evidências, indicando amplo reconhecimento das mudanças climáticas e de seus impactos negativos sobre a produção, com destaque para a diminuição da produtividade como principal consequência percebida.

Apesar da existência de políticas públicas, como o Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC) e o Projeto Sertão Vivo, e de iniciativas relevantes da sociedade civil, há uma lacuna significativa entre a formulação dessas ações e sua implementação efetiva no território. A percepção generalizada é a de que as respostas governamentais são pontuais, desarticuladas e de baixa visibilidade, com a falta de assistência técnica qualificada e a carência de infraestrutura hídrica representando os principais obstáculos à adaptação. Paralelamente, verifica-se um

processo de adaptação espontânea por parte dos agricultores, que têm adotado estratégias como sistemas agroflorestais, armazenamento de água e substituição de cultivos, embora de forma descentralizada e sem o suporte institucional necessário.

Diante desse contexto, fica claro que a construção da resiliência socioambiental do semiárido nordestino exige uma abordagem integrada e coordenada, que combine o fortalecimento da governança pública, a ampliação e qualificação da assistência técnica, o fomento a culturas e práticas agrícolas resilientes e a universalização do acesso à informação e à infraestrutura hídrica. Garantir que essas iniciativas sejam articuladas, territorialmente adequadas e socialmente incluídas é essencial para transformar o desafio das mudanças climáticas em oportunidade de desenvolvimento sustentável, assegurando a segurança alimentar, a conservação dos recursos naturais e a melhoria da qualidade de vida das populações rurais do semiárido.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA GOV. **Governo Federal lança Projeto Sertão Vivo, com apoio de R\$ 1,75 bilhão para 430 mil famílias.** Brasília: Agência Gov, 24 out. 2023. Disponível em: <https://agenciagov.ebc.com.br/noticias/202310/governo-federal-lanca-projeto-sertao-vivo-com-apoio-de-r-1-75-bilhao-para-430-mil-familias>

ASA (ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO). **Quem somos.** Recife: ASA, 2025. Disponível em: <https://asabrasil.org.br/asa/>

ASSOCIAÇÃO CAATINGA. **Conheça os projetos da Associação Caatinga para 2025.** Fortaleza: Associação Caatinga, 2025. Disponível em: <https://www.acaatinga.org.br/conheca-os-projetos-da-associacao-caatinga-para-2025/>

BRASIL. **Decreto nº 9.841, de 18 de junho de 2019: Dispõe sobre o Programa Nacional de Zoneamento Agrícola de Risco Climático.** Brasília: Presidência da República, 2019. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2019/decreto/d9841.htm

BRASIL. **Governo Federal lança Projeto Sertão Vivo, com apoio de R\$ 1,75 bilhão para 430 mil famílias.** Brasília: Presidência da República/Planalto, 24 out. 2023a. Disponível em: <https://www.gov.br/planalto/pt-br/acompanhe-o-planalto/noticias/2023/10/governo-federal-lanca-projeto-sertao-vivo-com-apoio-de-r-1-75-bilhao-para-430-mil-familias>

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA (MAPA). Zoneamento Agrícola de Risco Climático (ZARC). Brasília: MAPA, 2017; atualização em 16 out. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/zoneamento-agricola>

CAVALCANTE JÚNIOR, Edmilson Gomes. **Necessidades hídricas das culturas milho e feijão-caupi influenciadas pelas mudanças climáticas no semiárido nordestino.** 2015. 82 f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2015. DOI: <https://doi.org/10.21708/bdtd.ppgmsa.tese.414>.

CEARÁ. GOVERNO DO ESTADO DO CEARÁ. **Governo do Ceará lança Projeto Sertão Vivo para impulsionar resiliência climática no campo.** Fortaleza: Governo do Estado do Ceará, 20 maio 2025. Disponível em: <https://www.ceara.gov.br/2025/05/20/governo-do-ceara-lanca-projeto-sertao-vivo-para-impulsionar-resiliencia-climatica-no-campo/>

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DE MUNICÍPIOS. **Nordeste brasileiro teve pior seca dos últimos 50 anos em 2013, diz relatório**. 24 mar. 2014. Disponível em: <https://cnm.org.br/comunicacao/noticias/nordeste-brasileiro-teve-pior-seca-dos-%C3%BAltimos-50-anos-em-2013-diz-relat%C3%B3rio>

GOMES, A. C. S. et al. Construção de cenários futuros da temperatura máxima do ar: Capitais do Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 14, n. 4, 2021, 2427-2445.

IPA (INSTITUTO AGRONÔMICO DE PERNAMBUCO). **Equipe do Departamento de Educação e Metodologia do IPA visita Estação Experimental de Arcoverde para planejar Dia de Campo da Palma Forrageira**. Recife: IPA, 25 set. 2025. Disponível em: <https://site.ipa.br/noticias/equipe-do-departamento-de-educacao-e-metodologia-do-ipa-visita-estacao-experimental-de-arcoverde-para-planejar-dia-de-campo-da-palma-forrageira/>

IPCC. (2007). **Mudança do Clima 2007: A Base das Ciências Físicas**. Contribuição do Grupo de Trabalho I ao Quarto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Sumário para os Formuladores de Políticas.

IPCC. (2013). **Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press.

IPCC. (2021). **Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge University Press.

KAZMIERCZAK, M. L. **Vulnerabilidade da Mesorregião Oriental do Tocantins a eventos de seca**. 2023. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstreams/ca6e9352-e2f1-4610-9b08-ae562c623711/download>.

MARENGO, J.; BERNASCONI, M. Cenários climáticos futuros para o Nordeste. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 20, n. 1, 2015, 37-46.

MARQUE, J.; OLIVEIRA, R. (2016). **Caracterização climática do semiárido brasileiro**.

MARTINS, E. et al. Impactos projetados das mudanças climáticas na agricultura de sequeiro no Nordeste. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 57, n. 3, 2019, 375-392.

NASA. (2024). **What Is Climate Change?** NASA Science. Disponível em: <https://science.nasa.gov/climate-change/what-is-climate-change/>

ONU BRASIL (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL). **Projeto Sertão Vivo tem início no Ceará**. Brasília: ONU Brasil, 1 nov. 2024. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/281935-projeto-sertao-vivo-tem-inicio-no-cear%C3%A1>

PBMC. (2013). **Relatório Especial do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas: Mudanças Climáticas e Cidades**. Rio de Janeiro: COPPE/UFRJ.

ROUCOU, P. *et al.* Dinâmica atmosférica do Nordeste brasileiro e regimes de precipitação. **Climate Dynamics**, v. 12, n. 10, 1996, 667-687.

SANTOS, J. *et al.* Índice de vulnerabilidade dos biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 33, 2023, 122-140.

SDA-CE (SECRETARIA DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO DO CEARÁ). Projeto Sertão Vivo tem início no Ceará com Missão de Arranque. Fortaleza: SDA-CE, 1 out. 2024. Disponível em: <https://www.sda.ce.gov.br/2024/10/01/projeto-sertao-vivo-tem-inicio-no-ceara-com-missao-de-arranque/>