



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
UNIVERSIDADE DE PERNAMBUCO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ETNOBIOLOGIA E
CONSERVAÇÃO DA NATUREZA - PPGETNO

HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHÃES

PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS E CAPACIDADE ADAPTATIVA ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Recife (PE)
Setembro de 2021

HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHÃES

**PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS E CAPACIDADE ADAPTATIVA ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza (UFRPE, UEPB, UPE e UFPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza

Orientador:

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque
Centro de Biociências, Departamento de Botânica,
Universidade Federal de Pernambuco

Coorientadoras:

Dra. Ivanilda Soares Feitosa (*in memoriam*)
Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas
Socioecológicos (LEA), Departamento de Botânica,
Universidade Federal de Pernambuco

Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo
Centro de Biociências, Departamento de Botânica,
Universidade Federal de Pernambuco

Recife (PE)

Setembro de 2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- M188p Magalhães, Henrique Fernandes de
Percepção de riscos ambientais e capacidade adaptativa às mudanças climáticas em sistemas socioecológicos no semiárido brasileiro / Henrique Fernandes de Magalhães. - 2021.
141 f. : il.
- Orientador: Ulysses Paulino de Albuquerque.
Coorientadora: Ivanilda Soares Feitosa e Elcida de Lima Araujo.
Inclui referências e anexo(s).
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Recife, 2021.
1. Mudanças Climáticas. 2. Percepção de Risco. 3. Saúde Humana. 4. Regiões Semiáridas. 5. Estratégias Adaptativas. I. Albuquerque, Ulysses Paulino de, orient. II. Araujo, Ivanilda Soares Feitosa e Elcida de Lima, coorient. III. Título

HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHÃES

**PERCEPÇÃO DE RISCOS AMBIENTAIS E CAPACIDADE ADAPTATIVA ÀS
MUDANÇAS CLIMÁTICAS EM SISTEMAS SOCIOECOLÓGICOS NO
SEMIÁRIDO BRASILEIRO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza (UFRPE, UEPB, UPE e UFPE) como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Etnobiologia e Conservação da Natureza.

Defendida e aprovada em: Recife (PE), 30 de julho de 2021.

BANCA EXAMINADORA

Presidente

Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque
Universidade Federal de Pernambuco
(UFPE, Recife-PE)

Examinadoras

Profa. Dra. Ana Carolina Borges Lins e Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco
(UFRPE, Recife-PE)

Profa. Dra. Taline Cristina da Silva
Universidade Estadual de Alagoas
(UNEAL, Palmeira dos Índios-AL)

Dra. Juliana Loureiro de Almeida Campos
Núcleo de Assessoria às Comunidades Atingidas por Barragens
(NACAB, Viçosa-MG)

Profa. Dra. Monica Ferreira da Costa
Universidade Federal de Pernambuco
(UFPE, Recife-PE)

À Seci, minha avó, minha linda “passarinha” (*in memoriam*); à Daniela Adlay, minha amada companheira; à minha linda filha Zahra; e aos meus pais Lourdes e Audenir: sem vocês, sem chance!

Essa tese é dedicada especialmente à memória da Dra. Ivanilda Soares Feitosa, minha estimada amiga e coorientadora: obrigado por tudo, “coori”!

“Eu quase que nada não sei. Mas desconfio de muita coisa.”

(Guimarães Rosa. *Grande Sertão: Veredas*, 1956)

“Tentei descobrir na alma de Mário alguma coisa mais profunda do que não saber nada sobre as coisas profundas. Consegui não descobrir.”

(Manoel de Barros. *Livro Sobre Nada*, 1996)

AGRADECIMENTOS

À natureza em toda a sua grandeza, expressa subjetivamente na forma de divindades, orixás, santos, guias e encantados (e afins): sou profundamente grato por ter permitido que eu chegasse até aqui.

Ao meu estimado orientador, Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque; e às minhas estimadas coorientadoras, Dra. Ivanilda Soares Feitosa (*in memoriam*) e Profa. Dra. Elcida de Lima Araújo: sou muito grato por terem acreditado em mim, pela parceria e pelos inúmeros suportes.

Aos moradores das comunidades do Parque Nacional do Catimbau e do Sítio Carão (Altinho-PE) que participaram dessa pesquisa, pela confiança e pelo fornecimento das informações. Não poderia deixar de registrar minha gratidão especial à Dona Socorro e Seu Cotó (residentes na comunidade Muquem, Parque Nacional do Catimbau) e Seu Zuza e Dona Luzia (Sítio Carão) pelos inúmeros acolhimentos e pela hospitalidade.

À coordenação do Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, por todo suporte e apoio.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES) pela concessão da Bolsa de Pós-Graduação (Nível Doutorado).

Aos integrantes e ex-integrantes do Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos (LEA), da Universidade Federal de Pernambuco, pelas experiências de crescimento acadêmico-científico proporcionadas. Agradeço, especialmente, aos colegas que me acompanharam inicialmente, no projeto “LEA-Catimbau”.

Aos meus pais, Maria de Lourdes Fernandes e José Audenir de Magalhães, a quem dedico todo este esforço, pelos ensinamentos e valores na minha construção pessoal.

À minha avó materna, a maravilhosa “mãezinha” Seci (*in memoriam*), pelos inúmeros conselhos e ensinamentos, e pelo exemplo de inspiração, superação e força que sempre representaram (e representam) para mim.

À minha irmã, Maselia, pelo carinho, suporte e torcida a mim dedicados.

À minha amada filha, Zahra, minha inspiração maior, e razão maior da minha força e persistência, mesmo quando me sinto fraco e cansado.

À minha amada companheira, esposa, namorada, amiga (e por aí vai) Daniela Adlay, mulher forte, guerreira, firme e idealista, e ao mesmo tempo doce, serena e carinhosa, por ser meu porto seguro, suporte maior em meus momentos de alegrias e de dores, por ter compreendido minhas muitas ausências e ter me apoiado em tudo, mesmo quando isso lhe

causou desconforto. Lutamos muito juntos, e o fato de estarmos juntos hoje, e mais fortes do que nunca, mostra que o amor sempre vence. Obrigado, meu amor: eu te amo muito, e para sempre.

À minha querida sogra Maheli, e à minha cunhada Heday, amigas queridas, pela torcida, orações e suporte em todos os momentos.

À Dona Eliana e Seu Osvaldo, avós maternos de minha filha, por serem pessoas sempre presentes em minha vida, dando-me suporte para seguir em frente ao dedicarem seus tempos e suas vidas para cuidarem de minha Zahrinha, nosso amor maior em comum.

Aos amigos Hugo e Dany, um casal parceiro que me acolheu no Recife, a quem eu tenho a honra de chamar de amigos, por dividirem comigo momentos de crescimento pessoal e profissional, e pelos inúmeros suportes em minha caminhada.

Às colegas Regina, Risoneide e Ju Hora, pelas inúmeras conversas sobre a vida, e sobre os sabores e dissabores da vida acadêmica e profissional; e aos colegas Nylber e Rafa Protá, pelos suportes pessoais e profissionais, sempre regados a muita boa música.

Ao Prof. Dr. Ângelo Giuseppe Chaves Alves, por ter me confiado a sua turma de Etnobiologia (graduação em Biologia, UFRPE) durante o meu Estágio de Docência II, e pelas palavras amigas, conselheiras e, por vezes, descontraídas, que levantaram meu astral em inúmeros momentos.

À todas e todos os(as) companheiros(as) de militâncias: Setorial Ecosocialista do PSOL-PE, pelo acolhimento caloroso e pela confiança na construção; Insurgência/PSOL, esse coletivo ecosocialista incrível que eu tenho a honra de integrar; Fórum Popular da Natureza, esse espaço amplo de construção e luta socioambiental que me acolheu maravilhosamente e tem renovado as minhas energias e esperanças. Conciliar a vida acadêmica com militância socioambiental não é fácil, mas com vocês tem sido incrível. Muito obrigado!

À todas e todos nós, cientistas do Nordeste do Brasil, que seguimos na luta, produzindo pesquisa de alto impacto científico e alta relevância social mesmo diante do descaso do poder público em relação à ciência e tecnologia: pouco dinheiro, poucos recursos e incentivos quase nulos.

À todas e todos que contribuíram, diretamente ou indiretamente, para a realização deste trabalho (sendo que muitos foram “solenemente” esquecidos de serem mencionados aqui, graças à minha memória nada confiável), dedico o meu carinho e gratidão. Muito obrigado!

LISTA DE FIGURAS

PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL

- Fig. 1.** Map of Catimbau National Park (the State of Pernambuco, semi-arid region of the northeastern Brazil) highlighting the study communities: Açude Velho, Breus, Dor de Dente, Igrejinha, Muquem, and Tunel 43
- Fig. 2.** Adaptive strategies mentioned by farmers. (A) Palm planting - *Opuntia ficus-indica* (L.) Milli - for animal feed (goats and cattle). (B) Cistern for rainwater collection and storage 49

FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL

- Fig. 1.** Map of the Catimbau National Park location, highlighting the rural communities of the research (Açude Velho, Breus, Dor de Dente, Igrejinha, Muquem and Tunel) and Carão, Municipality of Altinho (State of Pernambuco, semi-arid region of Northeast Brazil) 68
- Fig. 2.** Landscape of Igrejinha, rural community located in the Catimbau National Park (Pernambuco State, semi-arid region of Northeast Brazil). Photo: Henrique F. Magalhães 69
- Fig. 3.** Landscape of the Carão rural community located in the municipality of Altinho (Pernambuco State, semi-arid region of Northeast Brazil). Photo: Regina C. S. Oliveira 70
- Fig. 4.** Comparative graph of historical variations in accumulated precipitation (mm) in the Pernambuco State in three annual intervals of thirty years. Source: Adapted from INMET (2021) 71
- Fig. 5.** Comparative graph of historical variations in average temperature (°C) in the Pernambuco State in three annual intervals of thirty years. Source: Adapted from INMET (2021) 72
- Fig. 6.** Map of disease incidence and severity perceived by farmers in the Catimbau NAPAR 81
- Fig. 7.** Map of disease incidence and severity perceived by farmers in Carão 81

LISTA DE TABELAS

MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: BASES TEÓRICAS E O CENÁRIO DAS REGIÕES SEMIÁRIDAS, COM ÊNFASE NO NORDESTE BRASILEIRO

| | |
|--|----|
| Tabela 1. Histórico de períodos de secas na Região Nordeste do Brasil | 13 |
|--|----|

PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL

| | |
|--|----|
| Table 1. The generalized model (GLM) containing the predictor variable for risk perception by farmers: experience time, combined with previous experience with risks | 47 |
| Table 2. Risks related to climate change in agroecosystems perceived by farmers | 48 |
| Table 3. Adaptive strategies cited by residents of rural communities | 48 |
| Table 4. Generalized model (GLM) containing the best predictor variable for the number of adaptive strategies developed by farmers: the number of times risk is perceived, combined with severity | 49 |

FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL

| | |
|--|----|
| Table 1. History of drought periods in the Northeast Region of Brazil | 71 |
| Table 2. Climate change-related diseases perceived by small-scale farmers living in the Catimbau NAPAR, Pernambuco State, Northeast Brazil | 79 |
| Table 3. Climate change-related diseases perceived by smallholder farmers living in Carão, Pernambuco State, Northeast Brazil | 80 |
| Table 4. Adaptive strategies used to mitigate diseases perceived by farmers living in the Catimbau NAPAR, Pernambuco State, Northeast Brazil | 82 |
| Table 5. Adaptive strategies used to mitigate diseases perceived by farmers living in Carão, Pernambuco State, Northeast Brazil | 82 |
| Table 6. Generalized Linear Model used to test the effect of incidence and severity of diseases perceived by farmers in the Catimbau NAPAR on the frequency of used adaptive strategies. The p-values for the significant predictors are highlighted in bold .. | 83 |
| Table 7. Generalized Linear Model used to test the effect of disease incidence and severity perceived by Carão farmers on the frequency of used adaptive strategies. The p-values for significant predictors are highlighted in bold | 83 |

SUMÁRIO

| | |
|---|------|
| LISTA DE FIGURAS | viii |
| LISTA DE TABELAS | xi |
| RESUMO | xii |
| ABSTRACT | xiii |
| 1 INTRODUÇÃO GERAL | 1 |
| 1.1 OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS | 1 |
| 1.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA | 4 |
| 1.3 ESTRUTURA DA TESE | 8 |
| 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA | 10 |
| 2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: BASES TEÓRICAS E O CENÁRIO DAS REGIÕES SEMIÁRIDAS, COM ÊNFASE NO NORDESTE BRASILEIRO | 10 |
| 2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL | 14 |
| 2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERCEPÇÃO DE RISCO | 16 |
| 2.4 EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS AGROECOSSISTEMAS | 18 |
| 2.5 EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SAÚDE HUMANA | 21 |
| REFERÊNCIAS | 23 |
| 3 PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL (artigo publicado pela revista <i>Human Ecology</i>) | 39 |
| Abstract | 40 |
| Introduction | 40 |
| Material and methods | 42 |
| Study area | 42 |
| Informant selection | 44 |
| Data collection and processing | 44 |
| Data analysis | 45 |
| Results | 46 |
| The influence of schooling, agricultural experience, and previous risk experience on perceived risk | 46 |
| Risk perception and adaptive strategies developed by farmers | 47 |
| Discussion | 50 |
| Conclusions | 53 |
| Study limitations and future perspectives | 53 |
| Theoretical, practical and methodological contributions | 53 |
| Acknowledgments | 54 |
| Compliance with Ethical Standards | 54 |
| Informed Consent | 54 |
| Conflict of Interest | 54 |
| Funding | 54 |
| References | 55 |
| 4 FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL (artigo submetido à revista <i>Frontiers in Environmental Science</i>) | 63 |
| Summary | 64 |
| Introduction | 65 |
| Materials and Methods | 67 |
| Study Area | 67 |

| | |
|--|-----|
| Legal Procedures and Informant Selection | 73 |
| Data Collection and Processing | 73 |
| Data Analysis | 75 |
| Results | 77 |
| Perceived Diseases Related to Climate Change and Adopted Adaptive Strategies | 77 |
| Relationship between the Incidence and Severity of Perceived Illnesses and the Frequency of Used Adaptive Strategies | 83 |
| Discussion | 83 |
| Conclusions | 86 |
| Data Availability Statement | 87 |
| Conflicts of Interest | 87 |
| Author Contributions | 87 |
| Funding | 87 |
| Acknowledgements | 88 |
| References | 88 |
| 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS | 96 |
| 5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES | 96 |
| 5.2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E METODOLÓGICAS DA TESE | 96 |
| 5.3 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ESTUDOS | 97 |
| 5.4 PROPOSTAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS | 98 |
| 5.5 ORÇAMENTO (CUSTOS DO PROJETO) | 98 |
| ANEXOS | 100 |
| COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA | 101 |
| ARTIGO <i>PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL</i> , PUBLICADO PELA REVISTA <i>HUMAN ECOLOGY</i> | 115 |
| NOTIFICAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO <i>FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL</i> À REVISTA <i>FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE</i> | 126 |

RESUMO

MAGALHÃES, Henrique Fernandes. Tese (Doutorado em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco). **Percepção de riscos ambientais e capacidade adaptativa às mudanças climáticas em sistemas socioecológicos no semiárido brasileiro**. Setembro de 2021. Orientador: Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque; Coorientadoras: Dra. Ivanilda Soares Feitosa (*in memoriam*) e Dra. Elcida de Lima Araújo.

A emergência atual das mudanças climáticas é uma realidade inquestionável, cujas projeções futuras são terríveis. Agroecossistemas localizados em regiões semiáridas são apontados como um dos mais vulneráveis às mudanças no clima, afetando tanto a paisagem natural como o modo de vida das populações humanas locais. Estas pessoas, por sua vez, por dependerem diretamente dos recursos naturais ofertados para a sua sobrevivência, além de estarem mais sensíveis e expostas aos efeitos adversos das mudanças ambientais, podem vir a perceber mais rapidamente as transformações ocorridas no ambiente e, conseqüentemente, desenvolver estratégias adaptativas a fim de mitigar os efeitos negativos oriundos dessas mudanças. Partindo dessas premissas, essa tese buscou investigar a percepção de risco, nos agroecossistemas e à saúde humana (doenças), por pequenos agricultores em sistemas socioecológicos no Semiárido Brasileiro diante de eventos de mudanças climáticas extremas, bem como as estratégias adaptativas adotadas localmente, e como diferentes fatores podem estar direcionando esse processo. Estruturamos, pois, essa tese em torno de dois eixos investigativos – 1) Efeitos das mudanças climáticas nos agroecossistemas; e 2) Efeitos das mudanças climáticas na saúde humana – os quais apresentaram hipóteses relacionadas ao impacto das mudanças climáticas nos sistemas socioecológicos do semiárido. O primeiro eixo correspondeu ao capítulo *Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil*, cujo estudo, desenvolvido em comunidades rurais do Parque Nacional do Catimbau (situado entre o agreste e o sertão do Estado de Pernambuco). O segundo eixo, por sua vez, correspondeu ao capítulo *Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeast Brazil*, cuja pesquisa, realizada em comunidades rurais do Parque Nacional do Catimbau e na comunidade rural do Carão (Município de Altinho, Estado de Pernambuco). A coleta dos dados – dados socioeconômicos, anos com maior incidência de eventos climáticos extremos (secas e chuvas prolongadas), riscos percebidos (riscos ambientais, e doenças) e estratégias adaptativas desenvolvidas – ocorreram entre julho de 2018 e setembro de 2019, com pessoas adultas (acima de 18 anos de idade), e foram feitas por meio de diferentes técnicas e métodos, como censos, entrevistas semiestruturadas, listas-livres e *Mapeamento Participativo de Risco*, o que nos possibilitou acessar e avaliar quantitativamente os riscos ambientais percebidos pelas pessoas. Nossos resultados mostraram que: a) a experiência na atividade da agricultura e a experiência prévia com situações de risco explicam a quantidade de riscos ambientais percebidos por agricultores; b) o número de vezes que um risco é percebido e a gravidade a ele atribuída explica o número de respostas adaptativas desenvolvidas para mitigá-lo; c) a incidência e a severidade atribuída às doenças percebidas, conjuntamente, explicam a frequência de estratégias adaptativas utilizadas para lidar com os seus efeitos. Por fim, acreditamos que o nosso estudo poderá possibilitar uma maior compreensão sobre o grau de vulnerabilidade de sistemas socioecológicos em regiões semiáridas, o que poderá possibilitar ações em diferentes escalas, visando mitigar os efeitos das alterações do clima, e seus impactos no modo de vida das pessoas.

Palavras-chaves: mudanças climáticas, percepção de risco, saúde humana, regiões semiáridas, estratégias adaptativas.

ABSTRACT

MAGALHÃES, Henrique Fernandes. Thesis (PhD in Ethnobiology and Conservation, Universidade Federal Rural de Pernambuco). **Perception of environmental risks and adaptive capacity to climate change in socio-ecological systems in the Brazilian semi-arid region.** September 2021. Advisor: Ulysses Paulino de Albuquerque, PhD; Co-advisors: Ivanilda Soares Feitosa, PhD (*in memoriam*); and Elcida de Lima Araújo, PhD.

The current emergence of climate change is an unquestionable reality, whose future projections are terrible. Agroecosystems located in semi-arid regions are identified as one of the most vulnerable to changes in climate, affecting both the natural landscape and the lifestyle of local human populations. These people, in turn, by directly depending on the natural resources offered for their survival, in addition to being more sensitive and exposed to the adverse effects of environmental changes, may come to realize more quickly the changes that have occurred in the environment and, consequently, develop adaptive strategies in order to mitigate the negative effects arising from these changes. Based on these premises, this thesis sought to investigate the perception of risk, in agroecosystems and human health (diseases), by small farmers in socio-ecological systems in the Brazilian semi-arid region in the face of extreme climate change events, as well as adaptive strategies adopted locally, and how different factors may be driving this process. We therefore structured this thesis around two investigative axes – 1) Effects of climate change on agro-ecosystems; and 2) Effects of climate change on human health - which presented hypotheses related to the impact of climate change on socioecological systems in the semiarid region. The first axis corresponded to the chapter *Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil*, whose study, developed in rural communities in the Catimbau National Park (located between the *agreste* and *sertão*, Pernambuco State). The second axis, in turn, corresponded to the chapter *Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeast Brazil*, whose research, carried out in rural communities from the Catimbau National Park and the rural community of Carão (Altinho Municipality, Pernambuco State). Data collection – socioeconomic data, years with the highest incidence of extreme weather events (droughts and prolonged rains), perceived risks (environmental risks, and diseases) and adaptive strategies developed – occurred between July 2018 and September 2019, with adults (over 18 years of age), and were made using different techniques and methods, such as censuses, semi-structured interviews, free lists and *Participatory Risk Mapping*, which allowed us to access and quantitatively assess the environmental risks perceived by people. Our results showed that: a) experience in agriculture and previous experience with risk situations explains the amount of environmental risks perceived by farmers; b) the number of times a risk is perceived and the severity attributed to it explains the number of adaptive responses developed to mitigate it; c) the incidence and severity attributed to the perceived diseases together explain the frequency of adaptive strategies used to deal with their effects. Finally, we believe that our study may enable a greater understanding of the degree of vulnerability of socio-ecological systems in semi-arid regions, which may enable actions at different scales, aiming to mitigate the effects of climate changes, and their impacts on the people's way of life.

Keywords: climate change, risk perception, human health, semi-arid regions, adaptive strategies.

1 INTRODUÇÃO GERAL

1.1 OBJETIVOS E QUESTIONAMENTOS

A emergência atual das mudanças climáticas é uma realidade inquestionável. Inúmeras evidências apontam que o clima global está mudando rapidamente, em uma escala jamais antes observada. Um levantamento recente da Organização Meteorológica Mundial (WMO), por exemplo, mostra que os anos de 2015 a 2019 foram os cinco anos mais quentes já registrados em relação a qualquer outro período equivalente da história, e as projeções futuras são assustadoras (WMO, 2020). Trata-se, sem dúvida alguma, de um dos maiores dilemas do mundo contemporâneo (IPCC, 2014), um tema de interesse público que vem sendo bastante explorado em áreas diversas do conhecimento científico, e cujo interesse aumenta cada vez mais à medida que notícias acerca da emergência climática ganha as páginas de jornais/ revistas e noticiários. E a Etnobiologia, como uma ciência que se propõe a estudar as relações entre as diversas sociedades humanas e a biota que o cerca, bem como os fatores que podem estar modulando essas relações, não poderia deixar de dar a sua contribuição.

Quando a proposta do tema me foi apresentada, em um momento em que eu ainda estava avaliando a possibilidade de prestar a seleção para o doutorado em Etnobiologia e Conservação da Natureza, eu logo me senti instigado a avançar na leitura. Prestei a seleção daquele ano (2017.1), fui aprovado e à medida que fui me aprofundando no tema e conhecendo abordagens diversas a ele relacionado, o meu interesse ia crescendo (e ainda cresce) a cada dia. Logo evidenciei, por meio de minhas leituras, que as regiões semiáridas ao redor do mundo são as mais enfocadas em estudos acerca das mudanças climáticas e seus impactos sobre a dinâmica dos sistemas socioecológicos locais.

De fato, as regiões semiáridas são apontadas como as mais sensíveis às mudanças climáticas globais, devido à fatores ambientais como baixos índices de pluviosidade associados às altas taxas de evapotranspiração anuais, o que se reflete nos processos de degradação do solo e desertificação, intensificados pela ação humana (IPCC, 2021). Dessa forma, muitos estudos atestam que essas regiões estão experimentando um aquecimento proporcionalmente maior em relação a outras regiões do planeta (HUANG et al., 2017; HUANG; GUAN; JI, 2012; JI et al., 2014; YANG et al., 2019). Esses fatores ambientais, por sua vez, estão associados a características socioeconômicas e diferenças regionais como altos índices de analfabetismo, baixos níveis de renda, migração para centros urbanos e exclusão social (VIEIRA et al., 2021,

2015), o que torna essas regiões ainda mais vulneráveis à insegurança alimentar, hídrica e energética (MARENGO et al., 2018; YANG et al., 2019), pondo em risco os ecossistemas, os recursos naturais ofertados e o modo de vida das populações humanas locais, que têm na agricultura e pecuária de subsistência suas principais fontes de subsistência. Considerando que as projeções de cenários futuros apontam que esses extremos de variabilidade climática tendem a se intensificar ainda mais nessas áreas no decorrer do século XXI (LEE et al., 2021; MARENGO et al., 2018; MARENGO; BERNASCONI, 2015), tais situações tendem a se agravar ainda mais.

Dessa forma, diversas evidências na literatura científica reportam que as populações rurais residentes nas regiões semiáridas estão entre as mais vulneráveis¹ às alterações no clima, por dependerem diretamente dos recursos naturais ofertados localmente para a sua sobrevivência (CAMPOS; VELÁZQUEZ; MCCALL, 2014; GEBRU et al., 2020; MILES et al., 2006; OJO; BAIYEGUNHI, 2020; OLIVEIRA et al., 2017; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006; RODRIGUEZ; EAKIN; DE FREITAS DEWES, 2017; THINDA et al., 2020). Por outro lado, essa mesma condição pode levar essas pessoas a perceberem com maior nitidez as transformações nos sistemas socioecológicos² locais, podendo vir a desenvolver estratégias adaptativas para lidar com os efeitos negativos oriundos das mudanças ambientais (SMITH; BARRETT; BOX, 2000). Percebi, então, que acessar a percepção ambiental³ – e, mais especificamente, a percepção de risco⁴ – das populações humanas poderia ser uma relevante estratégia para a discussão sobre mitigações dos impactos ambientais globais em escala local.

¹ O conceito de vulnerabilidade, segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima (IPCC), corresponde à predisposição de uma determinada população e/ ou localidade ser impactada pelas mudanças no clima, o que ocorre em função de três elementos fundamentais: sensibilidade, capacidade adaptativa e exposição (IPCC, 2007). A sensibilidade corresponde à maneira como um sistema pode ser afetado (negativamente ou não); a capacidade adaptativa corresponde à habilidade em lidar (minimizando ou evitando) com os danos; e a exposição corresponde à presença de pessoas, sistemas e suas relações, que podem ser potencialmente impactados pelos efeitos das mudanças do clima (IPCC, 2007). Dessa forma, em nosso trabalho, atestamos que regiões semiáridas são mais vulneráveis não somente porque as populações humanas locais dependem mais dos recursos naturais ofertados localmente para a sua subsistência, mas também porque elas estão mais sensíveis e expostas aos efeitos adversos das mudanças climáticas.

² Sistemas socioecológicos são sistemas complexos e integrados nos quais os seres humanos constituem parte da natureza (BERKES; FOLKE, 1998). Dessa forma, representam a interação entre o ambiente natural e o sistema sociocultural.

³ Percepção ambiental corresponde à representação que os indivíduos fazem do seu ambiente, o que possibilita que compreendam os cenários e mudanças ambientais que os cercam (GARCÍA-MIRA; REAL, 2005).

⁴ Riscos podem ser compreendidos como situações potencialmente desfavoráveis ou prejudiciais – ou a probabilidade de ocorrência dessas situações – oriundas de um fenômeno ambiental (SMITH; BARRETT; BOX, 2000; UNDRR, 2009).

Com base nessas informações, essa tese buscou investigar a percepção de risco, em seus agroecossistemas e à saúde humana (doenças), por pequenos agricultores que integram sistemas socioecológicos na região do Semiárido Brasileiro diante de eventos de mudanças climáticas extremas, as estratégias adaptativas locais, e como diferentes fatores (escolaridade, experiência na agricultura, e experiência prévia com riscos) podem estar interferindo nesse processo.

Estruturei, pois, o meu projeto em torno de dois eixos investigativos – 1) *Efeitos das mudanças climáticas nos agroecossistemas*, cujo objetivo foi investigar o risco percebido pelos agricultores diante de eventos de mudanças climáticas extremas em agroecossistemas semiáridos, seus efeitos no desenvolvimento de estratégias adaptativas e a influência de diferentes fatores nesse processo; e 2) *Efeitos das mudanças climáticas na saúde humana*, cujo objetivo foi investigar a percepção de agricultores residentes no semiárido do Nordeste do Brasil sobre doenças locais e as estratégias adaptativas desenvolvidas e utilizadas localmente para mitigação dos problemas relacionados à saúde – e apresentei hipóteses de investigação ligadas ao impacto das mudanças do clima sobre sistemas socioecológicos do semiárido, com base nas evidências e nas lacunas que observei no conhecimento científico. Cada um dos eixos supracitados, posteriormente, correspondeu a um artigo científico, acerca dos quais explanaremos detalhadamente na última subseção desse tópico. A seguir, apresento algumas das observações que embasaram a construção da minha tese.

Diversos estudos apontam fatores que tanto podem limitar como influenciar as percepções dos agricultores, incluindo uma diversidade de variáveis socioeconômicas – como o nível de escolaridade e o tempo de experiência na atividade agrícola (FOSU-MENSAH; VLEK; MACCARTHY, 2012; GBETIBOUO, 2009; SLEGGERS, 2008) – e a experiência prévia com riscos (BRYAN et al., 2013; RESER; BRADLEY, 2020; RODRIGUEZ; EAKIN; DE FREITAS DEWES, 2017; WEBER, 2010). Evidências sugerem também que os agricultores tendem a enfatizar percepções de riscos mais recentes e frequentes na tomada de decisões sobre seu comportamento adaptativo (RESER; BRADLEY, 2020; WEBER, 2010), e que áreas mais secas são naturalmente mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (ANDERSON-TEIXEIRA et al., 2013; PEREZ-MARIN et al., 2012).

Muitos estudos têm abordado os impactos das mudanças climáticas na incidência de doenças (BAI et al., 2013; DE PEREZ et al., 2015; LAL et al., 2013; LE DANG et al., 2014; OLOUKOI; BOB; JAGGERNATH, 2014; TONG et al., 2017). Nesse sentido, um conjunto de evidências mostram que as mudanças climáticas afetam a saúde de populações humanas, aumentando a morbidez e a mortalidade devido às mudanças no nível de calor (BAI et al.,

2013), no acesso a alimento e na qualidade da água e do ar, alterando, dessa forma, a incidência de doenças (LAL et al., 2013; WHO, 2009). Além disso, evidências apontam que fatores ambientais/ climáticos, como regimes prolongados de chuva, podem estar relacionados ao aumento da frequência de doenças – como a cólera (RAHMAN; MOHAMAD; ZARIM, 2014), a diarreia (EL-FADEL et al., 2012) e a dengue (WHO, 2009). Nesse sentido, estudos apontam que as estratégias de tratamento elaboradas nos chamados sistemas médicos locais⁵ podem responder à essas incidências (ESTOMBA; LADIO; LOZADA, 2006; SANTORO et al., 2015).

Por fim, acredito que uma maior compreensão acerca do grau de vulnerabilidade de sistemas socioecológicos do semiárido e das respostas adaptativas desenvolvidas pelas populações humanas locais – bem como seus fatores limitantes – frente aos riscos percebidos em um contexto de mudanças climáticas poderá possibilitar a elaboração de modelos preditivos baseados na experiência do ser humano no ambiente. Nesse contexto, ações em diferentes escalas visando mitigar problemas decorrentes da mudança no clima também poderão ser desenvolvidas. A abordagem sistematizada e proposta nessa tese poderá contribuir nesse sentido.

1.2 ESTRATÉGIAS DE PESQUISA

Uma vez estabelecido o cenário teórico – por meio de uma criteriosa revisão bibliográfica acerca das mais recentes discussões acerca das mudanças climáticas globais, com enfoque nas regiões áridas e semiáridas, principalmente o Nordeste do Brasil – e o desenho experimental da nossa pesquisa, precisávamos escolher adequadamente os métodos e técnicas que melhor se aplicariam à proposta do nosso estudo, tanto para a coleta como para a análise dos nossos dados. Resolvemos optar por métodos e técnicas simples, precisas e de fácil aplicabilidade, a fim de otimizar as nossas pesquisas. A seguir, abordaremos as nossas escolhas, explicando os motivos que nos levaram a fazer as opções, seguida de uma avaliação crítica acerca das metodologias escolhidas.

Primeiramente, é importante ressaltar que todos os procedimentos éticos/ legais que devem nortear pesquisas envolvendo seres humanos foram seguidos, uma vez que o nosso projeto de pesquisa foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Pernambuco, conforme o Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número

⁵ Sistemas médicos locais, segundo Ferreira Jr et al. (2015), correspondem a um conjunto de conhecimentos, práticas, crenças e valores associadas com a doença e a saúde.

89890617.1.0000.5207; e todos os moradores (maiores de 18 anos de idade) que aceitaram participar da pesquisa foram convidados a assinar um termo de consentimento livre e esclarecido, conforme rege a legislação vigente do Conselho Nacional de Saúde (Resolução nº 466/ 2012). Feito esse procedimento, partimos para a nossa coleta de dados.

O estudo dessa tese foi desenvolvido em duas áreas semiáridas localizadas no Estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. São elas: o Parque Nacional do Catimbau, Unidade de Conservação com 62.294,14 hectares, localizada entre o agreste e o sertão de Pernambuco, na qual foram selecionadas seis comunidades rurais – Muquem (8,49414 ° S; 37,2999 ° W), Breus (8,49076 ° S; 37,29059 ° O), Açude Velho (8,4592 ° S; 37,30289 ° W), Tunel (8,46208 ° S ; 37,31967 ° W), Dor de Dente (8,51355 ° S; 37,31413 ° W) e Igrejinha (8,49966 ° S; 37,25743 ° W); e a comunidade rural do Carão (08° 35'13,5 "S e 36° 05 '34,6" W), no Município de Altinho, Estado de Pernambuco, localizada no centro do agreste, a 168 km da capital do estado.

À princípio, nosso plano era coletar dados somente no Parque Nacional do Catimbau, uma vez que o projeto dessa tese integrou o Projeto Ecológico de Longa Duração – Sítio Parque Nacional do Catimbau (PELD CATIMBAU, 2016). No entanto, por se tratar de uma Área de Proteção Integral, há muitos conflitos socioambientais locais entre o órgão gestor do parque, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), e moradores locais. Tal cenário dificultou muito o acesso a alguns moradores da região, uma vez que nossa presença foi interpretada como uma intervenção do órgão ambiental responsável pela administração do parque. Dessa forma, embora pretendêssemos obter uma amostra maior, com o passar do tempo a região deixou de ser uma alternativa viável para nós. Por este motivo, optamos por coletar dados também no Carão, uma região bastante conhecida pela nossa equipe, que lá desenvolve pesquisas há 13 anos e, portanto, possui amplo conhecimento sobre o local, além de ter um bom relacionamento com os moradores locais.

Os contatos iniciais com as referidas comunidades rurais foram realizados por meio de um censo, o que nos possibilitou fazer um levantamento prévio acerca de quantas residências havia em cada uma das comunidades enfocadas no estudo (no caso do Carão, pulamos essa etapa, uma vez que essa informação já havia sido coletada por colegas do nosso grupo de estudo que já realizaram pesquisa na localidade). Esse procedimento também nos possibilitou verificar previamente as pessoas que seriam excluídas da nossa amostra (por exemplo, pessoas muito idosas e/ ou com problemas de saúde). Os dados referentes ao número de pessoas residentes em cada comunidade rural foram obtidos por meio do Programa Saúde da Família (PSF) da Vila

do Catimbau, Município de Buíque (PE); e do posto de saúde da comunidade do Carão, Município de Altinho (PE).

Junto aos informantes, os dados foram coletados por meio de um censo, no qual todos os componentes da população foram selecionados (ESPINOSA; BIESKI; MARTINS, 2014), e as entrevistas foram realizadas com unidades familiares, ou seja, com pessoas que vivem na mesma residência. A principal vantagem de um censo é que ele fornece informações de todos os componentes da população em questão. Por outro lado, o custo é alto e demanda muito tempo, o que para nós não representou um problema, uma vez que contamos com uma equipe grande, colaborativa e qualificada para a coleta de informações.

Para analisarmos a percepção de risco das pessoas diante das mudanças climáticas, realizamos entrevistas semiestruturadas, nas quais as perguntas foram previamente elaboradas antes mesmo do início da pesquisa de campo, gerando uma maior flexibilidade ao momento da entrevista. Dessa forma, a grande vantagem desse procedimento é a possibilidade do pesquisador direcionar mais atenção aos participantes e ao momento das entrevistas (ALBUQUERQUE; LUCENA; LINS NETO, 2014; MAGALHÃES et al., 2019). O risco dessa técnica é que o pesquisador pode se atrapalhar, caso não consiga manter o controle das questões e permita que a entrevista flua de forma excessivamente flexível, o que pode gerar dados enviesados e até incorretos. A fim de otimizar as nossas coletas de dados, organizamos as entrevistas em etapas, as quais descreveremos a seguir.

Na primeira etapa da nossa coleta de dados, registramos dados referentes à escolaridade, tempo de experiência na agricultura e experiência prévia com riscos de cada informante, para analisar a influência dos mesmos na percepção das pessoas frente às mudanças climáticas. Na segunda etapa, convidamos cada informante a relatar os anos de ocorrência dos maiores eventos de secas e de chuvas prolongadas localmente. A partir dessas informações, por meio da técnica de lista de livre (SILVA et al., 2014), os mesmos foram estimulados a listar os riscos (incluindo as doenças) que percebiam diante dos dois eventos de mudanças climáticas não-sazonais supracitados. A grande vantagem dessa técnica é que ela permite o registro de informações referentes a um domínio específico (risco, por exemplo), considerando que os informantes citarão os itens mais importantes/ marcantes que recordam. No entanto, caso as perguntas versem acerca de um domínio muito específico, como uma subcategoria (riscos relacionados à saúde dos animais, por exemplo), com o qual o entrevistado não está familiarizado, isso pode representar um problema, uma vez que a informação estará enviesada. Caberá, então, ao autor, avaliar se a referida informação está ou não apta a ser utilizada na análise, como nós fizemos.

Por fim, na terceira e última etapa, a partir da lista livre contendo os riscos citados, os informantes foram convidados a classifica-los e ordena-los de acordo com sua severidade, por meio de representações numéricas em uma classificação ordinal decrescente. Por exemplo: o número 1 representou o risco considerado mais grave; o número 2, o risco considerado como o segundo mais grave; e assim por diante. Esse procedimento nos permitiu evidenciar e avaliar o grau em que cada um dos riscos citados interferia no modo de vida das pessoas, partindo da própria percepção delas. Ainda, a partir da lista livre de doenças citadas, questionamos os informantes acerca das estratégias adaptativas utilizadas (caso houvesse) para lidar com os efeitos dos riscos citados. Aqui, partimos da compreensão de que estratégias adaptativas correspondem às respostas desenvolvidas pelas pessoas para mitigarem condições potencialmente danosas que podem ocorrer no ambiente (SMIT; WANDEL, 2006).

Em relação à nossa análise de dados, no nosso primeiro artigo, optamos por trabalhar com dados brutos, de contagem, tanto em relação às variáveis independentes como às dependentes. A vantagem que vislumbramos ao adotar esse procedimento foi a praticidade, uma vez que transformar os dados em índices – seguindo o método do Mapeamento Participativo de Risco (PRM) (BAIRD; LESLIE; MCCABE, 2009), nossa proposta original – demandaria muito tempo. Já no nosso segundo artigo, optamos por transformar nossos dados (variáveis independentes e dependentes) em índices, conforme o PRM. A escolha metodológica prevaleceu pelas seguintes razões: 1) Como, nesse artigo, trabalhamos tanto com dados coletados tanto no Parque Nacional (PARNA) do Catimbau como na comunidade rural do Carão (Altinho), áreas geograficamente afastadas, ambas no Estado de Pernambuco (no primeiro artigo, trabalhamos apenas com dados coletados no PARNA Catimbau), pretendíamos, à princípio, elaborar um estudo comparando os resultados obtidos nas duas áreas, onde utilizaríamos uma variável ambiental (a pluviosidade média anual) para explicar a incidência de riscos percebidos em ambas as áreas, buscando verificar se há uma variação significativa nesse sentido; 2) Porém, percebemos que os cenários socioambientais nas duas áreas eram mais homogêneos do que esperávamos, com variações muito baixas entre os índices de pluviosidade média anual em ambas as áreas. Dessa forma, optamos por abandonar a ideia do estudo comparativo, e elaborarmos um estudo mais geral, utilizando os dados coletados em ambas as áreas; 3) No entanto, a essa altura já havíamos calculado todos os índices. Além disso, percebemos que não havia na literatura, ainda, nenhum estudo que utilizou o PRM especificamente para percepção de riscos à saúde humana (doenças). Assim, compreendemos que seria interessante preencher essa lacuna, propondo uma nova abordagem para estudos dessa

natureza. A grande vantagem do PRM é que ele é um método de fácil aplicação, além de possibilitar uma análise bastante precisa dos dados, o que já está relatado na literatura (MAGALHÃES et al., 2019; SILVA et al., 2014). A principal desvantagem, como já foi abordado nesse subtópico, é que o cálculo dos índices demanda muito tempo.

Por fim, para os testes das hipóteses dos dois artigos, optamos pela utilização de modelos lineares generalizados (GLM), por compreendermos que todas as nossas hipóteses trabalhavam com a relação causa-efeito, além de se tratar de uma análise relativamente simples, prática e que fornece resultados com bastante precisão, o que facilita bastante o processo de análise dos dados. Para os nossos testes estatísticos, utilizamos o software R, versão 3.6.3 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2019).

1.3 ESTRUTURA DA TESE

Como mencionado, o desenho experimental da nossa tese foi feito para buscar compreender o grau de vulnerabilidade de sistemas socioecológicos do semiárido, a partir dos riscos percebidos pelas pessoas (referentes tanto aos seus agroecossistemas como à saúde humana) em um cenário de mudanças climáticas cada vez mais crescente e ameaçador e as respostas adaptativas desenvolvidas localmente, e como diferentes fatores estariam influenciando nesse processo (no nosso caso, testamos o efeito da escolaridade, experiência na agricultura, e experiência prévia com riscos). Dessa forma, a fundamentação teórica da nossa tese, na qual buscamos apresentar uma breve revisão de literatura acerca dos conceitos e ideias que abrangem os conteúdos relacionados à elaboração da nossa tese, encontra-se estruturada da seguinte forma: 1) Mudanças climáticas e conhecimento ecológico local; 2) Mudanças climáticas e percepção de risco; 3) Efeito das mudanças climáticas nos agroecossistemas; e 4) Efeito das mudanças climáticas na saúde humana. A seguir, apresentamos os dois produtos (artigos) gerados a partir dessa tese.

No primeiro artigo, intitulado *Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil*, publicado pela revista *Human Ecology*, buscamos investigar e caracterizar os riscos percebidos relacionados às mudanças climáticas sobre os agroecossistemas em uma região do semiárido do Nordeste Brasileiro (o Parque Nacional do Catimbau, Estado de Pernambuco); os fatores que explicam essas percepções de risco e como eles atuam; e o efeito dessa percepção no desenvolvimento de estratégias adaptativas. No estudo em questão, testamos as seguintes hipóteses: 1) O nível de escolaridade,

a experiência na agricultura e a experiência prévia com riscos influenciam a quantidade de riscos percebidos por agricultores; 2) O número de vezes com que um risco é percebido e a gravidade atribuída ao mesmo influenciam a quantidade de respostas adaptativas correspondentes adotadas por agricultores.

Já no segundo artigo, intitulado *Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeast Brazil*, submetido à revista *Frontiers in Environmental Science*, buscamos investigar e caracterizar as doenças (riscos à saúde humana) percebidas relacionadas às mudanças climáticas por pequenos agricultores em duas regiões do semiárido do Nordeste Brasileiro (o Parque Nacional do Catimbau e a comunidade rural do Carão, ambas no Estado de Pernambuco); e o efeito dessa percepção no desenvolvimento de estratégias adaptativas. No estudo em questão, testamos a seguinte hipótese: a incidência e a severidade das doenças percebidas direcionam a frequência de respostas adaptativas adotadas pelas pessoas.

Por fim, nas considerações finais, apresentamos: 1) as principais conclusões do nosso estudo, nas quais buscamos integrar, de forma a dar sentido ao desenho experimental da tese, o conjunto de evidências e resultados apresentados em cada um dos capítulos; 2) as principais contribuições teóricas e metodológicas da tese para o campo do conhecimento científico; 3) as principais limitações do estudo, onde buscamos, a partir de uma avaliação crítica, analisar os principais pontos limitantes da nossa pesquisa e como eles poderiam ter sido evitados; 4) as propostas de investigações futuras, onde buscamos, a partir de possíveis contribuições dos estudos que compõem essa tese, apontar perspectivas vindouras de pesquisas científicas no campo do conhecimento que investigamos; 5) o orçamento e os custos do projeto.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 MUDANÇAS CLIMÁTICAS GLOBAIS: BASES TEÓRICAS E O CENÁRIO DAS REGIÕES SEMIÁRIDAS, COM ÊNFASE NO NORDESTE BRASILEIRO

A ciência do clima tem como principal objeto de estudo as condições da atmosfera à longo prazo, bem como os seus principais fatores moduladores, dentre os quais o mais relevante é a radiação solar, responsável pelo aquecimento da superfície terrestre e da atmosfera (ROHLI; VEGA, 2017). Aproximadamente metade da radiação solar que chega à Terra (radiação ultravioleta) é absorvida pela superfície terrestre e convertida em calor (radiação infravermelha). Em relação à outra metade: uma parte é refletida para o espaço; e a outra é absorvida pela atmosfera, principalmente pelas partículas de vapor d'água, poeira, ozônio e dióxido de carbono (MARGULIS, 2020).

O dióxido de carbono (CO₂) é um gás de baixa densidade em relação a outros gases componentes da atmosfera, de dissolução muito lenta (o que faz com que uma alta concentração sua se acumule na atmosfera em uma grande escala temporal, que pode chegar até a 200 anos) e está localizado na chamada “alta atmosfera” (considerada a região mais importante no controle da radiação solar refletida para o espaço). Por isso, constitui um componente-chave responsável pela absorção da radiação terrestre, embora ele corresponda a uma proporção relativamente pequena na atmosfera: aproximadamente 0,04% do total (MARGULIS, 2020). Dessa forma, aumentar a concentração de CO₂ na atmosfera faz com que uma concentração maior de radiação solar seja retida pela atmosfera, aumentando a energia total absorvida pelo sistema terrestre e, conseqüentemente, a sua temperatura: é o chamado efeito estufa (ROHLI; VEGA, 2017).

Além do CO₂, há outros gases causadores do efeito estufa (GEE), cujos efeitos são ainda mais fortes. Os principais são: o metano (CH₄), cujo potencial de efeito estufa (GWP, do inglês *Global Warming Potential*) é 21 vezes maior que o do CO₂; o óxido nitroso (N₂O), cujo GWP é 310 vezes maior; e os gases fluorados, sendo os clorofluorcarbonos (CFC's) os mais conhecidos, cujo GWP é entre 140 e 23.900 maior, supondo o mesmo tempo de permanência na atmosfera que o CO₂ (SCHIMEL et al., 1996). No entanto, a relevância de cada um desses gases para o efeito estufa depende da sua concentração e do seu tempo de permanência na atmosfera, além do seu GWP. Dessa forma, uma vez que a concentração de CO₂ é muito superior à dos outros GEE, no saldo final, proporcionalmente ele é o principal responsável pelo

efeito estufa sendo, por isso, o gás mais enfatizado nas discussões acerca do aquecimento global (SCHIMMEL et al., 1996).

As principais fontes de emissões de CO₂ para a atmosfera são os desmatamentos, responsáveis pela emissão anual de aproximadamente 3,5 Gt; e as queimas de combustíveis fósseis, principalmente petróleo e carvão mineral, responsáveis pela emissão anual de 34,1 Gt. O evento considerado o “marco zero” do problema das emissões de carbono na atmosfera em proporções mais preocupantes foi a Revolução Industrial, a partir da segunda metade do século XVII (ALLEN et al., 2018). No entanto, diversas evidências apontam que essas proporções atingiram uma escala mais acelerada e crescente a partir da segunda metade do século XX, devido, principalmente, ao crescimento populacional (MARGULIS, 2020). Esse evento, por sua vez, se deve em grande parte aos processos movidos pela energia de baixo custo à base de petróleo e carvão, como expansão da industrialização e do setor de transportes, o que levou à um processo de expansão urbana em larga escala (ALLEN et al., 2018).

No último dia 9 de agosto de 2021, foi publicada a contribuição do Grupo de Trabalho I para o Sexto Relatório de Avaliação (AR6 WGI, do inglês *The Working Group I contribution to the Sixth Assessment Report*) do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), intitulado *Climate Change 2021: the Physical Science Basis* (Mudança Climática 2021: a Base da Ciência Física) (IPCC, 2021). Esse documento trouxe um panorama atualizado acerca do estado de conhecimento acerca da ciência climática a partir de uma análise detalhada das bases físicas das mudanças climáticas passadas e presentes, bem como das projeções futuras.

O AR6 WGI é ainda mais enfático, em relação aos relatórios anteriores do IPCC, quanto à influência inequívoca da ação humana no aquecimento do sistema climático, e que mudanças climáticas cada vez mais rápidas e disseminadas têm ocorrido pelo mundo (CHEN et al., 2021). Do aquecimento de 1,09°C observado atualmente (2011-2020) em comparação com o período pré-industrial (1850-1900), estima-se que 1,07°C é oriunda de ações humanas como provavelmente deriva de ações humanas (como a queima de combustíveis fósseis e o desmatamento), ou seja, praticamente a sua totalidade. Consequentemente, atingimos as maiores concentrações de GEE (como CO₂, CH₄ e N₂O) em 800 mil anos: se considerarmos somente as concentrações de CO₂, elas são as maiores em pelo menos 2 milhões de anos (CHEN et al., 2021). Dessa forma, as taxas de aquecimento global têm se intensificado cada vez mais (a maior em pelo menos 2000 anos), fazendo com que a maior parte do planeta, incluindo regiões semiáridas, já estejam experimentando progressivamente um aumento na frequência, intensidade e duração dos extremos de calor (SENEVIRATNE et al., 2021). Um aumento de

1,5°C na temperatura média global até a década de 2030 implicaria em dias mais quentes do verão com temperaturas até 3°C acima das máximas atuais em grande parte do território brasileiro e, no caso particular das regiões semiáridas, causaria um aumento expressivo do número de dias com temperaturas acima dos 40°C (DOBLAS-REYES et al., 2021; LEE et al., 2021).

De acordo com a última atualização da Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), o Semiárido Brasileiro possui uma área de 1.128.697 Km² que abrange 1.262 municípios e abriga 27.870.241 habitantes, dos quais 28% são trabalhadores rurais que vivem da agricultura de subsistência (SUDENE, 2017). A região abrange a área seca mais densamente povoada no mundo, cuja recorrência de eventos climáticos extremos, principalmente secas, é muito alta com projeções de aumentos ainda maiores (MARENGO et al., 2020; SENEVIRATNE et al., 2021). Secas correspondem a períodos prolongados, em meses ou anos, nos quais há uma baixa nos índices de pluviosidade e um aumento nos níveis de evapotranspiração, em relação à média. Suas ocorrências podem estar relacionadas a fenômenos como o El Niño (aquecimento das águas oceânicas) e o “dipolo” do Atlântico Tropical (aquecimento e esfriamento das águas do Atlântico Norte e Sul Tropical) (BRITO et al., 2017; HASTENRATH, 2012; MARENGO et al., 2020). Trata-se de um fenômeno climático cuja precisão é difícil de ser mensurada, uma vez que o seu início é lento: o déficit de precipitação pode demorar meses para dar os primeiros indícios, como déficit hídrico (redução dos fluxos de riachos e dos níveis de reservatórios, por exemplo) e na umidade do solo. Da mesma maneira, também é difícil precisar quando um período de seca termina, uma vez que os seus impactos, especialmente aqueles relacionados à escassez hídrica, podem persistir por meses ou anos, mesmo após a normalização das condições de chuva (KCHOUK et al., 2021; UNDRR, 2021; WHITE; WALCOTT, 2009; WILHITE, 2000; WILHITE; SVOBODA; HAYES, 2007).

Há registros documentados de secas no Nordeste Brasileiro a partir de meados do século XVI (LIMA; MAGALHÃES, 2018; MAGALHÃES, 2016; MARENGO et al., 2018, 2019, 2020; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). Antes desse período, quando a ocupação humana no interior da região ainda não tinha atingido grandes proporções, não havia grandes problemas em relação aos impactos causados pelas secas, pois a Caatinga (ecossistema predominante) era naturalmente adaptada às variações climáticas sazonais. No entanto, à medida que os colonizadores ocuparam o sertão e começaram a modificar a paisagem, desmatando para construir fazendas destinadas à criação de gado e produção de alimentos, a

vulnerabilidade da região às secas, cada vez mais extremas, foram aumentando exponencialmente (LIMA; MAGALHÃES, 2018; MAGALHÃES, 2016). A seca mais severa já registrada na região ocorreu de 1877 à 1879, quando metade da população local, assim como quase todo o rebanho bovino, foi dizimada. Antes desse período, houveram outros registros de grandes períodos de secas, sempre associados ao aumento da densidade de ocupação dos colonizadores no interior do Nordeste Brasileiro (MAGALHÃES, 2016). Outros grandes períodos de secas se seguiram desde então, como 1900, 1915, 1919, 1932, 1958, 1979-83, 1987, 1990, 1992-1993, 1997-1998, 2002-2003 e 2010-2015 (ver Tabela 1).

Tabela 1. Histórico de períodos de secas na Região Nordeste do Brasil.

| Século XVI | Século XVII | Século XVIII | Século XIX | Século XX | Século XXI |
|------------|-------------|--------------|------------|-----------|------------|
| 1583 | 1603 | 1707 | 1804 | 1900 | 2001-2002 |
| 1587 | 1608 | 1710-1711 | 1808-1809 | 1902-1903 | 2005-2007 |
| | 1614 | 1721-1727 | 1810 | 1907 | 2010 |
| | 1624 | 1730 | 1814 | 1915 | 2012-2018 |
| | 1645 | 1736-1737 | 1816-1817 | 1919 | |
| | 1652 | 1744-1747 | 1824-1825 | 1932-1933 | |
| | 1692 | 1751 | 1827-1829 | 1936 | |
| | | 1754 | 1830-1833 | 1941-1944 | |
| | | 1760 | 1844-1845 | 1951-1953 | |
| | | 1766 | 1870 | 1958 | |
| | | 1771-1772 | 1877-1879 | 1966 | |
| | | 1777-1778 | 1888-1889 | 1970 | |
| | | 1783-1784 | 1891 | 1976 | |
| | | 1791-1793 | 1897-1899 | 1979-1981 | |
| | | | | 1982-1983 | |
| | | | | 1986-1987 | |
| | | | | 1990-1993 | |
| | | | | 1997-1998 | |

Fonte: Adaptado de Marengo et al. (2020).

As projeções climáticas futuras apontam para eventos de secas cada vez mais severos, com durações, intensidades e extensões geográficas cada vez maiores (DAI, 2011; DOBLAS-REYES et al., 2021; LEE et al., 2021; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017). No entanto, a severidade de uma seca depende também, em grande parte, da vulnerabilidade do sistema socioecológico aos riscos oriundos do evento, a qual, por sua vez, está relacionada à fatores

como composição da vegetação, atividades humanas exercidas e oferta de água. Isso significa que secas ocorrentes em uma mesma região poderão ter efeitos diferentes, mesmo que similares em termos de intensidade, duração e escalas espaciais (CUNHA et al., 2019; DAI, 2011).

No caso do Nordeste do Brasil, a região semiárida concentra a maior proporção de pessoas que vivem em condições de pobreza no país, sendo que muitas delas têm na agricultura de subsistência a sua principal fonte de renda (CAMPOLI et al., 2020; DANTAS; DA SILVA; SANTOS, 2020). Dessa forma, um clima mais quente e, conseqüentemente, secas mais severas implicarão inevitavelmente em uma insegurança alimentar, hídrica e energética cada vez maior, além da incidência de riscos à saúde humana (RINGLER; JU; GUNZBURGER, 2008; ROSSIELLO; SZEMA, 2019; TRENBERTH, 2011). Em suma, os eventos de seca estão associados à graves perdas econômicas e sociais globais, uma vez que agricultura e as economias de terras áridas são altamente sensíveis à variabilidade climática (DANTAS; DA SILVA; SANTOS, 2020; MARENGO et al., 2020).

Considerando um cenário futuro no qual o aquecimento global exceda 4 ° C acima dos níveis pré-industriais (um risco cuja probabilidade não pode ser descartada), as secas, e suas implicações adversas associadas, seriam ainda mais comuns, intensas e severas nas regiões áridas e semiáridas (MARENGO et al., 2020; WORLD BANK, 2012). Urge, pois, a necessidade cada vez maior da implementação de políticas de adaptação eficazes visando lidar com os impactos oriundos desses fenômenos climáticos extremos, bem como as suas implicações na pobreza nessas regiões (BRITO et al., 2017; DANTAS; DA SILVA; SANTOS, 2020; MARENGO et al., 2019, 2020; MARENGO; TORRES; ALVES, 2017; MARTINS et al., 2015).

2.2 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E CONHECIMENTO ECOLÓGICO LOCAL

Como consequência direta das mudanças climáticas nos ecossistemas tropicais sazonalmente secos, os recursos naturais ofertados localmente são diretamente impactados (MILES et al., 2006), atingindo também as populações humanas que dependem diretamente destes para a sua sobrevivência. Por outro lado, a relação direta com os recursos naturais pode também levá-las a perceber mais rapidamente as modificações que ocorrem no ecossistema local, assim como os riscos relacionados (REYES-GARCÍA et al., 2007; SIEBER; MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2011). Conseqüentemente, essas pessoas tendem a buscar

estratégias de adaptação⁶ aos impactos negativos causados pelos fenômenos ambientais (BOILLAT; BERKES, 2013).

Conforme Smit e Wandel (2006), dentro de um cenário de mudanças ambientais, as respostas aos riscos correspondem a meios para reagir ou ajustar, coletiva ou individualmente, a situações que oferecem fragilidade ao sistema. É pertinente ressaltar que a maneira como os riscos são percebidos⁷ e avaliados pelos indivíduos podem determinar as estratégias a serem seguidas para o melhor aproveitamento dos recursos naturais, assim como demais julgamentos e decisões que podem interferir diretamente no seu modo de vida (SILVA et al., 2014).

Inúmeros estudos têm apontado que, em geral, observações ambientais feitas por populações humanas partem do conhecimento ecológico local, desenvolvido durante as experiências individuais e/ ou coletivas com o meio natural (ALTIERI; NICHOLLS, 2017; BERKES, 2009; BYG; SALICK, 2009; FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015; GARCÍA-DEL-AMO; MORTYN; REYES-GARCÍA, 2020; REYES-GARCÍA et al., 2016). Esse sistema de conhecimento, fruto de uma longa história de interação das populações humanas locais com o seu ambiente, têm auxiliado essas pessoas a lidarem com as implicações adversas oriundas de eventos climáticos extremos, o que lhes possibilita adaptar suas atividades diárias às mudanças das condições climáticas (BOILLAT; BERKES, 2013).

Embora, a partir da Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB) de 1992 e da Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas de 2007 o conhecimento ecológico local tenha ganhado notoriedade nas esferas internacionais enquanto fonte válida de conhecimento, fazer essa transposição para as esferas regionais não tem sido uma tarefa simples (BUENAVISTA; WYNNE-JONES; MCDONALD, 2018; GARCÍA-DEL-AMO; MORTYN; REYES-GARCÍA, 2020; REYES-GARCÍA et al., 2021). Isso se deve, em grande parte, ao ceticismo de parte da comunidade científica quanto à validade potencial do conhecimento ecológico local, sob os argumentos de que: diversos impactos das mudanças climáticas são difíceis de serem detectados sem as bases científicas adequadas (CRAMER et al., 2014; HOWE; LEISEROWITZ, 2013); a natureza regional do conhecimento ecológico local dificulta sua extrapolação (BRIGGS, 2013); as diferenças epistemológicas entre os sistemas de

⁶ Smit et al. (2000, p. 225), no contexto de mudanças climáticas, referem-se a adaptações como “ajustes em sistemas socioecológico-econômicos em resposta a estímulos climáticos reais ou esperados, seus efeitos ou impactos”.

⁷ Percepção de riscos pode ser compreendido como o conjunto de conhecimentos, sentimentos, crenças e atitudes de uma pessoa ou de uma população humana referente à avaliação de um risco (NEWBY, 1997; PIDGEON, 1998).

conhecimento (científico e ecológico local) são obstáculos para o diálogo entre ambos (ADGER et al., 2013).

Por outro lado, muitos outros cientistas começaram a incluir o conhecimento ecológico local em suas pesquisas sobre mudanças climáticas, principalmente em avaliações de vulnerabilidade, estratégias adaptativas e elaboração de planos de ação, possibilitando, também, antecipar os impactos negativos futuros das mudanças climáticas (UNDRR, 2009, 2021). Diversos estudos têm demonstrado, por exemplo, que por meio do conhecimento ecológico local é possível captar alterações nas condições climáticas locais, bem como seus impactos nos sistemas físicos e biológicos dos quais os meios de subsistência dependem (FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015) e avaliar a sobreposição entre informações locais e científicas acerca das tendências de temperatura e precipitação (KLEIN et al., 2014; OYERINDE et al., 2015). Dessa forma, percebemos que os sistemas de conhecimento podem ser complementares em termos de informações válidas.

Os insights possibilitados pelo conhecimento ecológico local podem enriquecer a disponibilidade de informações em regiões com déficit de dados, bem como possibilitar a predição das mudanças climáticas extremas, de forma que as comunidades locais possam otimizar o seu tempo a fim de avaliar as melhores respostas adaptativas para esses fenômenos (GARCÍA-DEL-AMO; MORTYN; REYES-GARCÍA, 2020; HANAZAKI et al., 2013; REYES-GARCÍA et al., 2016, 2021). Entendemos, pois, que as pesquisas devem considerar eventos ambientais que podem ser perceptíveis durante a trajetória de experiências humanas, uma vez que as pessoas desenvolvem práticas para agirem diante de riscos percebidos no ambiente local (VIDES-ALMONACID, 2014). Estes, por sua vez, correspondem a mecanismos relevantes para a compreensão e interpretação de como as sociedades humanas acompanham e agem diante das mudanças ambientais (BOILLAT; BERKES, 2013; HOFSTEDE, 2014).

2.3 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E PERCEPÇÃO DE RISCO

Vivemos em um cenário onde eventos de mudanças climáticas extremas são cada vez mais constantes, potencializando as desigualdades sociais históricas no mundo, especialmente nas regiões periféricas e semiáridas, e pondo os meios de subsistência em condição de escassez e/ ou de inacessibilidade pelas pessoas menos favorecidas (CAMPOS; VELÁZQUEZ; MCCALL, 2014; MILES et al., 2006; PENNINGTON; LEWIS; RATTER, 2006). Segundo o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a complexidade de situações de

riscos socioambientais tendem a aumentar e a ficarem mais difíceis de serem antecipadas, avaliadas e comunicadas (LAVELL et al., 2012), o que pode causar efeitos adversos para todas as pessoas, sobretudo se considerarmos esse cenário atual de aumento de eventos climáticos extremos (IPCC, 2007; LAVELL et al., 2012; WMO, 2020).

Pesquisas mostram que, embora o enfrentamento aos riscos possa ser influenciado pelo grau de incerteza em relação a eles (BECK, 2010), as mudanças climáticas tendem a potencializar as desigualdades sociais e o grau de vulnerabilidade das populações que possuem menos recursos para lidar com essas adversidades, especialmente pequenos agricultores residentes em regiões semiáridas (BANERJEE, 2014; DHANYA; RAMACHANDRAN, 2016). Nesse contexto, pesquisas têm buscado investigar como as pessoas percebem a sua biota, e as situações de riscos que afetam o seu modo de vida, como as respondem, quais os limites dessas respostas e quais as possibilidades diante desses cenários (ARKU, 2013; ARKU; ARKU, 2010; CAMPOS; VELÁZQUEZ; MCCALL, 2014; OLIVEIRA et al., 2017; RODRIGUEZ; EAKIN; DE FREITAS DEWES, 2017; SIEBER; MEDEIROS; ALBUQUERQUE, 2011).

A percepção humana é processada por um conjunto de fatores internos, ou filtros sensoriais, sendo imprescindível para a sobrevivência humana, uma vez que nos possibilita captar e sentir o mundo que nos cerca (BELL, 2001). Embora não haja um consenso acadêmico quanto as abordagens sobre a percepção ambiental, uma vez que há diferentes pressupostos conceituais, disciplinares e metodológicos envolvidos (SILVA; CHAVES; ALBUQUERQUE, 2016), podemos considerar que a percepção ambiental faz menção ao conjunto de informações locais sobre alterações nas paisagens e na abundância dos recursos naturais pressionados por eventos naturais e/ ou antrópicos, e no modo de vida das pessoas, como uso e manejo desses recursos (SIEBER et al., 2014; SILVA et al. 2012; 2014; SANTOS et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2015; CAMPOS et al., 2018).

Os efeitos gerados por muitas dessas mudanças no modo de vida das pessoas podem ser percebidos como riscos, que correspondem a circunstâncias potencialmente desfavoráveis ou prejudiciais (SMITH; BARRETT; BOX, 2000) ou à probabilidade de que um efeito adverso oriundo de um evento ambiental ocorra (UNDRR, 2009). Logo, a percepção de risco também pode ser utilizada como uma forma de se antecipar diante do perigo iminente de uma mudança, possibilitando o desenvolvimento de respostas adaptativas para lidar com os potenciais impactos.

A literatura aponta dois indicadores pelos quais a percepção do risco pode ser avaliada: a incidência e a severidade dos riscos (SMITH; BARRETT; BOX, 2000). Entanto a incidência

mede a proporção de pessoas em um grupo cultural que identificaram um risco específico, a severidade mede o potencial que esse risco possui de impactar o modo de vida das pessoas (BAIRD; LESLIE; MCCABE, 2009; QUINN et al., 2003; SMITH; BARRETT; BOX, 2000). A análise da incidência e da severidade dos riscos possibilita, por exemplo, a elaboração de mapas de riscos com temas e contextos sociais diversos (BAIRD; LESLIE; MCCABE, 2009), permitindo que o pesquisador avalie a ocorrência e o potencial que um determinado risco possui de afetar a vida das pessoas (MAGALHÃES et al., 2019; SILVA et al., 2014).

Embora diversas áreas do conhecimento científico, como a Etnobiologia, inclusive, venham apresentando estudos usando a tanto a percepção ambiental como a percepção de risco para avaliar as condições atuais do ambiente a partir do conhecimento ecológico local (FERNÁNDEZ-LLAMAZARES et al., 2015; OLIVEIRA et al., 2017; PYHÄLÄ et al., 2016; QUINN et al., 2003), ainda há muitas lacunas a serem preenchidas. Acessar a percepção de risco das pessoas, por exemplo, pode ser uma estratégia muito eficiente visando: 1) a conservação dos recursos naturais, uma vez que as pessoas tendam a modificar determinadas situações acessadas a partir do momento em que começam a vislumbrar o problema, emergindo, assim, a vontade de solucioná-lo (SILVA; CHAVES; ALBUQUERQUE, 2016); 2) avaliar o desenvolvimento de projetos com alta probabilidade de causar impactos ambientais (MENG et al., 2013); 3) avaliar as percepções de risco em relação à saúde humana, uma vez que ela pode auxiliar na identificação de práticas e saberes que indivíduos e grupos sociais tendem a adotar para lidar com doenças e a proliferação de enfermidades (BUSTER et al., 2012; FERREIRA JR. et al., 2015; SANTORO et al., 2015).

2.4 EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NOS AGROECOSSISTEMAS

A agricultura de subsistência tem sido uma das áreas mais impactadas pelo avanço e pela severidade das mudanças climáticas, sobretudo na segurança alimentar das populações humanas mais vulneráveis (IPCC, 2014). O alto grau desses impactos têm despertado a atenção de cientistas e de gestores governamentais, tornando essa temática o foco de diversas pesquisas na atualidade (ARKU, 2013; ARKU; ANGMOR; ADJEI, 2017; ARKU; ARKU, 2010; BANERJEE, 2014). Segundo dados da Organização das Nações Unidas (ONU), até o ano de 2050 a população mundial estará entre 7,4 e 11,3 bilhões de habitantes (LEONI; RADFORD; SCHULMAN, 2011). Consequentemente, um dos maiores dilemas que o mundo enfrentará nas próximas décadas é garantir segurança alimentar e nutricional à população mundial

(VANHOVE; VAN DAMME, 2011), em um contexto de alterações climáticas cada vez mais intensas, vulnerabilizando cada vez mais os agroecossistemas⁸ (LAVELL et al., 2012). Assim, reduzir riscos em relação à segurança alimentar frente às mudanças do clima é um dos maiores desafios do século 21 (CAMPBELL et al., 2016), o que reforça a necessidade acerca do entendimento de como agricultores têm reagido nesse contexto.

Diversas observações têm sido feitas em relação aos impactos das mudanças climáticas na produção de alimentos e na segurança alimentar e nutricional, principalmente em países pouco desenvolvidos do continente africano, asiático e da América Latina, onde a insegurança alimentar ainda prevalece (VANHOVE; VAN DAMME, 2011). Segundo dados recentes da Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO), a fome na América Latina e na região do Caribe atingiu 47,7 milhões de pessoas no ano de 2019 – o que correspondeu ao quinto ano consecutivo de aumento da fome nessas regiões – e estima-se que pelo menos 9% dessa população total sofra de grave insegurança alimentar, ou seja, as pessoas ficam sem comer durante um dia ou até mesmo vários dias (FAO et al., 2020). No entanto, as projeções são ainda mais assustadoras: até o ano de 2030, a fome, estimada a partir da quantidade de pessoas que não ingerem calorias suficientes para manter uma vida saudável e ativa, tende a afetar aproximadamente 67 milhões de pessoas. Vale ressaltar que essas projeções não consideram os efeitos da pandemia do COVID-19 na segurança alimentar, o que sugere que as estimativas poderão ser ainda mais emergentes (FAO et al., 2020).

No Brasil, os efeitos do clima na segurança alimentar têm sido evidenciados principalmente na diminuição da produtividade agrícola no sistema da agricultura familiar em decorrência do prolongamento dos períodos de secas (IPCC, 2007) em regiões semiáridas, mais vulneráveis às mudanças climáticas. Uma vez que essas áreas são ocupadas potencialmente por agricultores familiares, limitados economicamente, faz-se imprescindível a identificação dos riscos enfrentados pelos agricultores, no intuito de contribuir para a melhoria da sua capacidade adaptativa diante das questões envolvendo as alterações climáticas globais da atualidade. Na literatura científica, há diferentes abordagens no que concerne a adaptação dos agroecossistemas às mudanças climáticas. Howden et al. (2007), por exemplo, defendem intervenções diretas em sistemas agrícolas; enquanto Easterling et al. (2007) apontam intervenções e mudanças de estruturas sociais e institucionais como medidas para melhorar a produtividade dos sistemas agrícolas e, conseqüentemente, a segurança alimentar.

⁸ Um agroecossistema pode ser definido como um ecossistema estabelecido e manipulado regularmente por seres humanos para a produção de plantas e animais úteis (GLIESSMAN, 2015; MARTIN; SAUERBORN, 2013).

Estudos diversos têm focado a capacidade adaptativa de agricultores tradicionais às variações do clima (CAMPOS; VELÁZQUEZ; MCCALL, 2014; DI GREGORIO et al., 2017; MARDERO et al., 2015; NYANTAKYI-FRIMPONG; BEZNER-KERR, 2015; NYONG; ADESINA; ELASHA, 2007). Estas, por sua vez, dependem de um amplo conjunto de variáveis ambientais, históricas, socioeconômicas e institucionais específicas que atuam conjuntamente (BELOW et al., 2012; CUTTER et al., 2008), bem como da intensidade dos impactos refletidos na comunidade (VIDES-ALMONACID, 2014).

Chijioke, Haile e Waschkeit (2011), em um estudo acerca do efeito das mudanças climáticas na produção agrícola e na acessibilidade alimentar na África Sub-Saariana, observaram que os agricultores da região, apesar de perceberem os impactos negativos no sistema agrícola em decorrência das mudanças climáticas, têm seus mecanismos adaptativos limitados por fatores socioeconômicos, tais como a falta de educação e o acesso inadequado à infraestrutura e aos mercados. Campos, Velázquez e McCall (2014), em um estudo realizado com agricultores familiares em uma área rural do México, também notaram que variáveis socioeconômicas, como baixo poder aquisitivo, limitavam o uso de estratégias mais eficientes no combate aos efeitos negativos das mudanças ambientais em seus pomares, deixando-os mais vulneráveis aos efeitos. Nota-se, pois, que fatores de naturezas diversas – socioeconômicas, culturais e ambientais – aliados à intensidade dos impactos, podem interferir nas leituras dos efeitos pelos atores sociais e nos mecanismos adaptativos utilizados pela população local em decorrência dos riscos desencadeados pelas mudanças climáticas em sistemas socioecológicos.

Pesquisas apontam que mesmo sistemas agrícolas próximos geograficamente podem ser impactados diferentemente pelas mudanças no clima, gerando efeitos negativos também diferentes no sistema socioecológico, o que pode causar, também, variações nos mecanismos adaptativos (BERKES; JOLLY, 2002; IFEJIKI SPERANZA, 2010; JACOBI et al., 2013). A própria estrutura do agroecossistema pode ser uma determinante nesse sentido. Jacobi et al. (2013), por exemplo, notou, entre produtores de cacau em Alto Beni (Bolívia), que sistemas agrícolas estruturados com agroflorestas sucessionais resistem melhor aos efeitos das alterações climáticas, em detrimento às agroflorestas convencionais que, por sua vez, exibem maior resiliência do que os monocultivos de cacau. Tal dado sugere que quanto mais heterogênea for a conformação do sistema agroflorestral, mais resiliente ele será aos impactos oriundos das mudanças climáticas.

Outros estudos indicam, também, que o manejo inadequado do solo e da água pode influenciar na vulnerabilidade do agroecossistema, dificultando ações adaptativas para mitigar

os efeitos nocivos das variações climáticas. Perez-Marin et al. (2012) avaliam que em áreas naturalmente mais vulneráveis, fatores antrópicos diversos aliados aos efeitos em cadeia das mudanças climáticas geraram grandes núcleos de desertificação. Rito et al. (2017), em pesquisa recente realizada no Parque Nacional do Catimbau (PE), apontaram a precipitação como um fator condicionante do efeito da perturbação antrópica na vegetação da caatinga local. De fato, mudanças climáticas bruscas, como longos períodos de secas, pode limitar a sobrevivência de árvores em florestas secas, levando, por exemplo, ao surgimento de áreas arbustivas ou de pastagens (ANDERSON-TEIXEIRA et al., 2013), inferindo negativamente na produção agrícola local.

Embora a literatura científica aponte os fatores outrora mencionados como condicionantes na vulnerabilidade e na capacidade adaptativa às mudanças climáticas, poucos estudos se propuseram até então a testá-los conjuntamente, visando as variáveis com influência mais significativa. Esse tipo de abordagem se faz ainda mais pertinente no contexto de uma região de alta vulnerabilidade como o semiárido brasileiro.

2.5 EFEITO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA SAÚDE HUMANA

As mudanças no clima, uma realidade inquestionável e cada vez mais crescente, têm afetado cada vez mais a dinâmica do ar e da oferta de água e de alimentos, que são os principais fatores condicionantes da saúde humana. Além disso, elas atuam direcionando a frequência de ondas de calor, inundações e tempestades (WHO, 2009). As consequências dessa incidência cada vez maior de eventos extremos de mudanças climáticas para a saúde humana podem incluir desde doenças e mortalidades relacionadas às ondas de calor, até infecções transmitidas pela água e por vetores, doenças respiratórias e doenças mentais (KJELLSTROM; MCMICHAEL, 2013; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; YOUNGER et al., 2008).

Espera-se um aumento de até 250.000 mortes entre os anos de 2030 e 2050 em decorrência dos impactos das mudanças climáticas sobre a saúde humana (WATTS et al., 2015). Dessa forma, podemos afirmar que as mudanças climáticas representam ameaças globais significativas à saúde humana, um perigo iminente cujas projeções são assustadoras, o que tem sido cada vez mais documentado em pesquisas científicas (AUSTIN et al., 2020; COSTELLO et al., 2009; HAYES et al., 2018; MCMICHAEL; WOODRUFF; HALES, 2006; WATTS et al., 2015, 2018). As alterações no clima afetam a saúde humana por, pelo menos, três vias: impactos diretos, relacionados principalmente com mudanças na frequência de condições

climáticas não-sazonais, como secas e chuvas intensas; efeitos mediados por sistemas naturais, como vetores de doenças e infecções transmitidas pela poluição da água e do ar; e efeitos mediados por sistemas humanos, como impactos ocupacionais, desnutrição e estresse mental (SMITH et al., 2014; WATTS et al., 2018).

Segundo dados da Organização Mundial da Saúde, anualmente, aproximadamente 2,2 milhões de pessoas no mundo morrem em decorrência de doenças causadas por questões ligadas à falta de saneamento básico adequado, as quais podem aumentar com as mudanças climáticas (WHO, 2009). O aumento das temperaturas anuais ao longo do tempo tem causado modificações nos regimes de precipitações, aumentando os níveis de chuva em algumas regiões (WHO, 2009), o que favorece a reprodução de vetores de doenças infecciosas, como malária, leishmaniose, giardíase, tripanossomíase e esquistossomose (PATZ et al., 2000). A alta pluviosidade favorece, também, a transmissão de patógenos presentes em água contaminada, levando a um aumento de percepção de doenças como cólera (RAHMAN; MOHAMAD; ZARIM, 2014) e diarreia (EL-FADEL et al., 2012).

As causas da vulnerabilidade de um determinado sistema socioecológico em relação à percepção de doenças associadas às mudanças climáticas podem variar bastante a depender do cenário em questão. Problemas relacionados ao armazenamento ou manipulação de alimentos, por exemplo, podem ser os pontos críticos em diversos lugares (KOVATS et al., 2004; KOVATS; HAJAT, 2008). Berry, Bowen e Kjellstrom (2010) documentaram que a severidade da seca na Austrália está relacionada à distúrbios psíquicos nas populações rurais ou que vivem em áreas mais remotas. Ainda na Austrália, Zhang, Bi e Hiller (2010) apontaram a relação entre temperaturas elevadas e o aumento da percepção de intoxicação alimentar por salmonelas em regiões tropicais e subtropicais do país. Em suma, inúmeras evidências apontam que as regiões mais áridas tendem a sentir os impactos das mudanças climáticas com maior intensidade, tornando-as mais vulneráveis à percepção de doenças e infecções, principalmente aquelas causadas pela ingestão de alimentos contaminados (WHO, 2009).

A vulnerabilidade de sistemas socioecológicos às enfermidades relacionadas as variações no clima também podem ser condicionadas por fatores geográficos, como a localização das áreas de estudo. Kjellstrom, Lemke e Otto (2013), por exemplo, em um estudo de levantamento realizado entre populações humanas do sudeste asiático, demonstraram que pessoas que trabalham ao ar livre, em lugares cujas temperaturas são as mais quentes do ano, tendem a ser mais afetadas pelas temperaturas elevadas, em detrimento aos trabalhadores que habitam regiões mais frias. Outros levantamentos apontam que populações humanas que

habitam zonas urbanas inseridas em ilhas de calor estão mais propícias a contraírem problemas de saúde em decorrência a eventos relacionados ao calor extremo (STONE; HESS; FRUMKIN, 2010; UEJIO et al., 2011). Por outro lado, conforme mencionamos anteriormente, o aumento da pluviosidade favorece a propagação de doenças infecciosas, como a malária e a leishmaniose (PATZ et al., 2000) e a cólera (RAHMAN; MOHAMAD; ZARIM, 2014).

Associado à busca da compreensão de como as mudanças no clima interferem na percepção de doenças, é imprescindível avaliar a percepção das populações humanas nesse contexto, uma vez que as pessoas tendem a desenvolver saberes e práticas relacionadas à saúde e a propagação de enfermidades, formando os sistemas médicos locais (FERREIRA JR. et al., 2015). De fato, muitas pessoas que residem em regiões mais suscetíveis à incidência de doenças têm desenvolvido estratégias no intuito de minimizar seus efeitos. Estomba, Ladio e Lozada (2006), por exemplo, documentaram 268 usos medicinais de plantas nativas e exóticas na comunidade rural de Curruhuinca (Argentina), para o tratamento de inflamações e de doenças digestórias. Santoro et al. (2015), por sua vez, evidenciaram uma grande variedade de plantas medicinais conhecidas para o tratamento de doenças altamente percebidas em duas comunidades rurais no nordeste brasileiro. Dessa forma, podemos inferir que os sistemas médicos locais, uma vez que possuem sensibilidade às incidências das doenças diante das mudanças no clima, podem responde-las por meio de estratégias adaptativas.

REFERÊNCIAS

- ADGER, W. N. et al. Cultural dimensions of climate change impacts and adaptation. **Nature Climate Change**, v. 3, p. 112–117, 2013.
- ALBUQUERQUE, U. P. et al. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. **The Scientific World Journal**, v. 2012, p. 1–18, 2012.
- ALBUQUERQUE, U. P. et al. Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data. In: ALBUQUERQUE, U. P. et al. (Eds.). **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. New York: Springer Protocols Handbooks, 2014. p. 15–37.
- ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; LINS NETO, E. M. F. Selection of Research Participants. In: ALBUQUERQUE, U. P. et al. (Eds.). **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. New York: Springer Protocols Handbooks, 2014. p. 1–13.
- ALLEN, M. R. et al. Framing and Context. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). **Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of**

1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change. [s.l.]

Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2018.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. The adaptation and mitigation potential of traditional agriculture in a changing climate. **Climatic Change**, v. 140, p. 33–45, 2017.

ANDERSON-TEIXEIRA, K. J. et al. Altered dynamics of forest recovery under a changing climate. **Global Change Biology**, v. 19, p. 2001–2021, 2013.

ARKU, F. S. Local creativity for adapting to climate change among rural farmers in the semi-arid region of Ghana. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 5, n. 4, p. 418–430, 2013.

ARKU, F. S.; ANGMOR, E. N.; ADJEI, G. T. Perception and responses of traders to climate change in downtown, Accra, Ghana. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 9, n. 1, p. 56–67, 2017.

ARKU, F. S.; ARKU, C. I cannot drink water on an empty stomach: a gender perspective on living with drought. **Gender & Development**, v. 18, n. 1, p. 115–124, 2010.

AUSTIN, E. K. et al. Concerns about climate change among rural residents in Australia. **Journal of Rural Studies**, v. 75, n. January, p. 98–109, 2020.

BAI, L. et al. Rapid warming in Tibet, China: Public perception, response and coping resources in urban Lhasa. **Environmental Health**, v. 12, n. 71, 2013.

BAIRD, T. D.; LESLIE, P. W.; MCCABE, J. T. The effect of wildlife conservation on local perceptions of risk and behavioral response. **Human Ecology**, v. 37, n. 4, p. 463–474, 2009.

BANERJEE, R. R. Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. **Natural Hazards**, v. 75, n. 3, p. 2829–2845, 2014.

BDE. **Perfil Municipal. Altinho**. Disponível em:

<<http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx>>. Acesso em: 9 nov. 2020.

BEAUJEAN, D. J. M. A. et al. Study on public perceptions and protective behaviors regarding Lyme disease among the general public in the Netherlands: implications for prevention programs. **BMC Public Health**, v. 13, n. 225, 2013.

BECK, U. Climate for change, or how to create a green modernity? **Theory, Culture & Society**, v. 27, n. 2–3, p. 254–266, 2010.

BELL, S. Landscape pattern, perception and visualisation in the visual management of

- forests. **Landscape and Urban Planning**, v. 54, p. 201–211, 2001.
- BELOW, T. B. et al. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? **Global Environmental Change**, v. 22, p. 223–235, 2012.
- BERKES, F. Indigenous ways of knowing and the study of environmental change. **Journal of the Royal Society of New Zealand**, v. 39, n. 4, p. 151–156, 2009.
- BERKES, F.; FOLKE, C. Linking social and ecological systems for resilience and sustainability. In: BERKES, F.; FOLKE, C. (Eds.). **Linking social and ecological systems: management practices and social mechanisms for building resilience**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1998. p. 1–25.
- BERKES, F.; JOLLY, D. Adapting to Climate Change: Social-Ecological Resilience in a Canadian Western Arctic Community. **Ecology and Society**, v. 5, n. 2, 2002.
- BERRY, H. L.; BOWEN, K.; KJELLSTROM, T. Climate change and mental health: a causal pathways framework. **International Journal of Public Health**, v. 55, p. 123–132, 2010.
- BHATTA, L. D. et al. Local knowledge based perceptions on climate change and its impacts in the Rakaposhi valley of Gilgit-Baltistan, Pakistan. **International Journal of Climate Change Strategies and Management**, v. 12, n. 2, p. 222–237, 2020.
- BOILLAT, S.; BERKES, F. Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity. **Ecology and Society**, v. 18, n. 4, p. 21, 2013.
- BRASIL. **Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências**. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos, 2000.
- BRIGGS, J. Indigenous knowledge: A false dawn for development theory and practice? **Progress in Development Studies**, v. 13, p. 231–243, 2013.
- BRITO, S. S. B. et al. Frequency, duration and severity of drought in the Semiarid Northeast Brazil region. **International Journal of Climatology**, v. 38, n. 2, p. 517–529, 2017.
- BRYAN, E. et al. Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. **Journal of Environmental Management**, v. 114, p. 26–35, 2013.
- BUENAVISTA, D. P.; WYNNE-JONES, S.; MCDONALD, M. Asian Indigeneity, Indigenous Knowledge Systems, and Challenges of the 2030 Agenda. **East Asian Community Review**, v. 1, p. 221–240, 2018.

- BUSTER, K. J. et al. Skin cancer risk perceptions: A comparison across ethnicity, age, education, gender, and income. **Journal of the American Academy of Dermatology**, v. 66, n. 5, p. 771–779, 2012.
- BUTLER, C. D.; HARLEY, D. Primary, secondary and tertiary effects of eco-climatic change: The medical response. **Postgraduate Medical Journal**, v. 86, p. 230–234, 2010.
- BYG, A.; SALICK, J. Local perspectives on a global phenomenon-Climate change in Eastern Tibetan villages. **Global Environmental Change**, v. 19, n. 2, p. 156–166, 2009.
- CAMPBELL, B. M. et al. Reducing risks to food security from climate change. **Global Food Security**, v. 11, p. 34–43, 2016.
- CAMPOLI, J. S. et al. The efficiency of Bolsa Familia Program to advance toward the Millennium Development Goals (MDGs): A human development indicator to Brazil. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 71, n. August 2019, 2020.
- CAMPOS, M.; VELÁZQUEZ, A.; MCCALL, M. Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. **Land Use Policy**, v. 38, p. 533–540, 2014.
- CHEN, D. et al. Framing, Context, and Methods. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021.
- CHIJOKE, O. B.; HAILE, M.; WASCHKEIT, C. Implication of Climate Change on Crop Yield and Food Accessibility in Sub - Saharan Africa. **Interdisciplinary Term Paper, ZEF Doctoral Studies Program**, p. 1–31, 2011.
- COSTELLO, A. et al. Managing the health effects of climate change. **The Lancet**, v. 373, n. 9676, p. 1693–1733, 2009.
- CRAMER, W. et al. Detection and attribution of observed impacts. In: FIELD, C. B. et al. (Eds.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, 2014. p. 979–1037.
- CRUZ, M. P. et al. "I eat the manofê so it is not forgotten": local perceptions and consumption of native wild edible plants from seasonal dry forests in Brazil. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 10, p. 45, 2014.
- CUNHA, A. P. M. A. et al. Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019.

Atmosphere, v. 10, n. 642, 2019.

CUTTER, S. L. et al. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. **Global Environmental Change**, v. 18, p. 598–606, 2008.

DAI, A. Drought under global warming: a review. **WIREs Climate Change**, v. 2, p. 45–65, 2011.

DANTAS, J. C.; DA SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G. Drought impacts, social organization, and public policies in northeastern Brazil: a case study of the upper Paraíba River basin. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 192, n. 317, 2020.

DE PEREZ, E. C. et al. Managing health risks in a changing climate: Red Cross operations in East Africa and Southeast Asia. **Climate and Development**, v. 7, n. 3, p. 197–207, 2015.

DHANYA, P.; RAMACHANDRAN, A. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. **Journal of Integrative Environmental Sciences**, v. 13, n. 1, p. 1–18, 2016.

DI GREGORIO, M. et al. Climate policy integration in the land use sector: Mitigation, adaptation and sustainable development linkages. **Environmental Science and Policy**, v. 67, p. 35–43, 2017.

DOBLAS-REYES, F. J. et al. Linking Global to Regional Climate Change. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021.

EASTERLING, W. E. et al. Food, fibre and forest products. In: PARRY, M. L. et al. (Eds.). **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2007. p. 273–313.

EL-FADEL, M. et al. Climate change and temperature rise: Implications on food- and water-borne diseases. **Science of the Total Environment**, v. 437, p. 15–21, 2012.

ESPINOSA, M. M.; BIESKI, I. G. C.; MARTINS, D. T. O. Sampling in Ethnobotanical Studies of Medicinal Plants. In: ALBUQUERQUE, U. P. et al. (Eds.). **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. New York: Springer Protocols Handbooks, 2014. p. 197–212.

ESTOMBA, D.; LADIO, A.; LOZADA, M. Medicinal wild plant knowledge and gathering patterns in a Mapuche community from North-western Patagonia. **Journal of**

Ethnopharmacology, v. 103, n. 1, p. 109–119, 2006.

FAO et al. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2020. Transforming food systems for affordable healthy diets**. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020.

FERNÁNDEZ-LLAMAZARES, Á. et al. Rapid ecosystem change challenges the adaptive capacity of local environmental knowledge. **Global Environmental Change**, v. 31, p. 272–284, 2015.

FERREIRA JR., W. S. et al. Resilience and adaptation in social-ecological systems. In: ALBUQUERQUE, U. P.; MEDEIROS, P. M.; CASAS, A. (Eds.). **Evolutionary Ethnobiology**. New York: Springer, 2015. p. 105–119.

FOSU-MENSAH, B. Y.; VLEK, P. L. G.; MACCARTHY, D. S. Farmers' perception and adaptation to climate change: A case study of Sekyedumase district in Ghana. **Environment, Development and Sustainability**, v. 14, n. 4, p. 495–505, 2012.

GARCÍA-DEL-AMO, D.; MORTYN, P. G.; REYES-GARCÍA, V. Including indigenous and local knowledge in climate research: an assessment of the opinion of Spanish climate change researchers. **Climatic Change**, v. 160, p. 67–88, 2020.

GARCÍA-MIRA, R.; REAL, J. E. Environmental perception and cognitive maps. **International Journal of Psychology**, v. 40, n. 1, p. 1–2, 2005.

GBETIBOUO, G. A. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: the case of the Limpopo Basin, South Africa. **International Food Policy Research Institute**, v. Discussion, n. Washington DC, 2009.

GEBRU, K. M. et al. Adoption of Road Water Harvesting Practices and Their Impacts: Evidence from a Semi-Arid Region of Ethiopia. **Sustainability (Switzerland)**, v. 12, n. 8914, 2020.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecology - The Ecology of Sustainable Food Systems**. Third ed. Boca Raton: CRC Press, 2015.

GONÇALVES, P. H. S. et al. Livelihood strategies and use of forest resources in a protected area in the Brazilian semiarid. **Environment, Development and Sustainability**, 2021.

HANAZAKI, N. et al. Evidence of the shifting baseline syndrome in ethnobotanical research. **Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine**, v. 9, n. 1, p. 1–11, 2013.

HANDLEY, T. E. et al. Self-reported contacts for mental health problems by rural residents: Predicted service needs, facilitators and barriers. **BMC Psychiatry**, v. 14, n. 249, p. 1–12, 2014.

- HAQUE, M. A. et al. Households' perception of climate change and human health risks: A community perspective. **Environmental Health: A Global Access Science Source**, v. 11, n. 1, 2012.
- HASTENRATH, S. Exploring the climate problems of Brazil's Nordeste: A review. **Climatic Change**, v. 112, n. 2, p. 243–251, 2012.
- HAYES, K. et al. Climate change and mental health: Risks, impacts and priority actions. **International Journal of Mental Health Systems**, v. 12, n. 1, p. 1–12, 2018.
- HOFSTEDE, R. Adaptación al cambio climático basada en los conocimientos tradicionales: una integración de la información recopilada en la iniciativa “El clima cambia, cambia tú también”. In: LARA, R.; VIDES-ALMONACID, R. (Eds.). . **Sabiduría y Adaptación: El Valor del Conocimiento Tradicional en la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur**. Quito, Ecuador: UICN, 2014. p. 59–79.
- HOWDEN, S. M. et al. Adapting agriculture to climate change. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, n. 50, p. 19691–19696, 2007.
- HOWE, P. D.; LEISEROWITZ, A. Who remembers a hot summer or a cold winter? The asymmetric effect of beliefs about global warming on perceptions of local climate conditions in the U.S. **Global Environmental Change**, v. 23, p. 1488–1500, 2013.
- HUANG, J. et al. Dryland climate change: Recent progress and challenges. **Reviews of Geophysics**, v. 55, p. 719–778, 2017.
- HUANG, J.; GUAN, X.; JI, F. Enhanced cold-season warming in semi-arid regions. **Atmospheric Chemistry and Physics**, v. 12, p. 5391–5398, 2012.
- ICMBIO. **Decreto s/nº de 13 de dezembro de 2002. Cria o Parque Nacional do Catimbau, nos Municípios de Ibirimir, Tupanatinga e Buíque, no Estado de Pernambuco, e dá outras providências**. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente, 2002.
- IFEJIKI SPERANZA, C. **Resilient Adaptation to Climate Change in African Agriculture**. Studies ed. Bonn: Deutsches Institut für Entwicklungspolitik, 2010.
- IPCC. Climate Change 2007: Synthesis Report. In: TEAM, C. W.; PACHAURI, R. K.; REISINGER, A. (Eds.). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Geneva, Switzerland: IPCC, 2007. p. 104.
- IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. In: TEAM, C. W.; PACHAURI, R. K.; MEYER, L. A. (Eds.). **Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth**

Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland: IPCC, 2014. p. 151.

IPCC. Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021.

JACOBI, J. et al. Agroecosystem resilience and farmers' perceptions of climate change impacts on cocoa farms in Alto Beni, Bolivia. **Renewable Agriculture and Food Systems**, v. 30, n. 2, p. 170–183, 2013.

JI, F. et al. Evolution of land surface air temperature trend. **Nature Climate Change**, v. 4, n. 6, p. 462–466, 2014.

JIN, Z. et al. Relationship between psychological responses and the appraisal of risk communication during the early phase of the COVID-19 pandemic: a two-wave study of community residents in China. **Frontiers in Public Health**, v. 8, n. 550220, 2020.

KCHOUK, S. et al. A review of drought indices: predominance of drivers over impacts and the importance of local context. **Natural Hazards and Earth System Sciences Discussions**, v. 152, 2021.

KISOMI, M. G. et al. Factors associated with tick bite preventive practices among Farmworkers in Malaysia. **PLoS ONE**, v. 11, n. 6, p. e0157987, 2016.

KJELLSTROM, T.; LEMKE, B.; OTTO, M. Mapping occupational heat exposure and effects in South-East Asia: Ongoing time trends 1980-2011 and future estimates to 2050. **Industrial Health**, v. 51, n. 1, p. 56–67, 2013.

KJELLSTROM, T.; MCMICHAEL, A. J. Climate change threats to population health and well-being: The imperative of protective solutions that will last. **Global Health Action**, v. 6, n. 1, 2013.

KLEIN, J. A. et al. Unexpected climate impacts on the Tibetan Plateau: LOCAL and scientific knowledge in findings of delayed summer. **Global Environmental Change**, v. 28, p. 141–152, 2014.

KOVATS, R. S. et al. The effect of temperature on food poisoning: A time-series analysis of salmonellosis in ten European countries. **Epidemiology and Infection**, v. 132, n. 3, p. 443–453, 2004.

KOVATS, R. S.; HAJAT, S. Heat stress and public health: a critical review. **Annual Review of Public Health**, v. 29, n. 1, p. 41–55, 2008.

- LAFFERTY, K. D. The ecology of climate change and infectious diseases. **Ecology**, v. 90, n. 4, p. 888–900, 2009.
- LAL, A. et al. Potential effects of global environmental changes on cryptosporidiosis and giardiasis transmission. **Trends in Parasitology**, v. 29, n. 2, p. 83–90, 2013.
- LAVELL, A. et al. Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience. In: FIELD, C. B. et al. (Eds.). **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special ed. Cambridge, Uk and New York, USA: Cambridge University Press, 2012. p. 25–64.
- LE DANG, H. et al. Farmers' perceived risks of climate change and influencing factors: A study in the Mekong Delta, Vietnam. **Environmental Management**, v. 54, p. 331–345, 2014.
- LEE, J. Y. et al. Future Global Climate: Scenario-Based Projections and Near-Term Information. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021.
- LEONI, B.; RADFORD, T.; SCHULMAN, M. **Disaster through a different lens: behind every effect, there is a cause**. Geneva, Switzerland: UNISDR, 2011.
- LIMA, J. R. DE; MAGALHÃES, A. R. Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21. In: CGEE (Ed.). **Parcerias Estratégicas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, 2018. v. 23p. 191–212.
- MAGALHÃES, A. R. Vida e seca no Brasil. In: DE NYS, E.; ENGLE, N. L.; MAGALHÃES, A. R. (Eds.). **Secas no Brasil: política e gestão proativas**. Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial, 2016. p. 19–35.
- MAGALHÃES, H. F. et al. Collection and Analysis of Environmental Risk Perception Data. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; CRUZ DA CUNHA, L. V. F.; ALVES, R. R. N. (Ed.). **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. 2. ed. New York: Springer Protocols Handbooks, 2019. p. 149–159.
- MARDERO, S. et al. Smallholders adaptations to droughts and climatic variability in southeastern Mexico. **Environmental Hazards**, v. 14, n. 4, p. 271–288, 2015.
- MARENGO, J. A. et al. Climatic characteristics of the 2010–2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, n. 2, p. 1973–1985, 2018.
- MARENGO, J. A. et al. Increase Risk of Drought in the Semiarid Lands of Northeast Brazil

- Due to Regional Warming above 4 °C. In: NOBRE, C. A.; MARENGO, J. A.; SOARES, W. R. (Eds.). . **Climate Change Risks in Brazil**. [s.l.] Springer, Cham, 2019. p. 181–200.
- MARENGO, J. A. et al. Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. **Natural Hazards**, v. 103, p. 2589–2611, 2020.
- MARENGO, J. A.; BERNASCONI, M. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. **Climatic Change**, v. 129, n. 1–2, p. 103–115, 2015.
- MARENGO, J. A.; TORRES, R. R.; ALVES, L. M. Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 129, p. 1189–1200, 2017.
- MARGULIS, S. **Mudanças do clima: tudo que você queria e não queria saber**. Rio de Janeiro: Konrad Adenauer Stiftung, 2020.
- MARTIN, K.; SAUERBORN, J. **Agroecology**. Dordrecht: Springer Science and Business Media, 2013.
- MARTINS, E. S. P. R. et al. **Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas. Série Água Brasil**. Brasília: Banco Mundial, 2015.
- MCMICHAEL, A. J. Globalization, Climate Change, and Human Health. **New England Journal of Medicine**, v. 368, n. 14, p. 1335–1343, 2013.
- MCMICHAEL, A. J.; WOODRUFF, R. E.; HALES, S. Climate change and human health: Present and future risks. **Lancet**, v. 367, n. 9513, p. 859–869, 2006.
- ME. **Mapeamento e análise espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal no Bioma Caatinga. Parque Nacional do Catimbau**. Recife: Ministério da Educação, Fundação Joaquim Nabuco, Universidade Federal de Campina Grande, 2015.
- MENG, B. et al. Risk perceptions combining spatial multi-criteria analysis in land-use type of Huainan city. **Safety Science**, v. 51, p. 361–373, 2013.
- MICELI, R.; SOTGIU, I.; SETTANNI, M. Disaster preparedness and perception of flood risk: a study in an alpine valley in Italy. **Journal of Environmental Psychology**, v. 28, p. 164–173, 2008.
- MILES, L. et al. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. **Journal of Biogeography**, v. 33, n. 3, p. 491–505, 2006.
- NEWBY, H. Risk Analysis and Risk Perception. **Process Safety and Environmental Protection**, v. 75, n. 3, p. 133–137, 1997.
- NYANTAKYI-FRIMPONG, H.; BEZNER-KERR, R. The relative importance of climate

change in the context of multiple stressors in semi-arid Ghana. **Global Environmental Change**, v. 32, p. 40–56, 2015.

NYONG, A.; ADESINA, F.; ELASHA, B. O. The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. **Mitig. Adapt. Strat. Glob. Change**, v. 12, p. 787–797, 2007.

OJO, T. O.; BAIYEGUNHI, L. J. S. Impact of climate change adaptation strategies on rice productivity in South-west, Nigeria: An endogeneity corrected stochastic frontier model. **Science of the Total Environment**, v. 745, n. 141151, 2020.

OLIVEIRA, R. C. D. S. et al. Religiousness/spirituality do not necessarily matter: Effect on risk perception and adaptive strategies in the semi-arid region of NE Brazil. **Global Ecology and Conservation**, v. 11, p. 125–133, 2017.

OLOUKOI, G.; BOB, U.; JAGGERNATH, J. Perception and trends of associated health risks with seasonal climate variation in Oke-Ogun region, Nigeria. **Health and Place**, v. 25, p. 47–55, 2014.

OYERINDE, G. T. et al. Hydro-climatic changes in the Niger basin and consistency of local perceptions. **Regional Environmental Change**, v. 15, p. 1627–1637, 2015.

PATZ, J. A. et al. Effects of environmental change on emerging parasitic diseases. **International Journal for Parasitology**, v. 30, p. 1395–1405, 2000.

PELD CATIMBAU. **Projeto Ecológico de Longa Duração Sítio Parque Nacional do Catimbau. Mapas temáticos**. Disponível em: <<https://www.peldcatimbau.org/mapas-tematicos>>. Acesso em: 4 nov. 2020.

PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. An Overview of the Plant Diversity, Biogeography and Conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests. In: PENNINGTON, R. T.; LEWIS, G. P.; RATTER, J. A. (Eds.). **Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation**. Boca Raton: CRC Press, 2006. p. 1–29.

PEREZ-MARIN, A. M. et al. Núcleos de desertificação no semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? **Parcerias Estratégicas**, v. 17, n. 34, p. 87–106, 2012.

PIDGEON, N. Risk assessment, risk values and the social science programme: Why we do need risk perception research. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 59, n. 1, p. 5–15, 1998.

PYHÄLÄ, A. et al. Global environmental change : local perceptions , understandings , and. **Ecology and Society**, v. 21, n. 3, p. 25, 2016.

- QUINN, C. H. et al. Local perceptions of risk to livelihood in semi-arid Tanzania. **Journal of Environmental Management**, v. 68, p. 111–119, 2003.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **The R Project for Statistical Computing News via Twitter**. 2019. Disponível em: <https://www.r-project.org/>.
- RAHMAN, M. S. ABBI.; MOHAMAD, O. B. I.; ZARIM, Z. BIN A. Climate change: a review of its health impact and perceived awareness by the young citizens. **Global Journal of Health Science**, v. 6, n. 4, p. 196–204, 2014.
- RESER, J. P.; BRADLEY, G. L. The nature, significance, and influence of perceived personal experience of climate change. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 11, p. 1–28, 2020.
- REYES-GARCÍA, V. et al. Economic Development and Local Ecological Knowledge : A Deadlock ? Quantitative Research from a Native Amazonian Society. **Human Ecology**, v. 35, p. 371–377, 2007.
- REYES-GARCÍA, V. et al. Local indicators of climate change: The potential contribution of local knowledge to climate research. **Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change**, v. 7, n. 1, p. 109–124, 2016.
- REYES-GARCÍA, V. et al. Recognizing Indigenous peoples' and local communities' rights and agency in the post-2020 Biodiversity Agenda. **Ambio**, 2021.
- RINGLER, T.; JU, L.; GUNZBURGER, M. A multiresolution method for climate system modeling: application of spherical centroidal Voronoi tessellations. **Ocean Dynamics**, v. 58, p. 475–498, 2008.
- RITO, K. F. et al. Precipitation mediates the effect of human disturbance on the Brazilian Caatinga vegetation. **Journal of Ecology**, v. 105, p. 828–838, 2017.
- RODRIGUEZ, N.; EAKIN, H.; DE FREITAS DEWES, C. Perceptions of climate trends among Mexican maize farmers. **Climate Research**, v. 72, n. 3, p. 183–195, 2017.
- ROHLI, R. V.; VEGA, A. J. **Climatology**. 4th. ed. Burlington, Massachusetts: Jones & Bartlett Learning, 2017.
- ROSSIELLO, M. R.; SZEMA, A. Health Effects of Climate Change-induced Wildfires and Heatwaves. **Cureus**, v. 11, n. 5, 2019.
- SACHS, M. L. et al. Risk perceptions in diabetic patients who have experienced adverse events: implications for patient involvement in regulatory decisions. **Pharmaceutical Medicine**, v. 31, n. 4, p. 245–255, 2017.
- SANTORO, F. R. et al. Does plant species richness guarantee the resilience of local medical

- systems? A perspective from utilitarian redundancy. **PLoS ONE**, v. 10, n. 3, p. 1–18, 2015.
- SANTORO, F. R.; ALBUQUERQUE, U. P. What factors guide healthcare strategies over time? A diachronic study focused on the role of biomedicine and the perception of diseases in the dynamics of a local medical system. **Acta Botanica Brasilica**, v. 34, n. 4, p. 720–729, 2020.
- SANTOS, D. M. et al. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? **Flora**, v. 208, p. 445–452, 2013.
- SCHEIDELER, J. K. et al. Heart disease versus cancer: understanding perceptions of population prevalence and personal risk. **Journal of Behavioral Medicine**, v. 40, n. 5, p. 839–845, 2017.
- SCHIMMEL, D. et al. Radiative Forcing of Climate Change. In: HOUGHTON, J. T. et al. (Eds.). **Climate Change 1995. The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge: Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 1996.
- SENEVIRATNE, S. I. et al. Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In: MASSON-DELMOTTE, V. et al. (Eds.). **Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. [s.l.] Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2021.
- SIEBER, S. S.; MEDEIROS, P. M.; ALBUQUERQUE, U. P. Local Perception of Environmental Change in a Semi-Arid Area of Northeast Brazil: A New Approach for the Use of Participatory Methods at the Level of Family Units. **Journal of Agricultural and Environmental Ethics**, v. 24, n. 5, p. 511–531, 2011.
- SILVA, R. H. DA et al. Adaptive memory and evolution of the human naturalistic mind: Insights from the use of medicinal plants. **PLoS ONE**, v. 14, n. 3, p. e0214300, 2019.
- SILVA, J. M. C. et al. The Caatinga: Understanding the Challenges. In: SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. (Eds.). . **Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America**. [s.l.] Springer International Publishing, 2017. p. 3–19.
- SILVA, T. C. et al. Methods in Research of Environmental Perception. In: ALBUQUERQUE, U. P. et al. (Eds.). . **Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology**. New York: Springer Protocols Handbooks, 2014. p. 99–109.

- SILVA, T. C.; CHAVES, L. DA S.; ALBUQUERQUE, U. P. What Is Environmental Perception? In: ALBUQUERQUE, U. P.; ALVES, R. R. N. (Eds.). **Introduction to Ethnobiology**. New York: Springer International Publishing, 2016. p. 93–97.
- SLEGGERS, M. F. W. “‘If only it would rain’”: Farmers’ perceptions of rainfall and drought in semi-arid central Tanzania. **Journal of Arid Environments**, v. 72, p. 2106–2123, 2008.
- SMIT, B. et al. An anatomy of adaptation to climate change and variability. **Climatic Change**, v. 45, p. 223–251, 2000.
- SMIT, B.; WANDEL, J. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. **Global Environmental Change**, v. 16, n. 3, p. 282–292, 2006.
- SMITH JR., W. J. et al. Climate change perception, observation and policy support in rural Nevada: A comparative analysis of Native Americans, non-native ranchers and farmers and mainstream America. **Environmental Science and Policy**, v. 42, p. 101–122, 2014.
- SMITH, K.; BARRETT, C. B.; BOX, P. W. Participatory risk mapping for targeting research and assistance: With an example from East African pastoralists. **World Development**, v. 28, n. 11, p. 1945–1959, 2000.
- SMITH, K. R. et al. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. In: FIELD, C. B. et al. (Eds.). **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. Cambridge, ed. [s.l.] Cambridge University Press, 2014. p. 709–754.
- STONE, B.; HESS, J. J.; FRUMKIN, H. Urban form and extreme heat events: are sprawling cities more vulnerable to climate change than compact cities? **Environmental Health Perspectives**, v. 118, n. 10, p. 1425–1428, 2010.
- SUDENE. **Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Delimitação do Semiárido**. 2017. Disponível em: <http://antigo.sudene.gov.br/delimitacao-do-semiarido>.
- THINDA, K. T. et al. Understanding the adoption of climate change adaptation strategies among smallholder farmers: Evidence from land reform beneficiaries in South Africa. **Land Use Policy**, v. 99, n. 104858, 2020.
- TONG, M. X. et al. Health professionals’ perceptions of hemorrhagic fever with renal syndrome and climate change in China. **Global and Planetary Change**, v. 152, p. 12–18, 2017.
- TRENBERTH, K. E. Changes in precipitation with climate change. **Climate Research**, v. 47, p. 123–138, 2011.

- UEJIO, C. K. et al. Intra-urban societal vulnerability to extreme heat: The role of heat exposure and the built environment, socioeconomics, and neighborhood stability. **Health & Place**, v. 17, n. 2, p. 498–507, 2011.
- UNDRR. Summary and Recommendations: 2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. In: **Risk and poverty in a changing climate: invest today for a safer tomorrow**. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, International Strategy for Disaster Reduction, 2009. p. 24.
- UNDRR. **GAR Special Report on Drought 2021**. Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, 2021.
- VANHOVE, W.; VAN DAMME, P. Climate change and food security – A dynamic perspective. **KLIMOS working paper 2**, n. June, 2011.
- VIDES-ALMONACID, R. Bases conceptuales y enfoques estratégicos para la adaptación al Cambio Climático en América Latina. In: LARA, R.; VIDES-ALMONACID, R. (Eds.). . **Sabiduría y Adaptación: El Valor del Conocimiento Tradicional en la Adaptación al Cambio Climático en América del Sur**. Quito, Ecuador: UICN, 2014. p. 13–57.
- VIEIRA, R. M. D. S. P. et al. Desertification risk assessment in Northeast Brazil: Current trends and future scenarios. **Land Degradation and Development**, v. 32, n. 1, p. 224–240, 2021.
- VIEIRA, R. M. S. P. et al. Identifying areas susceptible to desertification in the Brazilian northeast. **Solid Earth**, v. 6, p. 347–360, 2015.
- WATTS, N. et al. Health and climate change: policy responses to protect public health. **The Lancet**, p. 1–53, 2015.
- WATTS, N. et al. The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. **The Lancet**, v. 391, n. 10120, p. 581–630, 2018.
- WEBER, E. U. What shapes perceptions of climate change ? **WIREs Climate Change**, v. 1, p. 332–342, 2010.
- WEINSTEIN, N. D. Testing four competing theories of health-protective behavior. **Health Psychology**, v. 12, n. 4, p. 324–333, 1993.
- WHITE, D. H.; WALCOTT, J. J. The role of seasonal indices in monitoring and assessing agricultural and other droughts: A review. **Crop & Pasture Science**, v. 60, p. 599–616, 2009.
- WHO/UNICEF. **Joint Statement: Clinical Management of Acute Diarrhoea (WHO/FCH/CAH/04.07)**. Geneva/ New York: World Health Organization, Department of

Child and Adolescent Health and Development, and United Nations Children's Fund, Programme Division, 2004.

WHO. **Protecting health from climate change: global research priorities**. Geneva, Switzerland: World Health Organization, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data, 2009.

WILHITE, D. A. Drought as a Natural Hazard: Concepts and Definitions. In: WILHITE, D. A. (Ed.). **Drought: A global Assessment**. London, UK: Routledge, 2000. p. 3–18.

WILHITE, D. A.; SVOBODA, M. D.; HAYES, M. J. Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. **Water Resources Management**, v. 21, p. 763–774, 2007.

WMO. **The Global Climate in 2015–2019**. Geneva, Switzerland: Publications Board Chair, World Meteorological Organization, 2020.

WORLD BANK. **Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided**. Washington, DC, USA: World Bank, 2012.

YANG, Z. et al. Changes in Evapotranspiration Over Global Semiarid Regions 1984–2013. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**, v. 124, p. 2946–2963, 2019.

YOUNG, M. et al. World Health Organization/United Nations Children's Fund joint statement on integrated community case management: an equity-focused strategy to improve access to essential treatment services for children. **American Journal of Tropical Medicine and Hygiene**, v. 87, n. Suppl. 5, p. 6–10, 2012.

YOUNGER, M. et al. The Built Environment, Climate Change, and Health. Opportunities for Co-Benefits. **American Journal of Preventive Medicine**, v. 35, n. 5, p. 517–526, 2008.

ZHANG, Y.; BI, P.; HILLER, J. E. Climate variations and Salmonella infection in Australian subtropical and tropical regions. **Science of the Total Environment**, v. 408, p. 524–530, 2010.

**3 PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN
AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL**

(Artigo publicado pela revista *Human Ecology* em 11 de julho de 2021)

Normas para os autores:

<https://www.springer.com/journal/10745/submission-guidelines#Instructions%20for%20Authors>

Disponível em:

<https://link.springer.com/article/10.1007/s10745-021-00247-8>

Perceptions of risks related to climate change in agroecosystems in a semi-arid region of Brazil

Henrique Fernandes Magalhães ^{a, b}, Ivanilda Soares Feitosa ^{a, b}, Elcida de Lima Araújo ^c and Ulysses Paulino Albuquerque ^{a, b, 9}

^a Programa de Pós-graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brazil.

^b Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos, Departamento de Botânica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50670-901, Recife, PE, Brazil.

^c Laboratório de Ecologia Vegetal (LEVEN), Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brazil.

Abstract

Small-scale farmers who depend on natural resources for subsistence in rural areas are especially vulnerable to climate change and may develop adaptive responses once they understand the nature of the risks and their consequences. We examine the effects of schooling, experience in agriculture, and the number and severity of risks perceived by farmers on the number and type of adaptive responses developed. Ninety-four farmers were surveyed in six rural communities in Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil, to obtain socioeconomic data about major drought events and perceived related risks. Participants were asked to classify risks according to their severity. We argue that understanding the degree of vulnerability of socioecological systems in semi-arid regions may facilitate actions at different scales to mitigate risks arising from climate change.

Keywords: climate variations, climate change, severity of perceived risks, adaptive capacity, semi-arid regions, Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil.

Introduction

Food production in subsistence agriculture systems can be negatively impacted by climate change, presenting a threat to food security of human populations. This has attracted the attention of scientists and government officials and is the focus of many current research

⁹ Corresponding author. Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos, Departamento de Botânica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, PE, 50670-901, Brazil. E-mail address: upa677@hotmail.com (U.P. Albuquerque).

studies (Arku 2013; Arku *et al.* 2017; IPCC 2014). Data from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indicate that global warming will lead to extreme events such as floods and prolonged drought (Hoegh-Guldberg *et al.* 2018). These phenomena chiefly threaten semi-arid regions with poor infrastructure (Banerjee 2014; Dhanya and Ramachandran 2016), which are characterized by low rainfall and annual and interannual irregularities in rainfall distribution, such as the northeastern region of Brazil (Albuquerque *et al.* 2012; Santos *et al.* 2013; Silva *et al.* 2017, 2013).

Agroecosystems inhabited by small-scale farmers who depend directly on the environment for their survival and have few financial resources to deal with unanticipated adversities are especially vulnerable to the impacts of global warming (Campos *et al.* 2014b; Miles *et al.* 2006; Pennington *et al.* 2006).¹⁰ Evidence shows that farmers' perceptions of the degree to which climate change impacts their livelihoods can influence the time it takes them to perceive changes in the environment and assess the potential threat they represent (Arku 2013; Arku and Arku 2010; Reyes-García *et al.* 2007; Sieber *et al.* 2011; Smith *et al.* 2000).

Risk can also be understood as the likelihood of an adverse effect of an environmental phenomenon (GARDDR, 2009; Sjöberg, 2000a, 2000b). Thus, the perception of risk can be used to anticipate a change, enabling design and adoption of adaptive strategies, either by individuals or collectively, to deal with potential impacts (Boillat and Berkes 2013; Smit and Wandel 2006; Smith *et al.* 2000). Farmers' perceptions of the risks of climate change, both locally and regionally, may differ due to specific social, economic, or demographic factors that influence them and as well as their ability to develop adaptive responses to address these risks. Among the factors that correspond to the best predictors of effective adaptive responses identified in the scientific literature, we highlight schooling, length of experience in agricultural activity, and previous experience coping with risk (Ado *et al.* 2020; Akanbi *et al.* 2021; Bryan *et al.* 2013; Fosu-Mensah *et al.* 2012; Gbetibouo 2009; Rodriguez *et al.* 2017; Slegers 2008; Weber 2010). People classify risks according to their perceptions of the severity of the impact they are likely to have on their daily lives, and the adaptive strategies they consequently adopt may be related to this classification as well as the frequency of the incidence of these risks (Baird *et al.* 2009; Quinn *et al.* 2003; Smith *et al.* 2001).

¹⁰ In this research, we consider vulnerability to be the degree to which a system cannot recover from the damaging effects of climate change, including variability and extremes (IPCC 2001): the lower the capacity of a system to adapt to the adverse effects of a new environmental reality, the greater its degree of vulnerability (Smit and Wandel 2006).

There are several studies on this topic in arid and semi-arid regions (Campos *et al.* 2014a; Hartter *et al.* 2016; Nyantakyi-Frimpong and Bezner-Kerr 2015; Nyong *et al.* 2007; Oliveira *et al.* 2017; Rodriguez *et al.* 2017), but fewer have investigated factors that may affect how risk is perceived and adaptive strategies developed in response to climate change (Abid *et al.* 2018; Buelow and Cradock-Henry 2018; Ndamani and Watanabe 2017; Rizwan *et al.* 2019; Zheng and Dallimer 2016). The lack of such information impedes understanding of people's perceptions and behavior in these contexts, and consequently, designing local and national government policies favorable to social development in these regions remains a challenge.

From 2012 to 2015, the semi-arid region of northeastern Brazil faced the most severe droughts over the previous 50 years (Martins *et al.* 2015). We investigate farmers' perceived risk of climate change in this area to test the following hypotheses:

H1: Schooling, agricultural experience, and previous experience with risks influence the timing and accuracy of farmers' perceptions of risks.

H2: The frequency of risks perceived and the severity attributed to them influence the corresponding adaptive responses adopted by farmers.

Material and methods

Study area

We conducted this study in the Catimbau National Park-PARNA Catimbau (8° 24' 00" and 8° 36' 35" S; 37° 09' 30" and 37° 14' 40" W), located in the microregions of Vale do Ipanema and Moxotó (ICMBio, 2002). The Conservation Unit has 62,294.14 hectares and is located in the domain of three municipalities, situated between the Agreste and Sertão, in the São Francisco River Basin: Buíque, Tupanatinga, and Ibimirim (ICMBio 2002, 2019). The PARNA Catimbau is located in an area considered a priority for caatinga conservation, a dry and thorny xeromorphic vegetation endemic in Brazil, covering approximately 412,000 km² (Marengo and Bernasconi 2015). However, there is no management plan in the region, as provided for in the National System of Conservation Units (Brasil 2002). In addition, people illegally occupied the PARNA area. The economic activities developed in the region fail to meet the basic consumption needs of a large part of its population, putting local communities in a situation of high social vulnerability (Brasil, 2002).

The region is marked by socio-environmental conflicts involving the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), the park's managing body, the Kapinawá indigenous community (not legally recognized), and other local farmers. This conflict is partly motivated by the indigenous population, who claim that a portion of their territory was suppressed during the park's creation. Farmers in the region say they cannot farm and invest in the land because they are prohibited by the environmental agency, causing economic hardship (ME 2015). As a result, our access to some populations in the region was hampered.

Consequently, we selected six rural communities that depend on the resources of PARNA with which we had already established a relationship of trust and where we believed people would agree to participate in the study: Muquem (8.49414° S; 37.2999° W), Breus (8.49076° S; 37.29059° W), Açude Velho (8.4592° S; 37.30289° W), Tunel (8.46208° S; 37.31967° W), Dor de Dente (8.51355° S; 37.31413° W), and Igrejinha (8.49966° S; 37.25743° W) (Fig. 1). The total number of local adult residents (n) was: Muquem (n = 38), Breus (n = 32), Açude Velho (n = 17), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 13), and Igrejinha (n = 112).

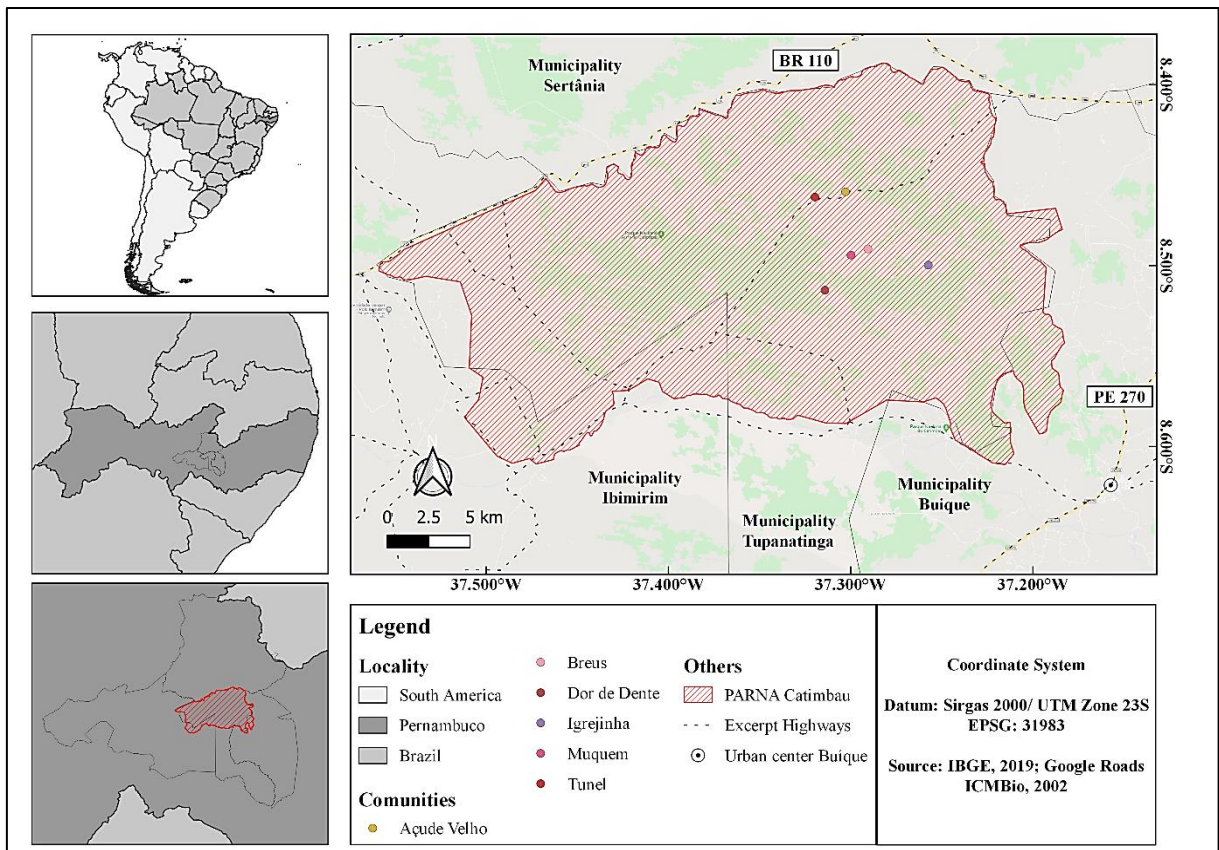


Fig. 1. Map of Catimbau National Park (the State of Pernambuco, semi-arid region of the northeastern Brazil) highlighting the study communities: Açude Velho, Breus, Dor de Dente, Igrejinha, Muquem, and Tunel.

Although there is no accurate record of human occupation in the area, there are records from several archeological sites dating from approximately 6,000 years, with inscriptions and cave paintings (ME 2015) that show human presence in the region is not recent and precedes the creation of the Catimbau National Park in 2002 (ICMBio 2002; ME 2015). All communities practice subsistence agriculture (mainly corn and beans) and keep livestock (mainly goats) as their primary source of income. In addition, many people rely on government subsidies and non-governmental assistance to supplement their income. The climate in the region is semi-arid BSh, according to the Köppen-Geiger climate classification (Peel *et al.* 2007). The average annual temperature is 21.6°C, and the average annual rainfall is 720 mm. October is the driest month with average rainfall of 16 mm, while March is the wettest, with average rainfall of 118 mm. The warmest month is January with an average temperature of 23.4°C, and July is the coldest with an average temperature of 18.6°C (Climate-Data 2019).

Informant selection

We used a census to make initial contact with each of the six communities. We obtained data on the number of people living in each rural community through the Family Health Program (PSF) of Vila do Catimbau, Municipality of Buíque (PE). All adults (over 18 years old) living in the six rural communities were previously selected during our previous research. However, when we conducted the research reported here, some people were not found in their homes, while others claimed they could not participate due to old age and health problems, and yet others did not wish to participate because of conflicts between them and the park management agencies. Thus, we arrived at a total of 94 participants.

Data Collection and Processing

We collected the study data between July 2018 and April 2019. We interviewed our 94 participants, as well as all people who lived in the same residence¹¹ who had information relevant to our study: Muquem (n = 30), Breus (n = 20), Açude Velho (n = 9), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 4), and Igrejinha (n = 25), and conducted a census of all households in each

¹¹ We note that people residing in the same residence could have different understandings of a phenomenon, and so we did not interview them on the same day.

community (e.g. Espinosa *et al.* 2014). We subsequently evaluated the data from the interviews, and discarded those with bias that compromised the validity of the information.

To investigate people's perceptions of risk in relation to climate change, we conducted semi-structured interviews using open-ended questions compiled before we began fieldwork, which allowed us to direct more attention to the participants and the timing of the interviews (Albuquerque *et al.* 2014; Magalhães *et al.* 2019). The interviews were organized into three stages (see Appendix 1).

We first recorded socioeconomic data for each informant for later analysis. Secondly, we invited each informant to recall years of major drought and prolonged rainfall events, although the latter are unusual in semi-arid regions (Martins *et al.* 2015). Using the free list technique (Silva *et al.* 2014), we asked informants to list perceived risks related to these two types of climate change phenomena.

Thirdly, we asked informants to classify and organize their list of risks according to their degree of severity (1=most severe, 2=moderately severe, etc.). Based on each cited risk, we asked informants about their previous experience with each risk and what adaptive strategies they developed to mitigate it.

To facilitate dialog with informants during interviews about perceived risks from climate change, expressions such as "problems," "concerns," and "bad situations" were used as synonyms for "risk" (Smith *et al.* 2000). The duration of each interview depended on the interviewee's availability (often, an informant asked for a brief wait, or took short breaks during the interview) and/or the amount of information provided. On average, each interview lasted approximately 90 min.

Data analysis

To test H1, we compared our predictor variables - schooling, number of years' experience in agriculture, and previous experience with situations of risk (interval between the person's last experience of cited risk and present) - and the extent of risks cited by each informant (response variable). In the initial model, we tested the combined effect of the three predictor variables on the number of risks perceived by farmers as an explanatory model. As schooling was the least explanatory variable in this model, we developed a second explanatory model that combined only the effect of experience in agriculture and previous experience with risks. Finally, we developed a third model to test the isolated effect of previous experience with

risks, as this was the variable with the best explanatory power in the previous model. The second model was chosen because it was the only one to produce a significant result (see Appendix 2).

To test H2, we compared the number of times each risk was cited and the average severity attributed to each risk¹² (the ratio between the sum of the values for the severity rating assigned to the risk and the number of times it was cited). We compared our predictor variables with the number of adaptive strategies cited for each risk (response variable). In the first model, we tested the combined effect of the two predictor variables on the number of adaptive responses developed. We tested a second model to see if only the number of times risk is perceived explains our response variable, but the first provided the best explanatory model (see Appendix 2).

For both hypotheses (H1 and H2), we applied generalized linear models (GLM): Gaussian family and quasi-Poisson, respectively, and selected the best explanatory models. All statistical tests were performed using R software (version 3.6.0 (R Development Core Team 2019)).

Results

The influence of schooling, agricultural experience, and previous risk experience on perceived risk

The only variable that was a predictor for the perception of risks by the informants was length of experience in agriculture combined with previous experience with risks ($z = 2,253$, $p = 0.0267$) (Table 1). Almost half of our informants (46.8%) had only elementary education, followed by those who had no schooling (30.85%), and those who had completed high school (19.3%). Regarding years of experience in agriculture and previous experience with risks, we obtained averages of 34.1 and 4.04 for those with elementary education and those with no education, respectively. We obtained an average of 4.85 for number of risks perceived by farmers.

¹² To establish the average severity attributed to the risk, we used the same classification used by the informants, i.e., 1=most severe, etc.

Table 1

The generalized model (GLM) containing the predictor variable for risk perception by farmers: experience time, combined with previous experience with risks.

| Sources of variation | Estimate | Error | z value | p-value |
|----------------------|----------|----------|---------|---------------|
| Intercept | 4.155779 | 0.322407 | 12.890 | < 2e - 16 *** |
| Experience time | 0.018581 | 0.008248 | 2.253 | 0.0267 * |
| Previous experience | 0.015223 | 0.018975 | 0.802 | 0.4245 |

Risk perception and adaptive strategies developed by farmers

The number of times risk is perceived when combined with severity explained the number of adaptive strategies developed ($z = 2.679$, $p = 0.00739$) (Table 4). We obtained an average of 14.77 for number of citations of the risks perceived and of 5.2 for the severity attributed to them, and an average of 3.16 for the number of adaptive responses mentioned by risk.¹³

In total, informants from the six rural communities indicated 29 risks, which were divided into four categories according to the what area they impact: agriculture ($n = 7$), livestock ($n = 5$), climate ($n = 5$), and socioeconomic ($n = 12$) (Table 2). Overall, the risk that stood out most in terms of citation number was crop losses ($n = 83$), followed by the risk of water scarcity ($n = 77$), and livestock losses ($n = 69$). Informants indicated water scarcity ($s = 1.49$), productivity losses ($s = 1.69$), and crop losses ($s = 1.93$) as the most severe risks. The term “productivity losses,” in our understanding, means financial income loss related to agricultural production loss. Hence, we categorize it as a socioeconomic risk (Table 2).

Most of the adaptive strategies mentioned are associated with risks related to livestock ($n = 9$), of which the treatment of animals with veterinary medicines ($n = 64$) and their feeding with local plants ($n = 34$) were among the most cited (Table 3, Fig.2). Adaptive strategies linked to socioeconomic factors, such as fetching water from outside the community ($n = 62$) and capturing rainwater through cisterns ($n = 40$) were also important. Another strategy was to resort to external assistance ($n = 40$) from the government, non-governmental organizations, and relatives and friends. The absence of strategies to deal with the consequences of locally perceived diverse risks was reported 144 times by 69 informants (73.4% of our sample) (Table 3).

¹³ We assumed that farmers mentioned adaptive strategies that were at least reasonably effective in dealing with perceived risks. To test the effectiveness of these adaptive mechanisms, we would need quantitative data from a specific hypothesis, which was not the subject of this study. Thus, our explanation here is predominantly qualitative.

Table 2

Risks related to climate change in agroecosystems perceived by farmers

| Nature of the risk | Perceived risk | Number of citations (n) | Average risk severity (s) | Number of adaptive strategies (n) |
|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Agriculture | Crop loss | 83 | 1.93 | 11 |
| | Agricultural pests | 30 | 3.6 | 8 |
| | Loss of soil quality | 10 | 3.4 | 2 |
| | Loss of crop quality | 5 | 4.6 | 2 |
| | Tree loss | 3 | 6.66 | 1 |
| | Seed loss | 1 | 2 | 0 |
| | Partial crop loss | 1 | 6 | 0 |
| Livestock | Livestock loss | 69 | 3.17 | 15 |
| | Livestock diseases | 29 | 4.45 | 7 |
| | Pasture Loss | 23 | 3.56 | 8 |
| | Bat Attack | 1 | 6 | 1 |
| | Animal Bog Down | 1 | 6 | 1 |
| Climatic phenomenon | Floods | 31 | 4.48 | 7 |
| | Strong wind | 2 | 4 | 1 |
| | Mist | 1 | 6 | 0 |
| | Thunderstorms | 1 | 7 | 1 |
| | Fire | 1 | 5 | 0 |
| Socioeconomic | Water shortage | 77 | 1.49 | 6 |
| | Damaged roads | 28 | 5.03 | 3 |
| | Productivity loss | 23 | 1.69 | 5 |
| | Productivity drop | 17 | 2.94 | 7 |
| | Food shortage | 6 | 3.33 | 6 |
| | Damaged houses | 5 | 4.6 | 1 |
| | Unemployment | 3 | 2.33 | 1 |
| | Long commuting | 2 | 6.5 | 1 |
| | Damaged Fences | 2 | 8 | 0 |
| | Hunting affected | 1 | 5 | 2 |
| | Death of people | 1 | 5 | 1 |
| | Abandoned Properties | 1 | 7 | 0 |

Table 3

Adaptive strategies cited by residents of rural communities

| Strategy nature | Adaptive strategy | Number of citations (n) |
|-----------------|---|-------------------------|
| Agriculture | Use pesticides | 16 |
| | Compost the soil | 7 |
| | Make trenches to drain the water | 6 |
| | Change the planting location | 3 |
| | Prune the trees | 2 |
| | "Sweep" the palma (clean the surface of the palma, a species of cactus used in the feeding of animals such as cattle and goats, attacked by the mealybug, <i>Diaspis</i> sp.) | 1 |
| | Use traps to catch insects (fixed traps, like pitfalls, to capture terrestrial insects, such as ants) | 1 |
| | | |
| Livestock | Treat with veterinary medicines | 64 |
| | Feed the animals with local plants | 34 |
| | Sell animals before they die | 17 |

| | | |
|---------------------------|--|-----|
| | Feed the animals with proper feed | 12 |
| | Treat animals with home remedies | 8 |
| | Move animals to different pastures | 6 |
| | Release animals in the forests | 5 |
| | Protect the pasture | 4 |
| | Surround the animals | 2 |
| Socioeconomic | Seek external assistance | 40 |
| | Plug road holes manually | 17 |
| | Migrate for work | 9 |
| | Migrate | 3 |
| | Save money | 2 |
| | Avoid using cars (extreme events of climate change damage roads, which can harm cars, which are the main means of transporting people and agricultural products) | 2 |
| | Sell coal | 1 |
| Livestock / Socioeconomic | Fetch water externally | 62 |
| | Seek food externally | 56 |
| | Catch rainwater | 40 |
| | Stock food | 15 |
| | Drink contaminated water | 1 |
| | Without strategy | 144 |

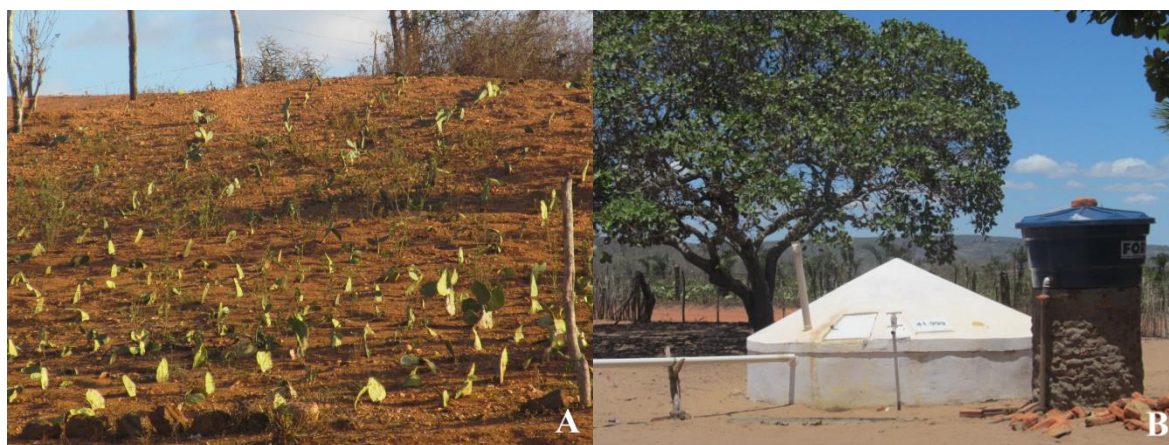


Fig. 2. Adaptive strategies mentioned by farmers. (A) Palm planting - *Opuntia ficus-indica* (L.) Milli - for animal feed (goats and cattle). (B) Cistern for rainwater collection and storage.

Table 4

Generalized model (GLM) containing the best predictor variable for the number of adaptive strategies developed by farmers: the number of times risk is perceived, combined with severity.

| Sources of variation | Estimate | Error | z value | p-value |
|------------------------------------|------------|----------|---------|--------------|
| Intercept | 1.131817 | 0.422526 | 2.679 | 0.00739 ** |
| Amount of perceived risk | 0.021944 | 0.004188 | 5.240 | 1.61e-07 *** |
| Average severity of perceived risk | - 0.130659 | 0.083790 | - 1.559 | 0.11891 |

Discussion

Although our findings indicate no relationship between schooling and risk perception, several studies have shown the opposite. Ndamani and Watanabe's (2017) study in a rural area of Ghana found that educational attainment positively influences local climate change risk perception, and Abid *et al.* (2018) obtained similar results for farmers in Pakistan. However, two studies in the same region yielded divergent results: Fahad *et al.* (2018) noted a negative correlation between schooling and perception of local risks, and Rizwan *et al.* (2019) found that among rice farmers level of schooling may influence the perception of local risks both positively (rising temperatures) and negatively (floods, rising product prices, and disease incidence). The differences among these findings seem to indicate that the effect of schooling on risk perception depends on the other variables tested and the interactions among them.

Our finding of the non-significance of schooling in relation to risk perception is surprising since this variable is associated with increased access to information (including technological and professional opportunities). We believe that the low heterogeneity in respondents' schooling (46.8% with an elementary school qualification, and 30.85% with no education) contributed to the non-significance of this variable. In addition, this result seems to indicate that the influence of lived experience tends to be more significant than formal education. Thus, studies of more heterogeneous populations in relation to schooling that involve a larger set of explanatory variables will perhaps yield significant results for this variable.

However, in our selected explanatory model (Table 1), we found experience in agriculture to be the only variable that predicted risk perception. The scientific literature reports much evidence in this regard (Ado *et al.* 2020; Akanbi *et al.* 2021; Fosu-Mensah *et al.* 2012; Rodriguez *et al.* 2017). In a recent study of maize farmers in South Africa, Akanbi *et al.* (2021) showed that the farmers' experience is a significant factor in both perception of risks related to extreme climate changes and decision-making regarding the implementation of adaptive strategies addressing these risks (see also Ado *et al.* 2020 for a rural community in Niger). Therefore, it seems unclear whether formal school curricula reflect the reality of rural populations, particularly in semi-arid regions. We would argue that formal education should be reformulated to reflect the daily reality of farmers in semi-arid areas.

Our results also show that previous experience with risks accounts for the effect of experience in agriculture on the number of perceived risks, which has also been found in related studies. For example, in a study conducted in two New Zealand agrarian regions, Niles *et al.*

(2015) found a correlation between past experiences of climate change, future climate concerns, and the adoption of adaptive strategies. Buelow and Cradock-Henry (2018) found similar results for German farmers. Based on our observations and information obtained through the interviews, our participants classify infrequent adverse experiences as common or cyclical occurrences rather than risks, while frequently occurring adverse situations are identified as risks. Thus frequent previous experiences with risks increase the likelihood of perception of future risks and determine how they are evaluated and addressed.

Adaptive strategies to address perceived risks arising from environmental changes are evaluated locally, and if deemed effective, are replicated, shared, and adopted for future risk occurrences. Since we did not have quantitative data to support a discussion of the degree of effectiveness of our participants adaptive mechanisms, we focussed on a qualitative discussion of these strategies. However, we urge future studies to focus on quantitative assessments of effectiveness of the adaptive strategies implemented to address perceived risks related to environmental changes, especially in contexts of high socio-environmental vulnerability, such as semi-arid regions.

A significant number of our participants reported they had developed no adaptive strategy to address at least one type of risk related to climate change, and most listed more than one risk. Thus, we can infer that our study area will be vulnerable, from a social and environmental perspective, to a future climate scenario of precipitation reduction and temperature increase, mainly restricted access to water and financial resources, since most of the adaptive measures mentioned by our informants are related to these two resources.

Several previous studies focus on the ability of traditional farmers to cope with the adverse effects of climate change and the factors that limit the development of adaptive strategies. For example, in a study conducted with small-scale farmers in rural Mexico, Campos *et al.* (2014b) found that socioeconomic variables such as low purchasing power limited the adoption of more efficient strategies to combat the negative effects of climate change. Wang and Cao (2015) found similar results in an alpine community in southwest China, and Takahashi *et al.* (2016) cited the unpredictability of changes in local market conditions as the main barrier to development of adaptive measures in the face of risks from climate change. Finally, in a semi-arid region of India, Singh *et al.* (2018) found water scarcity to be the main vulnerability of farmers.

We believe that the vulnerability of our study area may have been intensified by historical, infrastructural, and psychological factors. Since the great drought of 1993, the most

severe the region has ever experienced according to the testimonies of local farmers, there have been more recent droughts from 2012 to 2014. However, despite these recent and recurring experiences of prolonged droughts and their damaging consequences for the agroecosystems and farmers' livelihoods, especially due to water scarcity, the region still has no adequate infrastructure to meet local needs. For example, road conditions are precarious, impacting particularly communities located remotely from the nearest urban center (Buíque Municipality). Combined with farmers' low purchasing power, such lack of infrastructure limits their opportunities to develop effective adaptive strategies. In many cases, as our results show, this can discourage farmers from formulating any adaptive strategies at all to address the risks they confront. Future studies with a broader set of variables such as environmental, historical, socioeconomic, and institutional factors can provide more insights into the adaptive capacity of vulnerable social-ecological systems (Below *et al.* 2012; Campos *et al.* 2014b; Cutter *et al.* 2008).

Finally, our results suggest that farmers tend to emphasize more frequent risk perceptions in developing adaptive strategies (Weber 2010). Although we did not identify degree of severity attributed to a risk as a driving factor in this process, our results indicate that it can enhance the frequency with which this risk is perceived. However, most related studies emphasize the frequency of perceived risks as a trigger for development of adaptive strategies (Bitterman *et al.* 2019; Escarcha *et al.* 2018; Mardero *et al.* 2015; Teka *et al.* 2013), rather than attributed degree of severity. For example, Zheng and Dallimer's (2016) study of farmers in the mountains of China found that the higher frequencies of individual adaptive measures adopted were related to the risks arising from climate change perceived locally as more frequent, such as prolonged droughts and market fluctuations. On the other hand, however, Zografos *et al.* (2016) noted that the increase in the perceived frequency of heatwaves over time did not influence the adaptive behavior of residents of a low-income urban community in Australia. This divergence of results indicates that the vulnerability of a socioecological system is related more to the impacts of socioeconomic, institutional, and political factors than the frequency of risk perception itself. Thus, we believe that models that consider the effect of the aforementioned factors as explanatory variables, added to the perception of risk, can provide more robust and significant results in the context of socio-environmental vulnerability.

Conclusions

Study limitations and future perspectives

Through our research presented here, we sought to present a new perspective of three variables on risk perception. However, our inclusion of schooling as the only socioeconomic variable may have limited our results. In addition, the rural communities of our study area are considered illegal by the managing agency of the Integral Protection Area (PARNA Catimbau). Their conflict with the management complicated our access to some potential informants, which may have limited and/or biased the scope of our results. Further studies undertaken in conflict areas should consider this factor in assessing risk perception and adaptive strategies developed in the face of climate change.

Finally, although the low population density of the study communities (except for Igrejinha) does not invalidate our conclusions, it may have limited their scope. We urge further studies in areas with higher and more heterogeneous population densities to gain a broader understanding of the different factors that drive the perception of risks in the face of climate change and the diversification of adaptive strategies adopted to address the consequences of these risks, which should be incorporated into management planning for these vulnerable regions.

Theoretical, practical and methodological contributions

We designed our research to further understanding of how schooling, experience in agriculture, and the number and severity of risks perceived by farmers effect the number and type of adaptive responses developed among small-scale farmers in semi-arid regions. Our results reinforce the importance of testing different models by analyzing the combined and individual effects of all the variables involved to identify the one with the best explanatory power. Thus, our research contributes to the possibility of developing predictive models based on human experience in their environment that can inform local and national environmental management planning. We believe that understanding the degree of vulnerability of social-ecological systems in semi-arid regions and the adaptive strategies farmers develop given the perceived risks from climate change may enable actions at different scales to overcome or mitigate negative impacts from climate change.

Acknowledgments

We express our gratitude to all residents of the rural communities of PARNA Catimbau who contributed to this study. We also express our gratitude to colleagues from the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-Ecological Systems (LEA) who contributed to data collection and the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) for granting transportation to the study area, and Dr. Leonardo da Silva Chaves for his support in the statistical analysis of the study.

Compliance with Ethical Standards

Under the current legislation of the Ministry of Health (Resolution 466/12 of the National Health Council), which legally protects the identity and sharing of information collected, the study proposal was submitted to and approved by the Research Ethics Committee of the University of Pernambuco (CAAE: 89887817.6.0000.5207).

Informed Consent

All residents who agreed to participate in the survey were asked to sign a free and informed consent form, as specified by the current legislation of the National Health Council (Resolution no. 466/2012).

Conflict of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

Funding

This study was partially financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001. The study received a contribution of the INCT Ethnobiology, Bioprospecting, and Nature Conservation, certified by CNPq, with financial support from the Foundation for Support to Science and Technology of the State of Pernambuco

(Grant number: APQ-0562-2.01/17). We also thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (PQ- 305285/2020-3, 402864/2016-6).

References

- Abid, M., Scheffran, J., Schneider, U.A., Elahi, E., 2018. Farmer perceptions of climate change, observed trends and adaptation of agriculture in Pakistan. *Environ. Manage.* <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1113-7>
- Ado, A.M., Savadogo, P., Kanak Pervez, A.K.M., 2020. Farmer's perception and adaptation strategies to climate risks and their determinants: insights from a farming community of Aguié district in Niger. *Geojournal* 85, 1075-1095. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10011-7>
- Akanbi, R.T., Davis, N., Ndarana, T., 2021. Climate change and maize production in the Vaal catchment of South Africa: assessment of farmers' awareness, perceptions and adaptation strategies. *Clim Res* 82, 191-209. <https://doi.org/10.3354/cr01628>
- Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., Asfora-Eldeir, A.C., Lima, A.L.A., Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N., Freire, E.M.X., Sampaio, E.V.S.B., Las-Casas, F.M.G., Moura, G.J.B., Pereira, G.A., Melo, J.G., Ramos, M.A., Rodal, M.J.N., Schiel, N., Lyra-Neves, R.M., Alves, R.R.N., Azevedo-Junior, S.M., Telino Junior, W.R., Severi, W., 2012. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *Sci. World J.* 2012, 1–18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Albuquerque, U. P., Ramos, M.A., Lucena, R.F.P., Alencar, N.L., 2014. Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 15–37.
- Arku, F.S., 2013. Local creativity for adapting to climate change among rural farmers in the semi-arid region of Ghana. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag. Local* 5, 418–430. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2012-0049>
- Arku, F.S., Angmor, E.N., Adjei, G.T., 2017. Perception and responses of traders to climate change in downtown, Accra, Ghana. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* 9, 56–67.
- Arku, F.S., Arku, C., 2010. I cannot drink water on an empty stomach: a gender perspective on living with drought. *Gend. Dev.* 18, 115–124. <https://doi.org/10.1080/13552071003600091>

- Baird, T.D., Leslie, P.W., McCabe, J.T., 2009. The effect of wildlife conservation on local perceptions of risk and behavioral response. *Hum. Ecol.* 37, 463–474.
<https://doi.org/10.1007/s10745-009-9264-z>
- Banerjee, R., 2014. Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. *Nat. Hazards* 75, 2829–2845. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1466-z>
- Below, T.B., Mutabazi, K.D., Kirschke, D., Franke, C., Sieber, S., Siebert, R., Tscherning, K., 2012. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Glob. Environ. Chang.* 22, 223–235.
<https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012>
- Bitterman, P., Bennett, D.A., Secchi, S., 2019. Constraints on farmer adaptability in the Iowa-Cedar River Basin. *Environ. Sci. Policy* 92, 9–16.
<https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.004>
- Boillat, S., Berkes, F., 2013. Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity. *Ecol. Soc.* 18, 21. <https://doi.org/10.5751/ES-05894-180421>
- Brasil, 2002. Ministério do Meio Ambiente. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S., Herrero, M., 2013. Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. *J. Environ. Manage.* 114, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>
- Buelow, F., Cradock-Henry, N., 2018. What You Sow Is What You Reap? (Dis-)Incentives for Adaptation Intentions in Farming. *Sustainability* 10, 1133.
<https://doi.org/10.3390/su10041133>
- Campos, M., McCall, M.K., Gonzalez-Puente, M., 2014a. Land-users' perceptions and adaptations to climate change in Mexico and Spain: commonalities across cultural and geographical contexts. *Reg. Environ. Chang.* 14, 811–823.
<https://doi.org/10.1007/s10113-013-0542-3>
- Campos, M., Velázquez, A., McCall, M., 2014b. Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. *Land use policy* 38, 533–540.
<https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.12.017>

- Climate-Data, 2019. Climate-Data: Catimbau [WWW Document]. climate-data.org.
- Cutter, S.L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., Webb, J., 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glob. Environ. Chang.* 18, 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Dhanya, P., Ramachandran, A., 2016. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. *J. Integr. Environ. Sci.* 13, 1–18. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2015.1062031>
- Escarcha, J.F., Lassa, J.A., Palacpac, E.P., Zander, K.K., 2018. Understanding climate change impacts on water buffalo production through farmers' perceptions. *Clim. Risk Manag.* 20, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.03.003>
- Espinosa, M.M., Bieski, I.G.C., Martins, D.T.O., 2014. Sampling in Ethnobotanical Studies of Medicinal Plants, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, Romulo, R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 197–212. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
- Fahad, S., Wang, J., Khan, A.A., Ullah, A., Ali, U., Hossain, M.S., Khan, S.U., Huong, N.T.L., Yang, X., Hu, G.-Y., Bilal, A., 2018. Evaluation of farmers' attitude and perception toward production risk: Lessons from Khyber Pakhtunkhwa Province, Pakistan. *Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J.* 24, 1710–1722. <https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1460799>
- Fosu-Mensah, B.Y., Vlek, P.L.G., MacCarthy, D.S., 2012. Farmers' perception and adaptation to climate change: A case study of Sekyedumase district in Ghana. *Environ. Dev. Sustain.* 14, 495–505. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9339-7>
- GARDRR, 2009. Risk and poverty in a changing climate: invest today for a safer tomorrow, *Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction*. United Nations.
- Gbetibouo, G.A., 2009. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: the case of the Limpopo Basin, South Africa. *Int. Food Policy Res. Inst. Discussion*.
- Gliessman, S.R., 2015. *Agroecology - The Ecology of Sustainable Food Systems*, Third. ed. CRC Press, Boca Raton. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Hartter, J., Dowhaniuk, N., MacKenzie, C.A., Ryan, S.J., Diem, J.E., Palace, M.W., Chapman, C.A., 2016. Perceptions of risk in communities near parks in an African biodiversity hotspot. *Ambio* 45, 692–705. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0775-8>

- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindi, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K.L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijikata, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S.I., Thomas, A., Warren, R., Zhou, G., 2018. Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems, in: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T.W. (Ed.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change*,. pp. 175–311.
- ICMBio, 2002. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Decreto s/nº de 13 de dezembro de 2002. Cria o Parque Nacional do Catimbau, nos Municípios de Ibirimirim, Tupanatinga e Buíque, no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- ICMBio, 2019. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Unidades de Conservação. Parna do Catimbau [WWW Document].
<http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-do-catimbau>.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge. <https://doi.org/10.5860/choice.39-3433>
- Magalhães, H.F., Oliveira, R.C.S., Feitosa, I.S., Albuquerque, U.P., 2019. Collection and Analysis of Environmental Risk Perception Data, in: Albuquerque, U. P.; Lucena, R. F. P.; Cruz da Cunha, L. V. F.; Alves, R.R.N. (Ed.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 149–159. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8919-5_11
- Mardero, S., Schmook, B., Radel, C., Christman, Z., Lawrence, D., Millones, M., Nickl, E., Rogan, J., Schneider, L., 2015. Smallholders adaptations to droughts and climatic variability in southeastern Mexico. *Environ. Hazards* 14, 271–288.
<https://doi.org/10.1080/17477891.2015.1058741>

- Marengo, J.A., Bernasconi, M., 2015. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climatic Change* 129, 103–115. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1310-1>
- Martin, K., Sauerborn, J., 2013. *Agroecology*. Springer Science/ Business Media, Dordrecht.
- Martins, E.S.P.R., De Nys, E., Molejón, C., Biazeto, B., Silva, R.F. V., Engle, N., 2015. Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas, Série Água Brasil. Banco Mundial, Brasília. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4238.8886>
- ME, 2015. Mapeamento e análise espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal do bioma caatinga. Ministério da Educação/ Fundação Joaquim Nabuco, Recife.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravilious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., Gordon, J.E., 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J. Biogeogr.* 33, 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Ndamani, F., Watanabe, T., 2017. Determinants of Farmers' Climate Risk Perceptions in Agriculture—A Rural Ghana Perspective. *Water* 9, 210. <https://doi.org/10.3390/w9030210>
- Niles, M.T., Lubell, M., Brown, M., 2015. How limiting factors drive agricultural adaptation to climate change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 200, 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.010>
- Nyantakyi-Frimpong, H., Bezner-Kerr, R., 2015. The relative importance of climate change in the context of multiple stressors in semi-arid Ghana. *Glob. Environ. Chang.* 32, 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.003>
- Nyong, A., Adesina, F., Elasha, B.O., 2007. The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.* 12, 787–797. <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9099-0>
- Oliveira, R.C.D.S., Albuquerque, U.P., da Silva, T.L.L., Ferreira Júnior, W.S., Chaves, L.D.S., Araújo, E.D.L., 2017. Religiousness/spirituality do not necessarily matter: Effect on risk perception and adaptive strategies in the semi-arid region of NE Brazil. *Glob. Ecol. Conserv.* 11, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.05.004>
- Peel, M. C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, 1633–1644.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A., 2006. An Overview of the Plant Diversity, Biogeography and Conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests,

- in: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A. (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*. CRC Press, Boca Raton, pp. 1–29.
- Quinn, C.H., Huby, M., Kiwasila, H., Lovett, J.C., 2003. Local perceptions of risk to livelihood in semi-arid Tanzania. *J. Environ. Manage.* 68, 111–119.
[https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00013-6)
- R Development Core Team, 2019. The R Project for Statistical Computing News via Twitter [WWW Document]. R Dev. Core Team. URL <https://www.r-project.org/> (accessed 5.16.19).
- Reyes-García, V., Vadez, V., Huanca, T., Leonard, W.R., Mcdade, T., 2007. Economic Development and Local Ecological Knowledge : A Deadlock ? Quantitative Research from a Native Amazonian Society. *Hum. Ecol.* 35, 371–377.
<https://doi.org/10.1007/s10745-006-9069-2>
- Rizwan, M., Ping, Q., Saboor, A., Ahmed, U.I., Zhang, D., Deyi, Z., Teng, L., 2019. Measuring rice farmers’ risk perceptions and attitude: Evidence from Pakistan. *Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J.* <https://doi.org/10.1080/10807039.2019.1602753>
- Rodriguez, N., Eakin, H., De Freitas Dewes, C., 2017. Perceptions of climate trends among Mexican maize farmers. *Clim. Res.* 72, 183–195. <https://doi.org/10.3354/cr01466>
- Santos, D.M., Silva, K.A., Albuquerque, U.P., Santos, J.M.F.F., Lopes, C.G.R., Araújo, E.L., 2013. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? *Flora* 208, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.07.006>
- Sieber, S.S., Medeiros, P.M., Albuquerque, U.P., 2011. Local Perception of Environmental Change in a Semi-Arid Area of Northeast Brazil: A New Approach for the Use of Participatory Methods at the Level of Family Units. *J. Agric. Environ. Ethics* 24, 511–531. <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9277-z>
- Silva, J.M.C., Barbosa, L.C.F., Leal, I.R., Tabarelli, M., 2017. The Caatinga: Understanding the Challenges, in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds.), *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer International Publishing, pp. 3–19.
- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.10.008>

- Silva, T.C., Cruz, M.P., Araújo, T.A.S., Schwarz, M.L., Albuquerque, U.P., 2014. Methods in Research of Environmental Perception, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 99–109.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
- Singh, C., Osbahr, H., Dorward, P., 2018. The implications of rural perceptions of water scarcity on differential adaptation behaviour in Rajasthan, India. *Reg. Environ. Chang.* 18, 2417–2432.
- Sjoberg, L., 2000. Factors in Risk Perception. *Risk Anal.* 20, 1–11.
<https://doi.org/10.1111/0272-4332.00001>
- Sjöberg, L., 2000. The methodology of risk perception research. *Qual. Quant.* 34, 407–418.
<https://doi.org/10.1023/A:1004838806793>
- Slegers, M.F.W., 2008. “If only it would rain”: Farmers’ perceptions of rainfall and drought in semi-arid central Tanzania. *J. Arid Environ.* 72, 2106–2123.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.06.011>
- Smit, B., Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob. Environ. Chang.* 16, 282–292. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Smith, K., Barret, C.B., Box, P.W., 2001. Not Necessarily in the Same Boat: Heterogeneous Risk Assessment Among East African Pastoralists. *J. Dev. Stud.* 37, 1–30.
<https://doi.org/10.1080/00220380412331322101>
- Smith, K., Barrett, C.B., Box, P.W., 2000. Participatory risk mapping for targeting research and assistance: With an example from East African pastoralists. *World Dev.* 28, 1945–1959. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00053-X)
- Takahashi, B., Burnham, M., Terracina-Hartman, C., Sopchak, A.R., Selfa, T., 2016. Climate Change Perceptions of NY State Farmers: The Role of Risk Perceptions and Adaptive Capacity. *Environ. Manage.* 58, 946–957. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0742-y>
- Teka, O., Houessou, G.L., Oumorou, M., Vogt, J., Sinsin, B., 2013. An assessment of climate variation risks on agricultural production: perceptions and adaptation options in Benin. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* 5, 166–180.
- Wang, S., Cao, W., 2015. Climate change perspectives in an Alpine area, Southwest China: A case analysis of local residents’ views. *Ecol. Indic.* 53, 211–219.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.024>
- Weber, E.U., 2010. What shapes perceptions of climate change ? *WIREs Clim. Chang.* 1,

332–342. <https://doi.org/10.1002/wcc.41>

Zheng, Y., Dallimer, M., 2016. What motivates rural households to adapt to climate change?

Clim. Dev. 8, 110–121. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1005037>

Zografos, C., Anguelovski, I., Grigorova, M., 2016. When exposure to climate change is not

enough: Exploring heatwave adaptive capacity of a multi-ethnic, low-income urban

community in Australia. *Urban Clim.* 17, 248–265.

<https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.06.003>

4 FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL

(Artigo submetido à revista *Frontiers in Environmental Science* em 02 de julho de 2021)

Normas para os autores:

<https://www.frontiersin.org/about/author-guidelines>

Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeast Brazil

Henrique Fernandes Magalhães^{1,2}, Ivanilda Soares Feitosa^{1,2,3}, Elcida de Lima Araújo^{1,2}, Ulysses Paulino Albuquerque^{1,2}*

¹ Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Departamento de Biologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Avenida Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, 52171-900, Recife, Pernambuco, Brazil

² Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos, Departamento de Botânica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, 50670-901, Recife, Pernambuco, Brazil

³ *In memoriam*

*** Correspondence:**

Ulysses Paulino Albuquerque
upa677@hotmail.com

Key words: climate change, semi-arid regions, smallholder farmers, disease perception, adaptive strategies.

SUMMARY

People living in areas vulnerable to diseases caused by extreme climate change events, such as semiarid regions, tend to recognize them quickly and, consequently, develop strategies to cope with their effects. Our study investigated the perception of diseases by farmers living in the semiarid region of Northeast Brazil and the adaptive strategies locally developed and used. To this end, the effect of the incidence and severity of locally perceived diseases on the frequency of adaptive responses adopted by the farmers was tested. The research was conducted in rural communities in the Pernambuco State, Northeast Region of Brazil. Semi-structured interviews with 143 farmers were conducted to collect information about major drought and rainfall events, the perceived diseases related to these events, and the adaptive strategies developed to mitigate them. The incidence and severity of diseases perceived by farmers were calculated using the Participatory Risk Mapping method and the frequency of adaptive strategies. Our findings demonstrated that few climate change-related diseases were frequently mentioned by farmers, indicating low incidence rates. Among them, direct transmission diseases were the most frequently mentioned. Adaptive strategies to deal with the mentioned diseases related to prophylactic behavior were less mentioned, except if already utilized. Our model demonstrated that incidence was the only explanatory variable with a significant impact on the adaptive strategies used to deal with the effects of these risks on health. Our findings suggest that the estimated incidence of diseases should be considered in the development of predictive climate change models for government policy measures for the public health security of populations in areas of greater socio-environmental vulnerability.

INTRODUCTION

There is extensive evidence that the global climate is changing rapidly. A recent survey by the World Meteorological Organization (WMO, 2020) demonstrated that 2015 to 2019 were the five warmest years on record compared to any other equivalent period in history. Such changes drive the incidence of heatwaves, floods, and storms and affect the dynamics of air, water, and food supply, which are key drivers of human health (WHO, 2009).

Human health problems caused by extreme climate change events (e.g., prolonged droughts and rainfall) are diverse, ranging from heatwave related diseases and mortalities to infections transmitted by different vectors, causing respiratory problems and mental illness (McMichael et al., 2006; Younger et al., 2008; McMichael, 2013). According to data from the World Health Organization (WHO), an increase of up to 250,000 deaths is expected between 2030 and 2050 due to climate change impacts on human health (Watts et al., 2015). Climate change impacts pose significant global threats to human health, and the projections are staggering (e.g., McMichael et al., 2006; Costello et al., 2009; Hayes et al., 2018; Watts et al., 2018; Austin et al., 2020).

Diseases arising from climate change risks are diverse and transmitted directly and indirectly (Smith Jr. et al., 2014; Watts et al., 2018). Direct transmission occurs primarily with changes in the frequency of non-seasonal weather conditions, such as droughts and intense, prolonged rainfall. Indirect transmission occurs through natural systems, such as disease vectors and infections transmitted through water and air pollution, or by human systems, such as occupational factors, malnutrition, and mental stress (Smith Jr. et al., 2014). Some authors also prefer to categorize the impacts of climate change on human health into primary, secondary, and tertiary risks (Butler and Harley, 2010; McMichael, 2013). The primary, secondary, and tertiary risks correspond to direct transmission; indirect transmission mediated by biophysical and ecological processes and systems (such as variation in water flow) and by vectors of infectious diseases; and indirect transmission that arises, for example, as consequences of tensions and conflicts arising from factors related to climate change, such as migration and shortage of basic resources (these risks include mental health problems; McMichael, 2013) respectively. This study uses both classification criteria, considering secondary and tertiary risks as subcategories of indirect risks.

The health of vulnerable human populations tends to be more impacted by extreme climate change events, largely due to reduced access to health services and the barriers in

seeking these services (Handley et al., 2014; Hayes et al., 2018). This includes rural populations living in semiarid regions, which, in addition to low rainfall totals and annual and inter-annual irregularities in rainfall patterns, have poor infrastructure for coping with the adversities of climate change (Banerjee, 2014; Dhanya and Ramachandran, 2016). In the semiarid region of Northeast Brazil, for example, the dependence on forest resources and the low income of rural populations have already been documented, factors that make rural populations more vulnerable to climate change (Albuquerque et al., 2012; Santos et al., 2013; Silva et al., 2017; Gonçalves et al., 2021).

Vulnerability, according to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), corresponds to the predisposition of a given population and/or locality to be impacted by changes in climate and occurs as a function of three main factors: sensitivity, adaptive capacity, and exposure (IPCC, 2007). Sensitivity corresponds to the way a system can be affected (negatively or not); adaptive capacity corresponds to the ability to cope (minimizing or avoiding) with damage; and exposure corresponds to the presence of people, systems, and their relationships, which can be potentially impacted by the effects of climate change (IPCC, 2007). Thus, it is acknowledged that semiarid regions are more vulnerable because local human populations depend more on the natural resources provided locally for their subsistence and because they are more sensitive and exposed to the adverse effects of climate change. Based on this premise, these populations tend to recognize incident diseases associated with climate change more quickly (McMichael et al., 2006; Lafferty, 2009; Bhatta et al., 2020). Thus, in addition to the search for understanding how climate change interferes with people's way of life, it is essential to evaluate the perception of human populations in this context because people tend to develop knowledge and practices related to health to prevent the spread of diseases, modifying local medical systems (Ferreira Jr. et al., 2015). Therefore, local medical systems may offer clues about recent changes in disease incidences on a time scale (Estomba et al., 2006; Ferreira Jr. et al., 2015; Santoro et al., 2015; Santoro and Albuquerque, 2020).

Considering diseases as risks to human health, which can be caused or enhanced by extreme climate events, this study defines risks as potentially unfavorable or harmful circumstances arising from the effects generated by environmental changes in people's daily lives (Smith et al., 2000). According to the United Nations Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR), risk can also correspond to the probability of the occurrence of an adverse effect arising from an environmental phenomenon (UNDRR, 2009). Thus, the perception of risk can be used to anticipate change and enable the development of adaptive strategies to deal with

potential negative effects. These adaptive strategies can be characterized as reactions or adjustments to situations perceived as risky at the collective or individual level (Smith et al., 2000; Smit and Wandel, 2006; Boillat and Berkes, 2013; Oliveira et al., 2017). This study considered both long-term (prophylactic) and short-term (therapeutic/treatment) adaptive strategies.

In relation to perceptions of risks arising from climate change, whether on a local or regional scale, there is evidence that disease incidence may be related to the adoption of adaptive mitigation strategies (e.g., Lafferty, 2009; Oloukoi et al., 2014; de Perez et al., 2015; Bhatta et al., 2020). Although the severity assigned to diseases has received little attention in the literature, it is believed that adaptive strategies may be adopted based on the classification of diseases according to their severity, as has been recorded in studies on environmental risk perception (e.g., Smith et al., 2000; Quinn et al., 2003; Baird et al., 2009). Identifying popular strategies to adjust to climate change and avoid health risks is a gap to be filled in scientific knowledge, potentially contributing to collective public health management.

Thus, understanding how residents of semiarid regions—areas having a high probability of extreme climate change events and their direct implications, such as water scarcity (Martins et al., 2015)—perceive health risks and manage them amidst increasingly accelerated climate change is essential for the development and implementation of more effective adaptive responses (Austin et al., 2020). Thus, our study investigated the perception of farmers living in the semiarid region of Northeast Brazil about local diseases, highlighting the adaptive strategies locally developed and used to mitigate health-related problems. We tested how far the incidence and severity of diseases related to climate change drive adopted adaptive responses. It is expected that there is a higher frequency of adaptive strategies developed for more incidents and more severe diseases.

MATERIALS AND METHODS

Study Area

The study was developed in two semiarid areas in the State of Pernambuco, Northeast Brazil (Fig. 1). The first was the Catimbau National Park (Catimbau NAPAR), a Conservation Unit that covers 62,294.14 hectares, located between the “agreste” and “sertão” of the State of Pernambuco in the domain of three municipalities in the São Francisco River Basin: Buíque,

Tupanatinga, and Ibimirim (ICMBio, 2002) (Fig. 2). In the Catimbau NAPAR, six rural communities were selected: Muquem (8.49414° S; 37.2999° W), Breus (8.49076° S; 37.29059° W), Açude Velho (8.4592° S; 37.30289° W), Tunel (8.46208° S; 37.31967° W), Dor de Dente (8.51355° S; 37.31413° W) and Igrejinha (8.49966° S; 37.25743° W). The total number of local adult residents in each of these communities, according to data obtained through the Family Health Program (FHP) of the Municipality of Buíque, were: Muquem (n = 38), Breus (n = 32), Açude Velho (n = 17), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 13), and Igrejinha (n = 112), totaling 218 people.

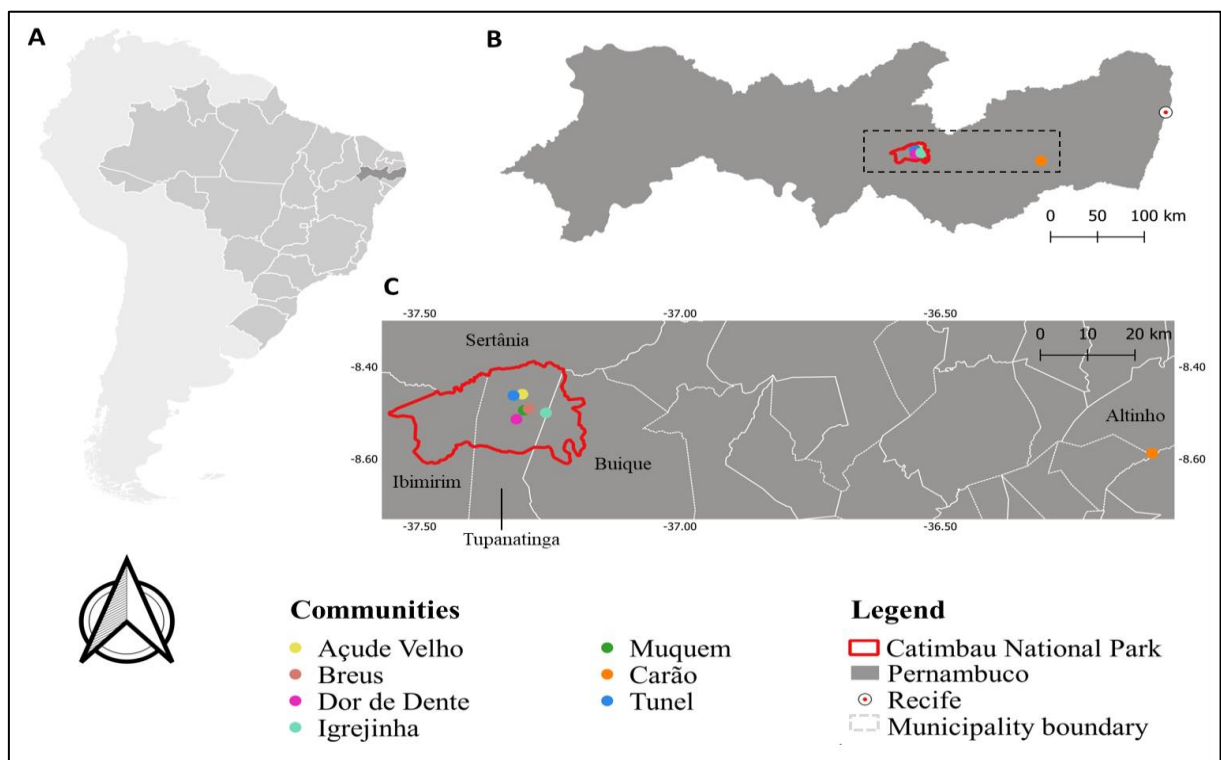


Figure 1 | Map of the Catimbau National Park location, highlighting the rural communities of the research (Açude Velho, Breus, Dor de Dente, Igrejinha, Muquem, and Tunel) and Carão, Municipality of Altinho (Pernambuco State, semiarid region of Northeast Brazil).

The second selected area was the rural community of Carão (08° 35' 13.5" S and 36° 05' 34.6" W), in the Municipality of Altinho, State of Pernambuco, located in the center of the “agreste,” 168 km from the state capital. According to information obtained through the Carão health center, the local population currently consists of 140 people (27 were under 18 years old) in 55 family units (households; Fig. 3).



Figure 2 | Landscape of Igrejinha, rural community located in the Catimbau National Park (Pernambuco State, semiarid region of Northeast Brazil). Photo: Henrique F. Magalhães.

The semiarid tropical climate (BSh), according to the Köppen-Geiger Scale, typical of the semiarid region of Northeast Brazil (Alvares et al., 2013), is predominant in both the Catimbau NAPAR (ME, 2015) and Carão (Cruz et al., 2014). In the Catimbau NAPAR, the mean annual temperature is 23° C, with great interannual irregularity in rainfall, varying from 650 to 1100 mm annually (ME, 2015). All rural communities selected for the study in the Catimbau NAPAR are located in the driest strip of the park (PELD Catimbau, 2016). The annual temperature in Carão is around 25° C, with an average rainfall of around 622 mm between March and July (BDE, 2017).



Figure 3 | Landscape of the Carão rural community, located in the municipality of Altinho (Pernambuco State, semiarid region of Northeast Brazil). Photo: Regina C. S. Oliveira.

Droughts are recurrent climatic events in Northeast Brazil and are generally associated with the El Niño phenomenon, which results in lower rainfall than the historical average in this semiarid region, which is about 800 mm per year (Magalhães, 2016; Marengo et al., 2018). Additionally, the precipitation is concentrated in a few months and evapotranspiration levels exceed 2,000 mm per year. As the semiarid region is a climatic frontier area, any decrease in relation to the average may have a large impact (Magalhães, 2016). Based on historical records, as illustrated in Table 1, in the last fifty years, there were at least nine periods of prolonged drought in the semiarid region of the Brazilian Northeast, which brought intensive losses to both the ecosystem and people's livelihoods: 1979–1983, 1986–1987, 1992–1993, 1997–1999, 2002–2003, 2005, 2007–2008, 2010, and 2012–2017 (Marengo et al., 2017, 2018; Lima and Magalhães, 2018; Cunha et al., 2019). Since 2010, the region has experienced the longest and most severe drought periods in its history, especially since 2015, due to the El Niño phenomenon (Marengo et al., 2018). According to data from the Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2021), the Pernambuco State had lower precipitation and higher temperature averages in some months of an otherwise average year (Figs. 4 and 5).

Table 1 | History of drought periods in the Northeast Region of Brazil.

| 16th Century | 17th Century | 18th Century | 19th Century | 20th Century | 21st Century |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 1583 | 1603 | 1707 | 1804 | 1900 | 2001–2002 |
| 1587 | 1608 | 1710–1711 | 1808–1809 | 1902–1903 | 2005–2007 |
| | 1614 | 1721–1727 | 1810 | 1907 | 2010 |
| | 1624 | 1730 | 1814 | 1915 | 2012–2018 |
| | 1645 | 1736–1737 | 1816–1817 | 1919 | |
| | 1652 | 1744–1747 | 1824–1825 | 1932–1933 | |
| | 1692 | 1751 | 1827–1829 | 1936 | |
| | | 1754 | 1830–1833 | 1941–1944 | |
| | | 1760 | 1844–1845 | 1951–1953 | |
| | | 1766 | 1870 | 1958 | |
| | | 1771–1772 | 1877–1879 | 1966 | |
| | | 1777–1778 | 1888–1889 | 1970 | |
| | | 1783–1784 | 1891 | 1976 | |
| | | 1791–1793 | 1897–1899 | 1979–1981 | |
| | | | | 1982–1983 | |
| | | | | 1986–1987 | |
| | | | | 1990–1993 | |
| | | | | 1997–1998 | |

Source: Marengo et al. (2020).

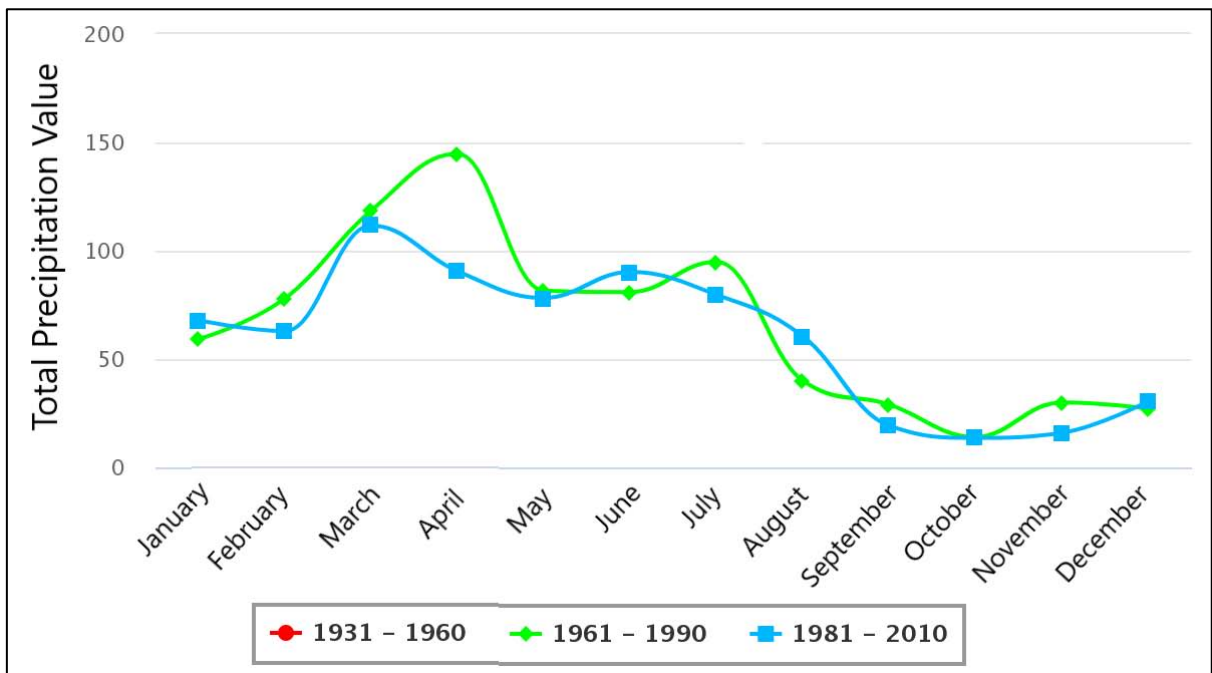


Figure 4 | Comparative graph of historical variations in accumulated precipitation (mm) in the Pernambuco State in three annual intervals of thirty years. Source: Adapted from INMET (2021).

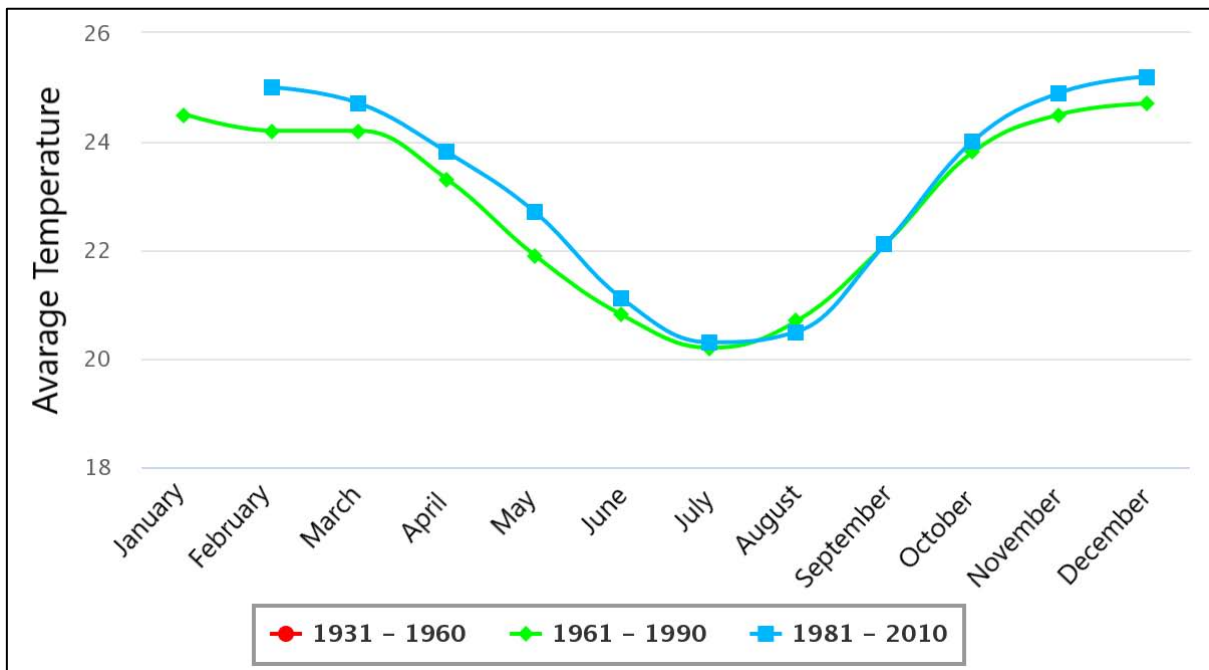


Figure 5 | Comparative graph of historical variations in average temperature (°C) in the Pernambuco State in three annual intervals of thirty years. Source: Adapted from INMET (2021).

In the Catimbau NAPAR and Carão, this research was carried out with small farmers whose main source of local income is derived from subsistence agriculture and livestock, with emphasis on the planting of corn and beans and the operation of small goat, cattle, pig, and poultry farms. However, both areas have suffered agricultural losses and water resource shortages, characterizing them as risk areas for extreme drought events (Martins et al., 2015; Marengo et al., 2018), which may imply the proliferation of diseases related to extreme events of climate change (WHO, 2009). In the Catimbau NAPAR, this situation is aggravated by socio-environmental conflicts that have distinguished the area since it was founded (in 2002), involving the park management body—the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio) —and residents, who had never been compensated since the park’s foundation and continue to live within the area, which is not legally permitted, according to the National System of Conservation Units (Brasil, 2000). Such a scenario made it very difficult for us to access some people living in the region because our presence was interpreted as an intervention by the environmental agency responsible for the park’s administration. To alleviate this situation, we adopted a cautious approach to residents, based on informal conversations and by explaining our project. For this reason, we also started our data collection in Carão, as we wanted to obtain a larger sample and, for the reasons mentioned above, Catimbau NAPAR was no longer a viable alternative. We chose Carão because our team has been conducting

research in the region for 13 years and, therefore, has extensive knowledge about the site and a good relationship with residents.

Legal Procedures and Informant Selection

To meet the legal aspects of research involving humans, this study was submitted and approved by the Research Ethics Committee of the University of Pernambuco, according to the Certificate of Submission for Ethics Appreciation (CSEA) number 89890617.1.0000.5207. All residents who agreed to participate in the research were asked to sign a free and informed consent form, as governed by the current legislation of the National Health Council (Resolution No. 466/ 2012).

The initial contact with both rural communities was made through a previous survey on the number of households in each of the seven communities in the study (in the case of Carão, this step was not necessary due to long-term studies conducted by our team in the region for at least ten years). Data regarding the number of people living in each rural community were obtained through the Family Health Program (FHP) of Vila do Catimbau, Buíque Municipality (PE), and the health center of Carão, Altinho Municipality (PE). Adults and older people (above 18 years old) living in rural communities were chosen.

Data Collection and Processing

Data collection for the study occurred between July 2018 and September 2019. Of the 358 residents in the two study areas (218 in the Catimbau NAPAR and 140 in Carão, as mentioned above), it is important to note that some of these residents are above 60 years old and have health problems. Additionally, some residents were not available at the time of the survey and refused to participate in the research (especially in the Catimbau NAPAR, a scenario of numerous socio-environmental conflicts, as previously mentioned). Thus, our sample was ultimately composed of 143 people who agreed to participate in the study, comprising 94 people living in the Catimbau NAPAR in the six selected rural communities: Muquem (n = 30), Breus (n = 20), Açude Velho (n = 9), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 4), and Igrejinha (n = 25); and 49 people living in Carão.

Before our fieldwork, the study's aims and methods were explained to potential informants to clarify doubts. Participation in the survey was voluntary. We also conducted a pilot study to ensure that the interviewers understood the questions.

The data were collected from a census, and representatives of the population who agreed to participate in the research were selected (Espinosa et al., 2014). The residents who had information relevant to our study, including people who lived in the same household, were interviewed. The information collected was carefully evaluated, and inconsistencies or biases that compromised the validity of the information were discarded. Based on our observations and information from the scientific literature, people from the same family or who live in the same household do not necessarily have the same experiences or develop the same adaptive climate change strategies. This depends on other correlated factors, such as agriculture and risk experience (e.g., Weber, 2010; Bryan et al., 2013; Rodriguez et al., 2017).

To analyze perceptions of climate change-related diseases, semi-structured interviews were conducted to focus on the participants due to the flexibility of previously designed questions (Albuquerque et al., 2014; Magalhães et al., 2019). The field interviews were organized in two stages, which are described below. In the first stage, each participant was identified and asked about the years in which major extreme weather events (non-seasonal) occurred, such as droughts and rainfall. Without this design, the participants could have cited diseases related to environmental change in general and not those specifically related to climate change. Extreme droughts were the most characteristic climate change events faced in semiarid regions, with the period between 2012 and 2015 being pointed out as the most critical in the last 50 years (Martins et al., 2015). By comparing historical data on drought events in Northeast Brazil (Table 1), the historical data cited by our informants were validated because they corresponded with the scientific data (such as the year 1993 and the period 2012–2014, the most mentioned by farmers in both study areas). Thereafter, using the free list technique (Silva et al., 2014), the participants were asked to name or list diseases perceived as a result of the extreme drought and rainfall events in the region. We emphasize here that because the focus of the proposal of our experimental design was diseases “perceived by people” and not “scientifically designated” diseases, we do not use previously cataloged information regarding the incident diseases in the regions.

In the second stage, based on the list of mentioned diseases, each participant was asked to classify and organize them according to their severity i.e. the degree of impact on their lives (Smith et al., 2000). The severity of the diseases was represented by numbers following a

decreasing ordinal classification (for example, number 1 represented the disease considered the most serious; number 2, the disease considered the second most serious; and so on). Additionally, based on each disease mentioned, the participants were asked about adaptive strategies used (if any) to mitigate them. In this study, the adaptive strategies, to paraphrase Smit and Wandel (2006), were considered responses developed by the participants to mitigate the potentially harmful effects arising from the diseases they perceived.

Although age was one of the main differences between our two areas of study, as Carão has a higher proportion of older people (80.7%), we chose not to categorize the sample sizes according to the age for each place of study due to the diverse evidence from scientific literature demonstrating that age is not a good predictor of the number of extreme weather events or perceived risks related to these weather phenomena. In this sense, a person's experience in agriculture explains much more than age (Slegers, 2008; Gbetibouo, 2009; Fosu-Mensah et al., 2012). For example, a 60-year-old person may have lived for 40 years outside the community and participated in activities unrelated to agriculture; and a 35-year-old person could have worked in agriculture for 30 years. In this case, the younger person has more experience in agriculture than the older person and, therefore, would tend to perceive a greater number of extreme weather events and risks related to these phenomena. We believe that studies that consider categorizing sampling units according to the length of experience in agriculture, (which was not our study proposal), can provide interesting insights.

Data Analysis

The incidence index (I_i) and the severity index (S_j) attributed to each perceived illness were initially calculated to test our hypothesis using the method suggested by Baird et al. (2009), adapted from Smith et al. (2000), and the objective was to understand and describe the local risk perception (in this case, diseases and risks to human health). Originally, this method—Participatory Risk Mapping (PRM)—was developed to assess and quantitatively evaluate perceived environmental risks (Smith et al., 2000; Baird et al., 2009). Compared to other methods used for this same purpose, the PRM stands out for being an extremely accurate and easily applicable method, which enables the researcher to assess the potential that a particular risk has of affecting people's lives (Silva et al., 2014; Magalhães et al., 2019). To the best of our knowledge, this is the first time the PRM has been applied to the perception of specific risks to human health (diseases).

The incidence index (I_i) corresponds to the ratio between the number of people who mentioned a certain disease (nr) and the total number of people in the sample (n_j), represented by the equation:

$$I_i = \frac{nr}{n_j}$$

The values assumed by I_i can vary between 0 and 1, which corresponds to the lowest and 1 corresponds to the highest incidence respectively.

Following the method proposed by Baird et al. (2009), the disease severity indexes (S_j) were calculated in two steps. Initially, the individual value of the risk severity index (R_{ij}) was obtained by the equation:

$$R_{ij} = 1 - r_{ij} - \frac{1}{n_i}$$

where n_i represents the total number of risks mentioned by each informant (i), and r_{ij} represents the classification of each risk individually. Next, all the results found for R_{ij} were summed and divided by the number of times the risk was mentioned as the most serious (N_j). Next, the severity index (S_j) was obtained, with values ranging between 0 (risks that are not considered serious) and 1 (risks considered extremely serious), using the following equation:

$$S_j = \sum_{i=1} N_j = 1 - \frac{R_{ij}}{N_j}$$

Some of the obtained I_j and S_j results were represented using risk maps, graphical representations that allow the analysis of the space and distribution of incidence and severity of the mentioned diseases. As observed in the risk maps (Figs. 4 and 5), the upper part of the graph illustrates the first quadrant (where it is possible to observe the diseases classified as low incidence and very serious) and the second quadrant (where the diseases locally considered as high incidence and very serious appear); and the lower part displays the third quadrant (where the diseases perceived as low incidence with low severity are illustrated) and the fourth quadrant (where flu, a disease classified as not very serious, although with high local incidence is illustrated). Here, influenza is highlighted because it was the only disease mentioned in the fourth quadrant whose incidence was high. For this purpose, the PRM proposed by Baird et al. (2009) is the most recommended because the type of severity index (S_j) classification used facilitates both the elaboration and interpretation of risk maps (Baird et al. 2009) due to the similarity of the type of values presented by the incidence indices (I_i) and severity (S_j). For that reason, we opted for this model.

To calculate the incidence of adaptive strategies used to mitigate the diseases perceived by farmers, a similar logic to that used to calculate the incidence of risk (I_j), mentioned earlier, was adopted. The difference was to divide the number of adaptive strategies mentioned for each disease by the participants' total number of adaptive strategies. The indexes obtained in relation to the incidence of adaptive strategies (whose values could also vary from 0 to 1) were used in our analysis as dependent variables. The values of I_j and S_j were used as independent variables.

Subsequently, the data regarding perceived diseases were categorized (into direct and indirect diseases), and the mentioned adaptive strategies were classified (into therapeutic and prophylactic behavioral strategies) by the resident farmers of the Catimbau NAPAR (see Tables 1 and 3) and Carão (see Tables 2 and 4) regions to facilitate the explanation and discussion of our results. Finally, our hypothesis was tested for both areas using generalized linear models (GLM) with Gaussian distribution, in which the data were processed by calculating the logarithm (base 10) of $n + 1$ value to reduce the possible effects of large variation amplitudes. The statistical test was performed using the software R, version 3.6.3 (R Development Core Team 2019).

RESULTS

Perceived Diseases Related to Climate Change and Adopted Adaptive Strategies

A total of 42 diseases related to drought and prolonged rainfall events were mentioned by farmers living in the Catimbau NAPAR. The farmers in Carão mentioned 31 diseases related to extreme climate change events. These diseases were listed in two categories based on their sources of transmission: direct (or primary) and indirect (subcategorized into secondary and tertiary), when transmission occurs through climatic phenomena, such as rain and heatwaves, and mediation of natural processes or systems (such as contaminated water or vectors) or human systems (fatigue caused by the need to walk long distances in the intense heat to work) respectively.

In both Catimbau NAPAR and Carão, most of the diseases mentioned were from direct transmission, ($n = 34, 26$), followed by secondary indirect transmission ($n = 6, 4$) and tertiary indirect transmission ($n = 2, 1$). Influenza stands out in the first category as the most frequently mentioned disease among residents of the rural communities of the Catimbau NAPAR (NC (number of citations) = 77) and Carão (NC = 39). The most mentioned diseases in the second

category in both areas were chikungunya (NC = 23,15) and dengue (NC = 11, 10) (Tables 2 and 3).

It is evident that all diseases perceived by farmers living in the two study areas are considered to have a low local incidence (except for influenza, whose incidence is very high, although with low severity; Figs. 4 and 5). Among these, diseases of low severity, such as dengue and cold predominated. Diseases perceived as having high severity were also mentioned, such as pneumonia and chikungunya, a disease of indirect transmission perceived as more serious.

Adaptive strategies were listed in two categories referring to the behavior adopted for developing the strategy: therapeutic behavior, subcategorized according to the origin of the behavior; and prophylactic behavior (Tables 4 and 5). In the Catimbau NAPAR, 19 adaptive strategies were mentioned, including therapeutic (n = 10) and prophylactic behavior strategies (n = 9). In Carão, 14 adaptive strategies were mentioned by local farmers, including therapeutic (n = 8) and prophylactic behavioral strategies (n = 6).

Among the therapeutic strategies, the subcategory that obtained the highest number of mentions, both in the Catimbau NAPAR (n = 4) and Carão (n = 3), is related to the use of pharmaceutical drugs: NC = 112 in the Catimbau NAPAR used for the treatment of 30 locally perceived diseases; and NC = 80 in Carão, used for the treatment of 21 locally perceived diseases. Among the adaptive therapeutic strategies related to the local medical system, the number of citations referring to treatment with local herbal medicines is noteworthy: NC = 89, 63 in the Catimbau NAPAR and Carão, used for the treatment of 19 and 17 locally perceived diseases respectively. It is also worth noting that adaptive strategies were also cited related to individual care, such as resting (NC = 5, 2 in the Catimbau NAPAR, and Carão); and taboo/beliefs in Carão such as using “magic” medicine (NC = 2).

Among the adaptive strategies of prophylactic behavior (n = 9 in the Catimbau NAPAR and n = 6 in Carão), the most frequently mentioned was hydration (NC = 4 in the Catimbau NAPAR and NC = 9 in Carão). This category demonstrates the significance of strategies related to escape/evasion behaviors to avoid sources or vectors that transmit diseases.

Table 2 | Climate change-related diseases perceived by small-scale farmers living in the Catimbau NAPAR, Pernambuco State, Northeast Brazil.

| Category | Subcategory | Disease (n = 42) | Citations (NC) |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Direct (Primary) (n = 34) | | Flu | 77 |
| | | Headache | 21 |
| | | Diarrhea | 17 |
| | | Fever | 14 |
| | | Cold | 14 |
| | | Hypertension | 9 |
| | | Allergy | 6 |
| | | Skin cancer | 6 |
| | | Pneumonia | 5 |
| | | Rheumatism | 5 |
| | | Asthma | 3 |
| | | Sore throat | 3 |
| | | Sinusitis | 3 |
| | | Leg pain | 2 |
| | | Kidney pain | 2 |
| | | Breathlessness | 2 |
| | | Infarction | 2 |
| | | Dry skin | 2 |
| | | Cerebral Vascular Accident | 1 |
| | | Bronchitis | 1 |
| | | Chickenpox | 1 |
| | | Dehydration | 1 |
| | | Earache | 1 |
| | | Back pain | 1 |
| | | Body pain | 1 |
| | | Eye pain | 1 |
| | | Bone pain | 1 |
| | | Rheumatic Fever | 1 |
| | | Skin wounds | 1 |
| | | Prostate inflammation | 1 |
| | | Stuffy nose | 1 |
| | | Rhinitis | 1 |
| | | Measles | 1 |
| | | Cough | 1 |
| Indirect | Secondary (n = 6) | Chikungunya | 23 |
| | | Dengue | 11 |
| | | Zika | 4 |
| | | Diabetes | 1 |
| | | Intestinal infection | 1 |
| | | Urinary Infection | 1 |
| | Tertiary (n = 2) | Fatigue | 3 |
| | | Insomnia | 1 |

Table 3 | Climate change-related diseases perceived by smallholder farmers living in Carão, Pernambuco State, Northeast Brazil.

| Category | Subcategory | Disease (n = 31) | Citations (NC) |
|---------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Direct (Primary) (n = 26) | | Flu | 39 |
| | | Diarrhea | 17 |
| | | Cold | 14 |
| | | Mycosis | 7 |
| | | Headache | 5 |
| | | Pneumonia | 5 |
| | | Bone pain | 4 |
| | | Chickenpox | 3 |
| | | Virus Diseases | 3 |
| | | Mumps | 2 |
| | | Conjunctivitis | 2 |
| | | Dehydration | 2 |
| | | Back pain | 2 |
| | | Breathlessness | 2 |
| | | Rhinitis | 2 |
| | | Measles | 2 |
| | | Sinusitis | 2 |
| | | Cough | 2 |
| | | Asthma | 1 |
| | | Chafing | 1 |
| Bronchitis | 1 | | |
| Migraine | 1 | | |
| Leg pain | 1 | | |
| Kidney pain | 1 | | |
| Stomachache | 1 | | |
| Fever | 1 | | |
| Indirect | Secondary (n = 4) | Chikungunya | 15 |
| | | Dengue | 10 |
| | | Worms | 2 |
| | | Cholera | 1 |
| | Tertiary (n = 1) | Anxiety | 1 |

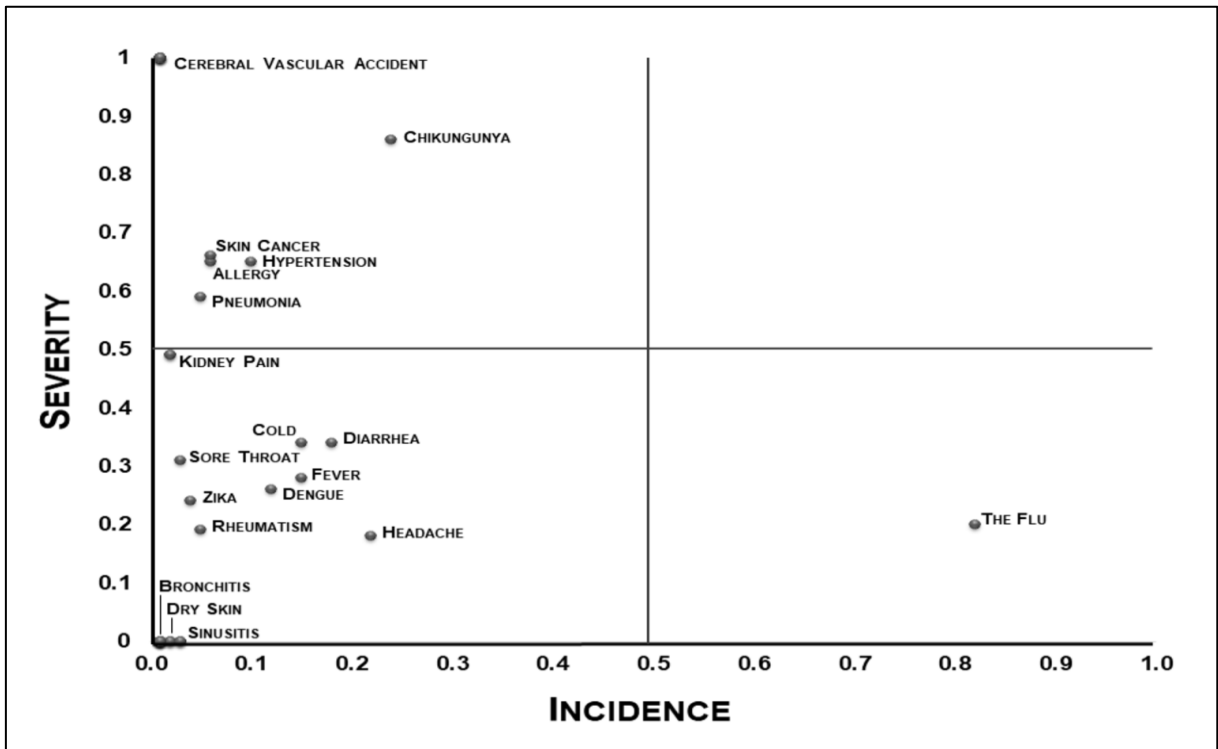


Figure 6 | Map of disease incidence and severity perceived by farmers in the Catimbau NAPAR.

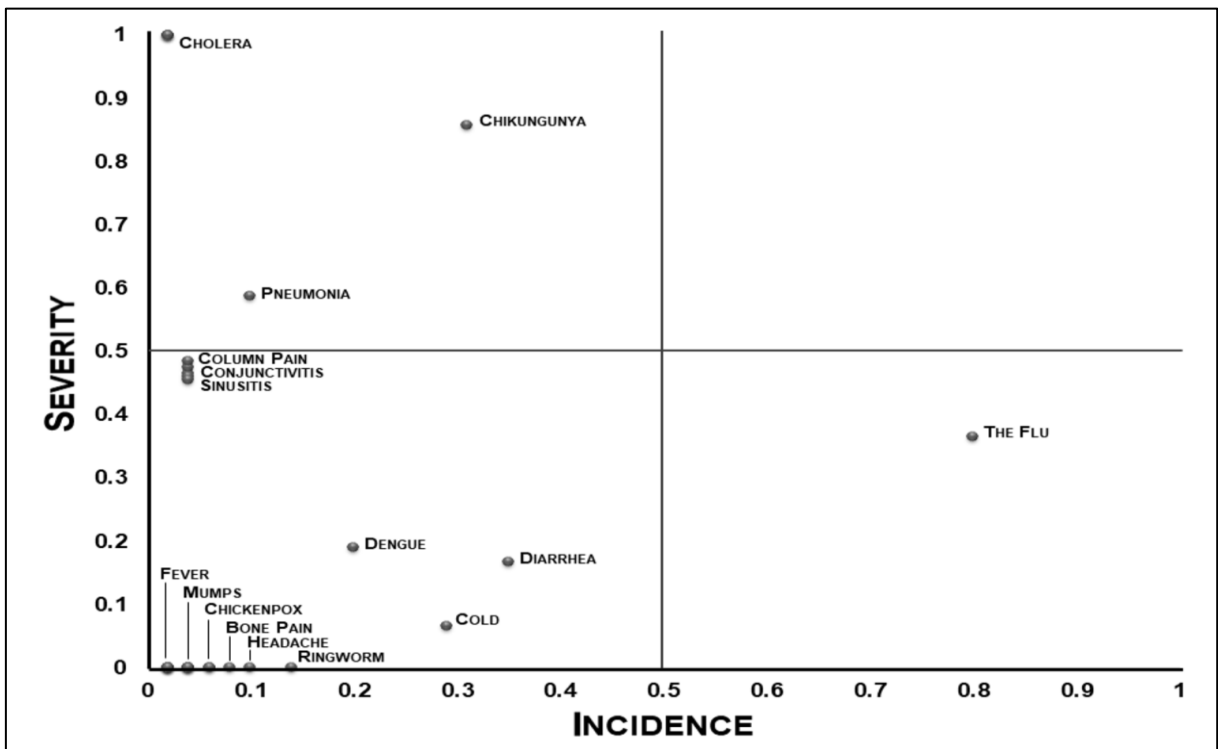


Figure 7 | Map of disease incidence and severity perceived by farmers in Carão.

Table 4 | Adaptive strategies used to mitigate diseases perceived by farmers living in the Catimbau NAPAR, Pernambuco State, Northeast Brazil

| Category | Subcategory | Adaptive strategy (n = 19) | Citations (NC) | Mitigated diseases (NC) |
|-------------------------------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Therapeutic behavior (n = 10) | Western medicine | Treat with pharmaceutical drugs | 112 | 30 |
| | | Seek medical assistance | 18 | 7 |
| | | Get an injection | 2 | 2 |
| | | Get the vaccination | 3 | 3 |
| | Local medical system | Treat with local herbal medicines | 89 | 19 |
| | | Treating with home remedies | 27 | 12 |
| | Individual care | Rest | 5 | 5 |
| | | Wash with water | 1 | 1 |
| | | Dieting | 1 | 1 |
| | Welfarism | Dependence on external assistance | 1 | 1 |
| Prophylactic behavior (n = 9) | | Hydrate | 4 | 4 |
| | | Avoid standing water | 4 | 3 |
| | | Avoid exposure to heat | 2 | 2 |
| | | Avoid exposure to cold | 2 | 2 |
| | | Avoid indigestible foods | 2 | 1 |
| | | Avoid contact with vectors | 1 | 1 |
| | | Avoid stress | 1 | 1 |
| | | Avoid exposure to dust | 1 | 1 |
| | | Measure pressure regularly | 1 | 1 |

Table 5 | Adaptive strategies used to mitigate diseases perceived by farmers living in Carão, Pernambuco State, Northeast Brazil

| Category | Subcategory | Adaptive strategy (n = 14) | Citations (NC) | Mitigated diseases (NC) |
|-------------------------------------|-------------------------------|--|-------------------|----------------------------|
| Therapeutic behavior (n = 8) | Western medicine | Treat with pharmaceutical drugs | 80 | 21 |
| | | Seek medical assistance | 10 | 6 |
| | | Get injection | 4 | 4 |
| | Local medical system | Treat with local herbal medicines | 63 | 17 |
| | | Treating with home remedies | 24 | 8 |
| | Individual care | Rest | 2 | 1 |
| Wash with water | | 1 | 1 | |
| Taboo/ belief | Appealing to “magic medicine” | 2 | 2 | |
| Prophylactic behavior (n = 6) | | Hydrate | 9 | 8 |
| | | Avoid eating iced food | 5 | 4 |
| | | Avoid accumulation of water (e.g., in vases or flowerbeds) | 1 | 1 |
| | | Avoid exposure to heat | 1 | 1 |
| | | Avoid drinking cold water | 2 | 1 |
| | | Eating well | 1 | 1 |

Relationship between the Incidence and Severity of Perceived Illnesses and the Frequency of Used Adaptive Strategies

The incidence and severity attributed to perceived diseases related to climate change explained the frequency of adaptive strategies used among farmers in both the Catimbau NAPAR ($z = 5.221$; $p = 6.22e - 06$) and Carão ($z = 5.617$; $p = 5.15e - 06$; Tables 6 and 7). Among the independent variables tested in our models, the incidence of perceived diseases had great predictive power in both the Catimbau NAPAR ($z = 5.151$; $p = 7.77e - 06$) and Carão ($z = 5.288$; $p = 1.26e - 05$). Severity did not demonstrate predictive power in the models, suggesting that severity may not influence people's perception of diseases related to extreme rainfall and drought events that affect them the most, rather than potentiating them, as expected.

Table 6 | Generalized Linear Model used to test the effect of incidence and severity of diseases perceived by farmers in the Catimbau NAPAR on the frequency of used adaptive strategies. The p-values for the significant predictors are highlighted in bold.

| Sources of variation | Estimate | Error | Value of z | Value of p | AIC |
|-------------------------------|----------|---------|------------|---------------------|---------|
| Intercept | 0.07676 | 0.01470 | 5.221 | 6.22e-06 *** | -103.79 |
| Perceived disease incidence | 0.39922 | 0.07751 | 5.151 | 7.77e-06 *** | |
| Perceived severity of illness | 0.04169 | 0.02639 | 1.579 | 0.122 | |

Table 7 | Generalized Linear Model used to test the effect of disease incidence and severity perceived by Carão farmers on the frequency of used adaptive strategies. The p-values for significant predictors are highlighted in bold.

| Sources of variation | Estimate | Error | Value of z | Value of p | AIC |
|-------------------------------|----------|---------|------------|---------------------|---------|
| Intercept | 0.13081 | 0.02329 | 5.617 | 5.15e-06 *** | -54.959 |
| Perceived disease incidence | 0.56423 | 0.10670 | 5.288 | 1.26e-05 *** | |
| Perceived severity of illness | -0.03816 | 0.04603 | -0.829 | 0.414 | |

DISCUSSION

The results obtained demonstrate that diseases with the highest incidents tend to be prioritized in relation to the adoption of adaptive strategies to deal with their effects, both in the Catimbau NAPAR and Carão. This information is extremely relevant for understanding the importance of local therapeutic and prophylactic behaviors. Few diseases were mentioned very often by farmers, and most diseases had a low incidence. A possible explanation is that the diseases experienced by the population and the resources used for their treatment vary within time scales, which points to the existence of dynamic medical systems that can influence the perception of local populations (Santoro and Albuquerque, 2020). A diachronic study (with

data collected over an eight-year time interval) also conducted in Carão, Santoro and Albuquerque (2020) observed that although incidence has a positive effect on the number of adaptive strategies, both allopathic and traditional medicines, it does not explain the variation in knowledge associated with these treatments, nor their efficacy. Thus, we believe that diachronic variations should not be disregarded in the analysis of disease perception or the related factors because disease incidence can drive the evolution of medical systems at different time scales (Santoro and Albuquerque, 2020).

Another possible explanation is that the diseases identified in this study with low incidence (almost all of them) may correspond to diseases perceived as common locally. People's perception of these diseases is a complex phenomenon related to cognitive factors, such as judgment of environmental events and their local consequences on their way of life (Nyantakyi-Frimpong and Bezner-Kerr, 2015). Although common illnesses are considered to have less severity, data from the United Nations Children's Emergency Fund (UNICEF) and the World Health Organization (WHO) demonstrate that common conditions, such as diarrhea, are among the leading contributors to child mortality worldwide (WHO/UNICEF, 2004; Young et al., 2012). Therefore, this category of perceived diseases should not be neglected in the development of prophylactic and emergency adaptive measures by civil society or public authorities.

In this study, although disease incidence and severity explained the frequency of adaptive strategies used to cope with their effects, the evidence also demonstrated that the predictive power of incidence is greater. This indicates that severity may not exert any influence on people's perception of the diseases that affect them the most in their social-ecological systems, instead of potentiating it, as expected. One possible explanation may be related to the vulnerability of the socio-ecological systems: recent and regular experiences of prolonged drought in the regions (Martins et al., 2015) and their harmful consequences on agroecosystems and farmers. Among these implications, the scarcity of water is highlighted, with implications for people's health; poor infrastructure, which does not meet local needs (the poor condition of local roads, for example); remoteness from the nearest urban centers; and the low purchasing power of farmers. Given this completely unfavorable scenario, it was observed that, as the farmers attested, they find themselves unmotivated or unable to seek adaptive strategies and treatments to deal with diseases perceived as more severe.

Observations about the lack of significance of severity in relation to people's perception of diseases arising from climate change in the Catimbau NAPAR and Carão demonstrate that

local conceptions of severity may be related to people's previous experiences with certain diseases. This possible explanation finds support in evidence from the scientific literature (Miceli et al., 2008; Sachs et al., 2017; Scheideler et al., 2017; Silva et al., 2019). For example, Sachs et al. (2017) demonstrated that diabetic patients' concerns about adverse health events that they consider serious are systematically related to their past personal experiences with the diseases. Silva et al. (2019) observed that university students from Northeastern Brazil tend to store adaptive information regarding diseases considered common and have low severity, which might be related to their experience with the diseases in question. Haque et al. (2012) found that farmers in Bangladesh perceive of greater concern diseases whose incidence is correlated with local extreme climate change events that they have had past personal experiences, such as drought and floods. This correlates with our field observations. Thus, this study supports the authors' argument that these risks related to people's past experiences should receive greater attention when designing and implementing adaptive coping strategies (Haque et al., 2012).

Finally, it was observed that farmers use more adaptive prophylactic behavior strategies. This might be because they are well supported by health information and services, either through a non-governmental organization (in the case of the Catimbau NAPAR communities) or a community health post (in the case of Carão). Research has highlighted that the adoption of personal prophylactic measures is influenced by factors such as knowledge, experience with the disease, and beliefs about health (Weinstein, 1993; Beaujean et al., 2013). Kisomi et al. (2016) found that the low index and inefficiency of prophylactic practices adopted among Malaysian farm workers regarding tick bites, which are transmitters of diseases in humans and animals, are related to low levels of knowledge and health beliefs, although they have extensive experience with the disease. Jin et al. (2020) highlighted the role of emotional factors, negatively correlated with risk communication, in the adoption of prophylactic behaviors related to the COVID-19 contagion. In this case, people's experience with the disease and the amount of information about the risk of contamination is low because it is an emerging disease. Our study concluded that adequate prophylactic planning should be based on an open, honest, and updated flow of information, which can positively direct the adoption of adaptive measures, both prophylactic and therapeutic.

CONCLUSIONS

Our findings can provide useful information regarding the proposal and development of projects aimed at controlling and mitigating the diseases that most affect local populations in a scenario of increasingly extreme climate change in terms of speed and intensity. Hence, the growing importance of the dialogue between local ecological knowledge and scientific knowledge. The absence of this information can hinder understanding how people behave in these risk contexts and, consequently, the proposition of government policy measures favorable to social development in affected regions.

Our results suggest that some people's understanding of incidence and severity may differ from the scientific community's consensus. In this sense, it is advisable to conduct studies at local and global levels to identify the criteria people residing in different sociocultural contexts use to understand the concepts of incidence and severity. We also believe that diachronic studies that consider the influence of disease perception on the number of adaptive measures to treat them and the variation of knowledge associated with these treatments and their efficacy can help unravel the different factors that direct the evolution of medical systems. This can help fill gaps in the health literature.

Methodologically, our research introduced the PRM as a new approach for specific studies on the perception of human health risks. However, although it is a method that has a simple application and great practicality allowing researchers to analyze and evaluate results easily, these results may offer a limited and biased scope if not applied optimally or not considering an ideal scenario. In this sense, some considerations must be acknowledged. Although the low population density of the investigated communities, in addition to the low heterogeneity and the context of socio-environmental conflict evidenced in some communities of the Catimbau NAPAR, did not invalidate our results and conclusions, they may have limited its scope. Thus, further studies are recommended to compare more heterogeneous scenarios with more robust population densities. If the studies occur in conflict areas, we suggest that this factor must be considered in the experimental design of the research (which was not the case in our study).

Finally, it is recommended that this study is replicated, considering all the previously mentioned considerations, in different scenarios of prolonged climate change events (with high rainfall variation, for example) and, consequently, new diseases. Although our study focused only on diseases "perceived by people" and not "scientifically designated" diseases, we believe

that further studies that compare these two types of information can provide broader insights. These additional studies may provide a more accurate understanding of the effect of the perception of diseases (especially those with the highest incidents) on the development of adaptive measures adopted to deal with their adverse effects and evaluate which strategies are more efficient. This information is essential for the proposition, elaboration, and application of predictive models based on people's experiences in socio-environmental vulnerable contexts enhanced by extreme environmental changes and more efficient and favorable governmental policy measures for social development in affected regions.

DATA AVAILABILITY STATEMENT

The datasets generated and analyzed for this study will be available upon request to the authors.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare that they have no competing interests to declare.

AUTHORS CONTRIBUTIONS

HFM, ISF, ELA and UPA designed and conceived the experimental design of the study. HFM collected the data, performed the analyses, and wrote the initial manuscript. All authors contributed significantly to improving the manuscript and gave their final approval for publication.

FUNDING

This research was made possible by the National Institute of Science and Technology - Ethnobiology, Bioprospecting and Nature Conservation (INCT), which is certified by CNPq and financially supported by the Foundation for the Support of Science and Technology of the State of Pernambuco (FACEPE, grant no.: APQ-0562-2.01/17), for partial funding of the study; CAPES granted the doctoral scholarship to HFM; CAPES/FACEPE (PNPD Program), granted a post-doctoral scholarship to ISF (CAPES/FACEPE: APQ-0700-2.05/16 and BCT-0259.2-05/17); and CNPq granted research productivity scholarships to ELA and UPA.

ACKNOWLEDGEMENTS

This article is dedicated to the memory of our esteemed colleague and friend Ivanilda Soares Feitosa: mother, woman, and scientist. We are grateful for her dedication to this work as co-author, and for establishing the necessary partnerships: her enthusiasm and dedication will be greatly missed. We are especially grateful to all the residents of the rural communities of the Catimbau NAPAR and the rural community of Carão who contributed to this study; to colleagues from the Laboratory of Ecology and Evolution of Socioecological Systems (LEA) who contributed to data collection; and to the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) for providing transportation to the study area.

REFERENCES

- Albuquerque, U. P., Araújo, E. L., Asfora-Eldeir, A. C., Lima, A. L. A., Souto, A., Bezerra, B. M., et al. (2012). Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *The Scientific World Journal* 2012, 1–18.
doi:10.1100/2012/205182.
- Albuquerque, U. P., Ramos, M. A., Lucena, R. F. P., and Alencar, N. L. (2014). “Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data,” in *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, eds. U. P. Albuquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. P. Lucena, and R. R. N. Alves (New York: Springer Protocols Handbooks), 15–37.
- Alvares, C. A., Stape, J. L., Sentelhas, P. C., Gonçalves, J. L. de M., and Sparovek, G. (2013). Köppen’s climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22, 711–728.
doi:10.1127/0941-2948/2013/0507.
- Austin, E. K., Rich, J. L., Kiem, A. S., Handley, T., Perkins, D., and Kelly, B. J. (2020). Concerns about climate change among rural residents in Australia. *Journal of Rural Studies* 75, 98–109. doi:10.1016/j.jrurstud.2020.01.010.
- Baird, T. D., Leslie, P. W., and McCabe, J. T. (2009). The effect of wildlife conservation on local perceptions of risk and behavioral response. *Human Ecology* 37, 463–474.
doi:10.1007/s10745-009-9264-z.
- Banerjee, R. R. (2014). Farmers’ perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semiarid regions of India. *Natural Hazards*

- 75, 2829–2845. doi:10.1007/s11069-014-1466-z.
- BDE (2017). Perfil Municipal. Altinho. *Base de Dados do Estado, Governo do Estado de Pernambuco*. Available at: <http://www.bde.pe.gov.br/estruturacaogeral/PerfilMunicipios.aspx> [Accessed November 9, 2020].
- Beaujean, D. J. M. A., Bults, M., Van Steenbergen, J. E., and Voeten, H. A. C. M. (2013). Study on public perceptions and protective behaviors regarding Lyme disease among the general public in the Netherlands: implications for prevention programs. *BMC Public Health* 13. doi:10.1186/1471-2458-13-225.
- Bhatta, L. D., Udas, E., Khan, B., Ajmal, A., Amir, R., and Ranabhat, S. (2020). Local knowledge based perceptions on climate change and its impacts in the Rakaposhi valley of Gilgit-Baltistan, Pakistan. *International Journal of Climate Change Strategies and Management* 12, 222–237. doi:10.1108/IJCCSM-05-2019-0024.
- Boillat, S., and Berkes, F. (2013). Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity. *Ecology and Society* 18, 21. doi:10.5751/ES-05894-180421.
- Brasil (2000). *Lei n. 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1o, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências*. Brasília: Presidência da República, Casa Civil, Subchefia para Assuntos Jurídicos.
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S., and Herrero, M. (2013). Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. *Journal of Environmental Management* 114, 26–35. doi:10.1016/j.jenvman.2012.10.036.
- Butler, C. D., and Harley, D. (2010). Primary, secondary and tertiary effects of eco-climatic change: The medical response. *Postgraduate Medical Journal* 86, 230–234. doi:10.1136/pgmj.2009.082727.
- Costello, A., Abbas, M., Allen, A., Ball, S., Bell, S., Bellamy, R., et al. (2009). Managing the health effects of climate change. *The Lancet* 373, 1693–1733. doi:10.1016/s0140-6736(09)60935-1.
- Cruz, M. P., Medeiros, P. M., Sarmiento-Combariza, I., Peroni, N., and Albuquerque, U. P. (2014). “I eat the manofê so it is not forgotten”: local perceptions and consumption of native wild edible plants from seasonal dry forests in Brazil. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine* 10, 45.

- Cunha, A. P. M. A., Zeri, M., Leal, K. D., Costa, L., Cuartas, L. A., Marengo, J. A., et al. (2019). Extreme drought events over Brazil from 2011 to 2019. *Atmosphere* 10. doi:10.3390/atmos10110642.
- de Perez, E. C., Nerlander, L., Monasso, F., van Aalst, M., Mantilla, G., Muli, E., et al. (2015). Managing health risks in a changing climate: Red Cross operations in East Africa and Southeast Asia. *Climate and Development* 7, 197–207.
- Dhanya, P., and Ramachandran, A. (2016). Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies in a semi arid region of south India. *Journal of Integrative Environmental Sciences* 13, 1–18. doi:10.1080/1943815X.2015.1062031.
- Espinosa, M. M., Bieski, I. G. C., and Martins, D. T. O. (2014). "Sampling in Ethnobotanical Studies of Medicinal Plants," in *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, eds. U. P. Albuquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. P. Lucena, and R. N. Alves, Romulo (New York: Springer Protocols Handbooks), 197–212. doi:10.1007/978-1-4614-8636-7.
- Estomba, D., Ladio, A., and Lozada, M. (2006). Medicinal wild plant knowledge and gathering patterns in a Mapuche community from North-western Patagonia. *Journal of Ethnopharmacology* 103, 109–119. doi:10.1016/j.jep.2005.07.015.
- Ferreira Jr., W. S., Nascimento, A. L. B., Ramos, M. A., Medeiros, P. M., Soldati, G. T., Santoro, F. R., et al. (2015). "Resilience and adaptation in social-ecological systems," in *Evolutionary Ethnobiology*, eds. U. P. Albuquerque, P. M. Medeiros, and A. Casas (New York: Springer), 105–119. doi:10.1007/978-3-319-19917-7.
- Fosu-Mensah, B. Y., Vlek, P. L. G., and MacCarthy, D. S. (2012). Farmers' perception and adaptation to climate change: A case study of Sekyedumase district in Ghana. *Environment, Development and Sustainability* 14, 495–505. doi:10.1007/s10668-012-9339-7.
- Gbetibouo, G. A. (2009). Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: the case of the Limpopo Basin, South Africa. *International Food Policy Research Institute Discussion*.
- Gonçalves, P. H. S., da Cunha Melo, C. V. S., de Assis Andrade, C., de Oliveira, D. V. B., de Moura Brito Jr, V., Rito, K. F., et al. (2021). Livelihood strategies and use of forest resources in a protected area in the Brazilian semiarid. *Environment, Development and Sustainability*. doi:10.1007/s10668-021-01529-3.
- Handley, T. E., Kay-Lambkin, F. J., Inder, K. J., Lewin, T. J., Attia, J. R., Fuller, J., et al.

- (2014). Self-reported contacts for mental health problems by rural residents: Predicted service needs, facilitators and barriers. *BMC Psychiatry* 14, 1–12. doi:10.1186/s12888-014-0249-0.
- Haque, M. A., Yamamoto, S. S., Malik, A. A., and Sauerborn, R. (2012). Households' perception of climate change and human health risks: A community perspective. *Environmental Health: A Global Access Science Source* 11. doi:10.1186/1476-069X-11-1.
- Hayes, K., Blashki, G., Wiseman, J., Burke, S., and Reifels, L. (2018). Climate change and mental health: Risks, impacts and priority actions. *International Journal of Mental Health Systems* 12, 1–12. doi:10.1186/s13033-018-0210-6.
- ICMBio (2002). *Decreto s/nº de 13 de dezembro de 2002. Cria o Parque Nacional do Catimbau, nos Municípios de Ibirimirim, Tupanatinga e Buíque, no Estado de Pernambuco, e dá outras providências*. Brasília: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, Ministério do Meio Ambiente.
- INMET (2021). Gráficos climatológicos: Pernambuco. *Instituto Nacional de Meteorologia*. Available at: <https://clima.inmet.gov.br/GraficosClimatologicos/PE/82890> [Accessed August 28, 2021].
- IPCC (2007). “Climate Change 2007: Synthesis Report,” in *Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds. C. W. Team, R. K. Pachauri, and A. Reisinger (Geneva, Switzerland: IPCC), 104. doi:10.1038/446727a.
- Jin, Z., Zhao, K. Bin, Xia, Y. Y., Chen, R. J., Yu, H., Tamunang Tamutana, T., et al. (2020). Relationship between psychological responses and the appraisal of risk communication during the early phase of the COVID-19 pandemic: a two-wave study of community residents in China. *Frontiers in Public Health* 8. doi:10.3389/fpubh.2020.550220.
- Kisomi, M. G., Wong, L. P., Tay, S. T., Bulgiba, A., Zandi, K., Kho, K. L., et al. (2016). Factors associated with tick bite preventive practices among Farmworkers in Malaysia. *PLoS ONE* 11, e0157987. doi:10.1371/journal.pone.0157987.
- Lafferty, K. D. (2009). The ecology of climate change and infectious diseases. *Ecology* 90, 888–900.
- Lima, J. R. de, and Magalhães, A. R. (2018). “Secas no Nordeste: registros históricos das catástrofes econômicas e humanas do século 16 ao século 21,” in *Parcerias Estratégicas*, ed. CGEE (Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos), 191–212.

- Magalhães, A. R. (2016). “Vida e seca no Brasil,” in *Secas no Brasil: política e gestão proativas*, eds. E. De Nys, N. L. Engle, and A. R. Magalhães (Brasília: Centro de Gestão e Estudos Estratégicos; Banco Mundial), 19–35.
- Magalhães, H. F., Oliveira, R. C. S., Feitosa, I. S., and Albuquerque, U. P. (2019). “Collection and Analysis of Environmental Risk Perception Data,” in *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, eds. U. P. Albuquerque, R. F. P. Lucena, L. V. F. Cruz da Cunha, and R. R. N. Alves (New York: Springer Protocols Handbooks), 149–159. doi:10.1007/978-1-4614-8636-7.
- Marengo, J. A., Alves, L. M., Alvala, R. C. S., Cunha, A. P., Brito, S., and Moraes, O. L. L. (2018). Climatic characteristics of the 2010-2016 drought in the semiarid Northeast Brazil region. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 90, 1973–1985. doi:10.1590/0001-3765201720170206.
- Marengo, J. A., Cunha, A. P. M. A., Nobre, C. A., Ribeiro Neto, G. G., Magalhaes, A. R., Torres, R. R., et al. (2020). Assessing drought in the drylands of northeast Brazil under regional warming exceeding 4 °C. *Natural Hazards* 103, 2589–2611. doi:10.1007/s11069-020-04097-3.
- Marengo, J. A., Torres, R. R., and Alves, L. M. (2017). Drought in Northeast Brazil—past, present, and future. *Theoretical and Applied Climatology* 129, 1189–1200. doi:10.1007/s00704-016-1840-8.
- Martins, E. S. P. R., De Nys, E., Molejón, C., Biazeto, B., Silva, R. F. V., and Engle, N. (2015). *Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas*. 1st ed. Brasília: Banco Mundial doi:10.13140/RG.2.1.4238.8886.
- McMichael, A. J. (2013). Globalization, Climate Change, and Human Health. *New England Journal of Medicine* 368, 1335–1343. doi:10.1056/NEJMra1109341.
- McMichael, A. J., Woodruff, R. E., and Hales, S. (2006). Climate change and human health: Present and future risks. *Lancet* 367, 859–869. doi:10.1016/S0140-6736(06)68079-3.
- ME (2015). *Mapeamento e análise espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal no Bioma Caatinga. Parque Nacional do Catimbau.*, ed. N. C. F. Freire Recife: Ministério da Educação, Fundação Joaquim Nabuco, Universidade Federal de Campina Grande.
- Miceli, R., Sotgiu, I., and Settanni, M. (2008). Disaster preparedness and perception of flood risk: a study in an alpine valley in Italy. *Journal of Environmental Psychology* 28, 164–173. doi:10.1016/j.jenvp.2007.10.006.

- Nyantakyi-Frimpong, H., and Bezner-Kerr, R. (2015). The relative importance of climate change in the context of multiple stressors in semiarid Ghana. *Global Environmental Change* 32, 40–56. doi:10.1016/j.gloenvcha.2015.03.003.
- Oliveira, R. C. da S., Albuquerque, U. P., da Silva, T. L. L., Ferreira Júnior, W. S., Chaves, L. da S., and Araújo, E. de L. (2017). Religiousness/spirituality do not necessarily matter: Effect on risk perception and adaptive strategies in the semiarid region of NE Brazil. *Global Ecology and Conservation* 11, 125–133. doi:10.1016/j.gecco.2017.05.004.
- Oloukoi, G., Bob, U., and Jaggernath, J. (2014). Perception and trends of associated health risks with seasonal climate variation in Oke-Ogun region, Nigeria. *Health and Place* 25, 47–55. doi:10.1016/j.healthplace.2013.09.009.
- PELD Catimbau (2016). Projeto Ecológico de Longa Duração Sítio Parque Nacional do Catimbau. Mapas temáticos. *PELD-PRONEX Catimbau*. Available at: <https://www.peldcatimbau.org/mapas-tematicos> [Accessed November 4, 2020].
- Quinn, C. H., Huby, M., Kiwasila, H., and Lovett, J. C. (2003). Local perceptions of risk to livelihood in semiarid Tanzania. *Journal of Environmental Management* 68, 111–119. doi:10.1016/S0301-4797(03)00013-6.
- R Development Core Team. (2019). The R Project for Statistical Computing News via Twitter. *R Development Core Team*.
- Rodriguez, N., Eakin, H., and De Freitas Dewes, C. (2017). Perceptions of climate trends among Mexican maize farmers. *Climate Research* 72, 183–195. doi:10.3354/cr01466.
- Sachs, M. L., Sporrang, S. K., Colding-Jørgensen, M., Frokjaer, S., Helboe, P., Jelic, K., et al. (2017). Risk perceptions in diabetic patients who have experienced adverse events: implications for patient involvement in regulatory decisions. *Pharmaceutical Medicine* 31, 245–255. doi:10.1007/s40290-017-0200-z.
- Santoro, F. R., and Albuquerque, U. P. (2020). What factors guide healthcare strategies over time? A diachronic study focused on the role of biomedicine and the perception of diseases in the dynamics of a local medical system. *Acta Botanica Brasilica* 34, 720–729. doi:10.1590/0102-33062020abb0002.
- Santoro, F. R., Ferreira Jr, W. S., Araújo, T. A. S., Ladio, A. H., and Albuquerque, U. P. (2015). Does plant species richness guarantee the resilience of local medical systems? A perspective from utilitarian redundancy. *PLoS ONE* 10, 1–18. doi:10.1371/journal.pone.0119826.
- Santos, D. M., Silva, K. A., Albuquerque, U. P., Santos, J. M. F. F., Lopes, C. G. R., and

- Araújo, E. L. (2013). Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? *Flora* 208, 445–452.
doi:10.1016/j.flora.2013.07.006.
- Scheideler, J. K., Taber, J. M., Ferrer, R. A., Grenen, E. G., and Klein, W. M. P. (2017). Heart disease versus cancer: understanding perceptions of population prevalence and personal risk. *Journal of Behavioral Medicine* 40, 839–845. doi:10.1007/s10865-017-9860-0.
- Silva, R. H. da, Ferreira Jr, W. S., Medeiros, P. M. de, and Albuquerque, U. P. (2019). Adaptive memory and evolution of the human naturalistic mind: Insights from the use of medicinal plants. *PLoS ONE* 14, e0214300. doi:10.1371/journal.pone.0214300.
- Silva, J. M. C., Barbosa, L. C. F., Leal, I. R., and Tabarelli, M. (2017). “The Caatinga: Understanding the Challenges,” in *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*, eds. J. M. C. Silva, I. R. Leal, and M. Tabarelli (Springer International Publishing), 3–19.
- Silva, T. C., Cruz, M. P., Araújo, T. A. S., Schwarz, M. L., and Albuquerque, U. P. (2014). “Methods in Research of Environmental Perception,” in *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*, eds. U. P. Albuquerque, L. V. F. Cruz da Cunha, R. F. P. Lucena, and R. R. N. Alves (New York: Springer Protocols Handbooks), 99–109.
doi:10.1007/978-1-4614-8636-7.
- Slegers, M. F. W. (2008). “‘If only it would rain’”: Farmers’ perceptions of rainfall and drought in semiarid central Tanzania. *Journal of Arid Environments* 72, 2106–2123.
doi:10.1016/j.jaridenv.2008.06.011.
- Smit, B., and Wandel, J. (2006). Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Global Environmental Change* 16, 282–292. doi:10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008.
- Smith Jr., W. J., Liu, Z., Safi, A. S., and Chief, K. (2014). Climate change perception, observation and policy support in rural Nevada: A comparative analysis of Native Americans, non-native ranchers and farmers and mainstream America. *Environmental Science and Policy* 42, 101–122. doi:10.1016/j.envsci.2014.03.007.
- Smith, K., Barrett, C. B., and Box, P. W. (2000). Participatory risk mapping for targeting research and assistance: With an example from East African pastoralists. *World Development* 28, 1945–1959. doi:10.1016/S0305-750X(00)00053-X.
- UNDRR (2009). “Summary and Recommendations: 2009 Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction,” in *Risk and poverty in a changing climate: invest today for a*

- safer tomorrow* (Geneva, Switzerland: United Nations Office for Disaster Risk Reduction, International Strategy for Disaster Reduction), 24. doi:10.1037/e522342010-005.
- Watts, N., Adger, W. N., Agnolucci, P., Blackstock, J., Byass, P., Cai, W., et al. (2015). Health and climate change: policy responses to protect public health. *The Lancet*, 1–53. doi:10.1016/S0140-6736(15)60854-6.
- Watts, N., Amann, M., Ayeb-Karlsson, S., Belesova, K., Bouley, T., Boykoff, M., et al. (2018). The Lancet Countdown on health and climate change: from 25 years of inaction to a global transformation for public health. *The Lancet* 391, 581–630. doi:10.1016/S0140-6736(17)32464-9.
- Weber, E. U. (2010). What shapes perceptions of climate change? *WIREs Climate Change* 1, 332–342. doi:10.1002/wcc.41.
- Weinstein, N. D. (1993). Testing four competing theories of health-protective behavior. *Health Psychology* 12, 324–333.
- WHO/UNICEF (2004). *Joint Statement: Clinical Management of Acute Diarrhoea (WHO/FCH/CAH/04.07)*. Geneva/ New York: World Health Organization, Department of Child and Adolescent Health and Development, and United Nations Children’s Fund, Programme Division.
- WHO (2009). *Protecting health from climate change: global research priorities.*, ed. W. H. Organization Geneva, Switzerland: World Health Organization, WHO Library Cataloguing-in-Publication Data.
- Young, M., Wolfheim, C., Marsh, D. R., and Hammamy, D. (2012). World Health Organization/United Nations Children’s Fund joint statement on integrated community case management: an equity-focused strategy to improve access to essential treatment services for children. *American Journal of Tropical Medicine and Hygiene* 87, 6–10. doi:10.4269/ajtmh.2012.12-0221.
- Younger, M., Morrow-Almeida, H. R., Vindigni, S. M., and Dannenberg, A. L. (2008). The Built Environment, Climate Change, and Health. Opportunities for Co-Benefits. *American Journal of Preventive Medicine* 35, 517–526. doi:10.1016/j.amepre.2008.08.017.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 PRINCIPAIS CONCLUSÕES

Não há dúvidas quanto à realidade incontestável das mudanças climáticas globais, bem como da forma como os seus eventos têm se alastrado, de forma intensa e avassaladora, sobre sistemas socioecológicos mais vulneráveis, especialmente aqueles localizados em regiões áridas e semiáridas. No entanto, ainda urge a necessidade de compreender os fatores que estão direcionando o olhar das pessoas inseridas nesse contexto diante das potenciais situações adversas a que elas estão expostas.

Nosso estudo trouxe novas discussões e desafios para futuras pesquisas, por ser o primeiro na área de ciências naturais a usar os dois principais indicadores de percepção de risco (incidência e severidade) como variáveis independentes a fim de explicar como eles estariam atuando (de forma isolada e combinada) no direcionamento da adoção de medidas adaptativas para lidar com os riscos percebidos. Acreditamos que essa abordagem nos possibilitou uma compreensão mais geral acerca os efeitos dessas variáveis, especialmente da incidência, que se mostra como o mais poderoso indicador de percepção de risco.

5.2 CONTRIBUIÇÕES TEÓRICAS E METODOLÓGICAS DA TESE

Nossa tese teve como proposta a compreensão de como diferentes fatores podem direcionar a percepção de risco, e de que forma esta pode influenciar o desenvolvimento de respostas adaptativas entre pequenos agricultores residentes em regiões semiáridas. Os nossos resultados reforçam o quão importante é testar diferentes modelos analisando o efeito combinado e individual de todas as variáveis envolvidas, a fim de buscar aquele que apresente o melhor poder explicativo. Nossos resultados reforçaram, também, a incidência como o mais forte indicador para percepção de riscos, inclusive de doenças (o que ainda é muito pouco focado na literatura científica).

De modo geral, a principal relevância da nossa pesquisa está na possibilidade da elaboração de modelos preditivos baseados na experiência do ser humano em seu ambiente a partir da compreensão acerca do grau de vulnerabilidade de sistemas socioecológicos, especialmente em regiões semiáridas. Também ressaltamos a importância do conhecimento acerca das estratégias adaptativas desenvolvidas pelos agricultores frente aos riscos percebidos

em um contexto de mudanças climáticas, o que poderá possibilitar ações em diferentes escalas, visando superar ou mitigar questões decorrentes das alterações do clima, incluindo medidas de políticas governamentais mais eficientes e favoráveis ao desenvolvimento social nas regiões atingidas.

Metodologicamente, optamos por isolar os dois principais indicadores de percepção de risco (incidência e severidade) e usá-los como variáveis independentes para explicar a adoção de medidas adaptativas para lidar com os riscos percebidos, o que nos possibilitou ter uma visão geral acerca os efeitos dessas variáveis, isoladamente ou combinadas. Essa estratégia constitui uma nova perspectiva de abordagem metodológica dentro do tema. Apresentamos, também, uma nova abordagem metodológica para o estudo específico da percepção de riscos à saúde humana, o *Mapeamento Participativo de Risco*, um método de fácil aplicação e de grande praticidade, que possibilita que o pesquisador tenha uma visão mais ampla acerca dos riscos que mais acometem as pessoas inseridas em um contexto de eventos extremos de mudanças climáticas e de alta vulnerabilidade social.

5.3 PRINCIPAIS LIMITAÇÕES DOS ESTUDOS

Em nossa tese, buscamos apresentar uma nova perspectiva de discussão acerca da influência de variáveis diversas na percepção de risco e nas estratégias adaptativas desenvolvidas para lidar com o risco percebido. No entanto, avaliamos que o fato de termos incluído apenas uma quantidade restrita de variáveis pode ter limitado a dimensão dos nossos resultados. Além disso, as comunidades rurais enfocadas nesse estudo (com exceção do Carão) estão inseridas em uma Área de Proteção Integral (o PARNA Catimbau), onde, legalmente, não poderia haver presença de pessoas residentes. Dessa forma, há um contexto marcado por conflitos socioambientais entre o órgão ambiental responsável pela gestão do PARNA e as populações humanas residentes, o que dificultou o nosso acesso a alguns informantes. Avaliamos que esses fatores, somados a baixa densidade populacional e heterogeneidade das comunidades investigadas, embora não tenham invalidado os nossos resultado e conclusões, podem ter limitado o seu alcance.

5.4 PROPOSTAS DE INVESTIGAÇÕES FUTURAS

Sugerimos a realização de novos estudos, comparando cenários mais heterogêneos e com maiores densidades populacionais, considerando a influência desses fatores no desenho experimental do estudo. Caso os estudos venham a ocorrer em áreas de conflitos, sugerimos que esse fator também seja considerado no seu desenho experimental (o que não ocorreu em nossos estudos). Tais abordagens, poderão gerar uma compreensão mais ampla e robusta acerca da diversidade de estratégias adaptativas utilizadas pelas pessoas para lidar com as consequências das doenças oriundas das mudanças climáticas, a frequência com que esses mecanismos são utilizados, e que fatores estão atuando nesse processo.

Sugerimos, também, que nossos estudos sejam replicados – considerando todas as indicações anteriormente mencionadas – em diferentes cenários de eventos prolongados de mudanças climáticas (com alta variação de pluviosidade, por exemplo) e, conseqüentemente, uma maior variedade de riscos e de estratégias adaptativas. Recomendamos, além disso, estudos que enfoquem a incidência, uma vez se trata do mais forte preditor de percepção de risco da natureza, combinada com variáveis de diferentes naturezas podem dar resultados. Acreditamos que essas abordagens poderão fornecer uma compreensão mais apurada acerca do efeito da percepção das doenças (especialmente as mais incidentes) sobre o desenvolvimento de medidas adaptativas adotadas pelas pessoas para lidar os seus efeitos adversos, bem como avaliar quais as estratégias mais eficientes.

5.5 ORÇAMENTO (CUSTOS DO PROJETO)

Essa pesquisa contou com o suporte e financiamento do Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – Etnobiologia, Bioprospecção e Conservação da Natureza (INCT), que conta com certificação pelo CNPq e apoio financeiro da Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE, nº de concessão: APQ-0562-2.01/ 17); da CAPES (Programa de Demanda Social – DS), por meio da Bolsa (Nível Doutorado) concedida ao discente Henrique Fernandes de Magalhães; da CAPES/ FACEPE (Programa PNPd), por meio da Bolsa (Nível Pós-Doutorado) concedida à Dra. Ivanilda Soares Feitosa (*in memoriam*) (CAPES/ FACEPE: APQ-0700-2.05/ 16 e BCT-0259.2-05/ 17); e do CNPq, por meio do subsídio de produtividade concedido à Profa. Elcida de Lima Araújo e ao Prof. Ulysses Paulino de Albuquerque.

As despesas referentes ao trabalho de campo incluíram compra e confecção de materiais (como coletes e crachás para identificação da equipe), aluguel de casa, alimentação e deslocamento (em algumas poucas oportunidades, uma vez que na maioria das vezes utilizávamos carros disponibilizados pela UFRPE). Além dessas despesas, tivemos gastos com materiais referentes à produção científica (elaboração dos dois artigos que compõem essa tese), como confecção de mapas e revisão e tradução dos artigos. Foram feitas 12 viagens à campo, sendo que cada viagem durava 11 dias, totalizando 132 dias de trabalho de campo (1.056 horas de trabalho).

Foram gastos aproximadamente R\$ 10.200,00 nesses 132 dias de campo, incluindo todas as despesas supracitadas referentes ao trabalho (R\$ 9,66 correspondente a cada hora de trabalho). Em relação à elaboração dos artigos, tivemos um custo de R\$ 400,00 referentes à confecção de dois mapas (um para cada artigo científico), e de R\$ 3.550,00 com serviços de revisão e tradução (somente com o segundo produto, *Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeast Brazil*, tivemos um custo de R\$ 2.790,00). Aproximadamente R\$ 1.600,00 foram custeados em passagens aéreas para eventos científicos fora do Estado de Pernambuco, e R\$ 500,00 na inscrição para esses eventos. Em suma, no total, tivemos um gasto médio estimado de R\$ 16.250,00, sem contar com as horas de trabalho fora de campo (referentes à concepção e elaboração dos produtos da tese).

ANEXOS

COMPROVANTE DE APROVAÇÃO DO PROJETO DE PESQUISA

COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA



PARECER CONSUBSTANCIADO DA CONEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Percepção de riscos ambientais e capacidade adaptativa às mudanças climáticas em sistemas socioecológicos no semiárido brasileiro

Pesquisador: HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES

Área Temática:

Versão: 4

CAAE: 89890617.1.0000.5207

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

Patrocinador Principal: MINISTERIO DA EDUCACAO

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 4.498.835

Apresentação do Projeto:

As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram obtidas dos documentos contendo as Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_963454.pdf de 25/12/2020).

INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas constituem um dos maiores dilemas do mundo contemporâneo (IPCC, 2014). Comunidades rurais estão entre as mais vulneráveis às alterações no clima (PENNINGTON et al., 2006; MILES et al., 2006), por dependem diretamente dos recursos naturais ofertados localmente para a sua sobrevivência (CAMPOS et al., 2014). Em contrapartida, essas pessoas tendem a perceber as mudanças no ecossistema local, podendo vir a desenvolver estratégias adaptativas para lidar com os efeitos negativos das bruscas mudanças ambientais. Dessa forma, para compor o cenário de nossa pesquisa, levantamos questionamentos gerais que relacionam o conhecimento ecológico local às mudanças climáticas, os quais servirão de subsídio para as demais perguntas relacionadas aos eixos temáticos descritos nas duas subseções posteriores (ver Apêndices 1 e 3). São eles:

1. Como populações humanas que vivem em áreas mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (como é o caso do semiárido), percebem os impactos decorrentes destas mudanças? Há respostas adaptativas da população?;

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

2. Segundo a percepção local, tratam-se de mudanças cíclicas ou progressivas?;
3. Em comunidades locais do semiárido, as pessoas desenvolveram estratégias para prever alterações climáticas? Quais?;
4. Se as populações percebem que mudanças climáticas causam impactos nos sistemas sócio ecológicos, qual o grau de importância atribuído a este fator, frente aos diferentes agentes transformadores das paisagens (crescimento da agricultura e urbanização, desmatamento, dentre outros)?;
5. Quais os riscos e as oportunidades percebidos pelas populações sobre a influência das mudanças climáticas em seus sistemas sócio ecológicos?; e
6. Fatores socioeconômicos interferem na percepção local e regional de riscos e nas estratégias adaptativas frente às adversidades climáticas?

Uma das principais preocupações relacionadas aos efeitos das mudanças no clima são as suas consequências na produção de alimentos. Embora haja muita discussão nesse sentido, poucas têm focado as especificidades destes problemas nos sistemas de agricultura para subsistência (MORTON, 2007) em ambientes vulneráveis às mudanças climáticas manejados por agricultores familiares (MERTZ et al., 2009). No Brasil, tais impactos têm sido identificados na diminuição da produtividade agrícola de algumas culturas devido ao aumento da temperatura e da duração dos períodos de seca (IPCC, 2007). Assim, urge a necessidade da identificação dos riscos e oportunidades que os agricultores estão enfrentando, no intuito de contribuir visando melhorias na sua capacidade adaptativa diante dos problemas ambientais da atualidade. Embora a literatura científica aponte que tais fatores implicam na vulnerabilidade e adaptação dos sistemas sócio ecológicos às mudanças climáticas, poucos estudos se propuseram a testá-los conjuntamente, visando buscar as variáveis com maior influência significativa. Inserimos, pois, para compor o cenário da pesquisa, os seguintes questionamentos (ver Apêndice 2):

7. Que mudanças no manejo da agrobiodiversidade podem ser atribuídas às mudanças no clima? Quais as implicações para a segurança alimentar?;
8. Se as populações identificam que as mudanças climáticas afetam a produtividade da agricultura, qual o papel da vegetação nativa neste processo?;
9. Que fatores interferem na vulnerabilidade dos agroecossistemas do semiárido frente às mudanças climáticas? Diante da quantidade de estudos que têm abordado os efeitos das mudanças climáticas na percepção de doenças (BAI et al., 2013; LAL et al., 2013; LE DANG et al., 2014), cabe uma análise acerca dos mecanismos que grupos humanos têm utilizado para mitigar

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

tais efeitos. Algumas investigações apontam que estratégias de tratamento adotadas por sistemas médicos locais podem responder à percepção de doenças no ambiente (ESTOMBA et al., 2006; LADIO; LOZADA, 2008; SANTORO et al., 2015). Partindo-se, pois, do pressuposto de que os sistemas médicos locais apresentam sensibilidade às incidências das doenças, tais sistemas também podem fornecer insights referentes às recentes alterações nas incidências das doenças devido às mudanças no clima. Estas pistas, por sua vez, podem fornecer respostas acerca das características adaptativas desses sistemas. Assim, formulamos as seguintes perguntas (ver Apêndice 2) para completar o nosso cenário de estudo:

10. Mudanças no clima afetam a incidência de doenças?;

11. Há respostas adaptativas da população (exploração diferencial de recursos naturais ou maior acesso a medicamentos alopáticos)? Compreender o grau de vulnerabilidade de sistemas socioecológicos do semiárido e as respostas adaptativas desenvolvidas pelas populações humanas locais frente aos riscos percebidos em um contexto de mudanças climáticas, poderão permitir a elaboração de modelos preditivos baseados na experiência do ser humano no ambiente. A abordagem aqui apresentada constitui uma lacuna ainda a ser preenchida dentro do conhecimento científico.

HIPÓTESE

1. Como populações humanas que vivem em áreas mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (como é o caso do semiárido), percebemos impactos decorrentes destas mudanças? Há respostas adaptativas da população?;

2. Segundo a percepção local, tratam-se de mudanças cíclicas ou progressivas?;

3. Em comunidades locais do semiárido, as pessoas desenvolveram estratégias para prever alterações climáticas?;

4. Se as populações percebem que mudanças climáticas causam impactos nos sistemas socioecológicos, qual o grau de importância atribuído a este fator, frente aos diferentes agentes transformadores das paisagens (crescimento da agricultura e urbanização, desmatamento, dentre outros)?;

5. Quais os riscos e as oportunidades percebidos pelas populações sobre a influência das mudanças climáticas em seus sistemas socioecológicos?; e

6. Fatores socioeconômicos interferem na percepção local e regional de riscos e nas estratégias adaptativas frente às adversidades climáticas?;

7. Que mudanças no manejo da agrobiodiversidade podem ser atribuídas às mudanças no clima?

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASÍLIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

Quais as implicações para a segurança alimentar?;

8. Se as populações identificam que as mudanças climáticas afetam a produtividade da agricultura, qual o papel da vegetação nativa neste processo?;

9. Que fatores interferem na vulnerabilidade dos agroecossistemas do semiárido frente às mudanças climáticas?;

10. Mudanças no clima afetam a incidência de doenças?;

11. Há respostas adaptativas da população (exploração diferencial de recursos naturais ou maior acesso a medicamentos alopáticos)?

METODOLOGIA

A coleta de dados da pesquisa terá início no mês de julho de 2018, e prosseguirá até maio de 2020. Nesse período, serão investigadas 14 comunidades localizadas no Parque Nacional do Catimbau (PE). São elas: Igrejinha, Breus, Fazenda Porto Seguro, Dor de Dente, Muquem, Túnel, Açude Velho, Baixa Funda, Serrinha, Serra Branca, Batinga, Colorau, Malhador e Caldeirão. A população humana das 11 primeiras comunidades citadas soma um total de 526 habitantes distribuídos entre 136 famílias, conforme dados revelados pelo Programa de Saúde da Família (PSF) do município de Buíque (PE). Ainda não tivemos acesso aos dados oficiais relacionados ao número de habitantes e de famílias das 3 últimas comunidades listadas, porém resolvemos incluí-las em nossa amostragem devido às suas relevâncias socioculturais na região, segundo informações prévias locais. Durante o período de visitação será possível participar de momentos do cotidiano das comunidades, bem como realizar observa o direta a fim de coletar informa es adicionais. Serão selecionadas pessoas adultas e maiores de idade (acima dos 18 anos) de ambos os g neros. Os objetivos do estudo serão apresentados a todas as pessoas envolvidas. Caso haja consentimento das mesmas em participar do estudo, elas serão convidadas a assinar o termo de consentimento livre e esclarecido, um condicionante para que os dados obtidos nas entrevistas sejam divulgados. A análise dos dados obtidos buscarão responder às perguntas investigativas da nossa pesquisa, a saber:

1. Como popula es humanas que vivem em áreas mais vulneráveis aos efeitos das mudanças climáticas (como   o caso do semiárido), percebem os impactos decorrentes destas mudanças? Há respostas adaptativas da popula o?

2. Segundo a percep o local, tratam-se de mudanças cíclicas ou progressivas?

3. Em comunidades locais do semiárido, as pessoas desenvolveram estratégias para prever altera es climáticas? Quais?

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3  andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASILIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

4. Se as populações percebem que mudanças climáticas causam impactos nos sistemas socioecológicos, qual o grau de importância atribuído a este fator, frente aos diferentes agentes transformadores das paisagens (crescimento da agricultura e urbanização, desmatamento, dentre outros)?
5. Quais os riscos e as oportunidades percebidos pelas populações sobre a influência das mudanças climáticas em seus sistemas socioecológicos?
6. Fatores socioeconômicos interferem na percepção local e regional de riscos e nas estratégias adaptativas frente às adversidades climáticas?
7. Que mudanças no manejo da agrobiodiversidade podem ser atribuídas às mudanças no clima? Quais as implicações para a segurança alimentar?
8. Se as populações identificam que as mudanças climáticas afetam a produtividade da agricultura, qual o papel da vegetação nativa neste processo?
9. Que fatores interferem na vulnerabilidade dos agroecossistemas do semiárido frente às mudanças climáticas?
10. Mudanças no clima afetam a incidência de doenças?
11. Há respostas adaptativas da população (exploração diferencial de recursos naturais ou maior acesso a medicamentos alopáticos)? Conforme rege a legislação vigente do Conselho Nacional de Saúde (Resolução nº 466 de 12 de dezembro de 2012), será solicitada a assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) a todos os informantes selecionados e que aceitarem participar da pesquisa, autorizando a coleta, uso e publicação dos dados obtidos neste trabalho. O projeto será, também, submetido a um Comitê de Ética em Pesquisa, via Plataforma Brasil; e ao Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade (SISBIO), a fim de obter autorização para realizar pesquisa científica em unidade de conservação.

METODOLOGIA DE ANÁLISE DE DADOS:

Análises estatísticas serão aplicadas, tais como: estatística descritiva, visando identificar as respostas mais frequentes entre os informantes ou famílias (perguntas 1, 2, 3 e 4); o cálculo da Incidência de Risco (I) e da Severidade do Risco (S), com o objetivo de descrever o grau dos riscos enfrentados localmente e que apresentem relação com as mudanças climáticas (pergunta 5); Regressões Lineares Múltiplas e Regressões Logísticas Múltiplas, para avaliar os fatores socioeconômicos exercem maior influência na percepção de risco, bem como as estratégias adaptativas correspondentes (pergunta 6); e Modelos Lineares Generalizados (GLM), para identificar as variáveis que melhor influenciam as quedas de produtividade decorrentes das mudanças climáticas (pergunta 9).

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

DESFECHO PRIMÁRIO

Sondagem prévia nas comunidades; Obtenção de créditos (doutorado); Revisão bibliográfica; Realização de entrevistas, coleta de dados e registros fono-fotográficos.

CRITÉRIOS DE INCLUSÃO

Não apresentados.

Objetivo da Pesquisa:

OBJETIVO PRIMÁRIO

Investigar, a partir do conhecimento ecológico local, a percepção de riscos e a capacidade adaptativa de populações humanas no semiárido diante das mudanças climáticas locais.

OBJETIVOS SECUNDÁRIOS

Registrar a percepção das pessoas sobre os impactos decorrentes das mudanças climáticas;

Descrever os riscos percebidos pelas pessoas, advindos das mudanças no clima, e como eles afetam o seu modo de vida;

Descrever quais riscos percebidos pelas pessoas afetam o seu modo de vida;

Identificar se as famílias e populações humanas do semiárido possuem mecanismos para prever e para lidar com os efeitos das mudanças no clima;

Identificar as principais mudanças nas paisagens locais ao longo do tempo e entender, segundo as percepções locais, qual o papel das alterações climáticas em tais mudanças;

Acessar os riscos e oportunidades advindos das mudanças no clima;

Avaliar mudanças temporais no manejo da agrobiodiversidade e entender, segundo percepções locais, qual o papel das alterações climáticas em tais mudanças;

Identificar o papel da vegetação nativa na mitigação dos impactos causados pelas mudanças climáticas na produtividade agrícola;

Identificar possíveis fatores que interferem na vulnerabilidade dos sistemas agrícolas do semiárido frente às mudanças climáticas;

Acessar possíveis alterações temporais na percepção de doenças e observar se as mudanças climáticas podem estar relacionadas a tais alterações;

Observar o impacto das mudanças climáticas na percepção de doenças à luz dos sistemas médicos locais.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

RISCOS

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte

CEP: 70.719-040

UF: DF

Município: BRASÍLIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

**COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA**

Continuação do Parecer: 4.498.835

O participante da pesquisa terá os seguintes direitos, conforme estabelecido no TCLE: a garantia de esclarecimento e resposta a qualquer pergunta; a liberdade de abandonar a pesquisa a qualquer momento sem prejuízo para ele ou para seu tratamento, se for o caso; e a garantia de que caso haja algum dano a sua pessoa ou dependente, os prejuízos serão assumidos pelos pesquisadores ou pela instituição responsável, incluindo acompanhamento médico e hospitalar, se for o caso. Caso haja gastos adicionais, os mesmos serão absorvidos pelo pesquisador.

Quanto aos riscos e desconfortos da pesquisa em relação ao participante, não há riscos de prejuízo físico. No entanto, ele poderá se sentir constrangido em algum momento da abordagem ou da entrevista. Nesse caso, o participante deverá comunicar sua condição de desconforto imediatamente ao pesquisador, a fim de que sejam tomadas as providências pertinentes, conforme mencionado acima.

BENEFÍCIOS

O principal benefício esperado com o resultado desta pesquisa é a possibilidade de, no futuro, serem desenvolvidas ações que visem melhorar sua qualidade de vida e das demais pessoas da comunidade, com base nas informações oferecidas.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Este projeto será orientado pelo Prof. Dr. Ulysses Paulino de Albuquerque e objetiva cumprir etapa para a conclusão de Pós-graduação, em Etnobiologia e Conservação da Natureza, da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

O projeto de pesquisa tem a finalidade de investigar, a partir do conhecimento ecológico local, a percepção de riscos e a capacidade adaptativa de populações humanas no semiárido diante das mudanças climáticas locais, bem como Registrar a percepção das pessoas sobre os impactos decorrentes das mudanças climáticas; Descrever os riscos percebidos pelas pessoas, advindos das mudanças no clima, e como eles afetam o seu modo de vida; Descrever quais riscos percebidos pelas pessoas e como afetam o seu modo de vida; Identificar se as famílias e populações humanas do semiárido possuem mecanismos para prever e para lidar com os efeitos das mudanças no clima; Identificar as principais mudanças nas paisagens locais ao longo do tempo e entender, segundo as percepções locais, qual o papel das alterações climáticas em tais mudanças.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações".

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar**Bairro:** Asa Norte**CEP:** 70.719-040**UF:** DF**Município:** BRASÍLIA**Telefone:** (61)3315-5877**E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Análise de respostas ao parecer pendente nº 4.479.721 emitido pela Conep em 23/12/2020:

1. Considerando que é um projeto na área de Ciências Humanas e Sociais, com população indígena, recomenda-se obediência à Resolução CNS nº 510 de 2016 (Normas aplicáveis a pesquisas com metodologias próprias das áreas de Ciências Humanas e Sociais), especialmente nas declarações e TCLE. RESPOSTA: Em relação à “Área Temática” do estudo, trata-se de populações rurais (pequenos agricultores), e não indígenas. Algumas dessas populações elencadas inicialmente em nosso estudo se identificam como índios, porém não são reconhecidos legalmente por nenhum órgão competente (como a FUNAI), tampouco as áreas onde eles habitam são reconhecidos territórios indígenas. E mesmo assim, as áreas onde essas populações habitam foram excluídas da nossa amostra. Dessa forma, no item “Área Temática”, foi retirada a opção “Estudos com populações indígenas” e deixei em branco.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

2. Quando a legislação brasileira dispuser sobre competência de órgãos governamentais, a exemplo da Fundação Nacional do Índio – FUNAI que deve autorizar a entrada em terra indígena, esta autorização deve ser obtida antes do início da pesquisa. Não foi apresentada a autorização da Presidência da FUNAI conforme estabelece a Instrução Normativa nº 001/PRES/1995 - FUNAI. Solicita-se a apresentação da autorização da Presidência da FUNAI para entrada em terra indígena ou a declaração da pesquisadora de que esta será obtida antes do início da pesquisa.

RESPOSTA: Vide a resposta ao “item 1”.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

2.1. Em comunidades cuja cultura grupal reconheça a autoridade do líder ou do coletivo sobre o indivíduo, a obtenção da autorização para a pesquisa deve respeitar tal particularidade, sem prejuízo do consentimento individual, quando possível e desejável. Dessa forma, solicita-se apresentar autorização das lideranças ou, caso seja inviável sua apresentação no momento, declaração do (a) pesquisador (a) que esse será obtida antes do início da pesquisa.

RESPOSTA: Não há uma “cultura grupal que reconheça a autoridade do líder ou do coletivo sobre o indivíduo”. Assim, não há necessidade de “apresentar autorização das lideranças”.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

3. Quanto ao "PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_963454.pdf" gerado no dia 04/05/2018 na Plataforma Brasil:

3.1. A Resolução CNS n° 466 de 2012 substituiu o termo "sujeito de pesquisa" (previsto na Resolução CNS n° 196 de 1996) por "participante de pesquisa". Entende-se que a terminologia adotada pela Resolução CNS n° 466 de 2012 e a Resolução CNS n° 510 de 2016, deva ser empregada em todos os documentos do protocolo de pesquisa, incluindo o TCLE. Solicita-se adequação.

RESPOSTA: O termo "sujeito da pesquisa" foi substituído pelo termo "participante da pesquisa", conforme a Resolução CNS n° 466 de 2012 e a Resolução CNS n° 510 de 2016, em todos os documentos do protocolo da pesquisa (incluindo o TCLE), conforme solicitado, exceto na "Folha de Rosto" e no "Termo de Confidencialidade", por estarem "escaneadas" e assinatura. Pela mesma razão, na "Folha de Rosto" o termo "Estudos com populações indígenas", no item "Área Temática" não pôde ser excluído. Solicito, encarecidamente, que essas observações sejam consideradas.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

3.2. O item "número de indivíduos abordados pessoalmente, recrutados, ou que sofrerão algum tipo de intervenção neste centro de pesquisa" identifica um total de 1 (um) participante, no entanto, tanto no preenchimento do item "tamanho da Amostra no Brasil" quanto nos demais documentos do protocolo, identifica um total de 500 participantes. Solicita-se adequação.

RESPOSTA: No item "número de indivíduos abordados pessoalmente, recrutados, ou que sofrerão algum tipo de intervenção neste centro de pesquisa", fizemos a adequação, substituindo o número total de participantes de "1" para "500".

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

4. Quanto ao arquivo, "termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido.pdf" submetido na Plataforma Brasil em 04/05/2018:

4.1. A Resolução CNS n° 510 de 2016, em seu Art. 15, define "Registro do Consentimento e do Assentimento é o meio pelo qual é explicitado o consentimento livre e esclarecido do participante ou de seu responsável legal, sob a forma escrita, sonora, imagética, ou em outras formas que ATENDAM ÀS CARACTERÍSTICAS DA PESQUISA E DOS PARTICIPANTES, devendo conter informações

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

em linguagem clara e de fácil entendimento para o suficiente esclarecimento sobre a pesquisa". Solicita-se que o pesquisador, ao elaborar o documento, considere a população estudada, respeitando suas características, linguagem e capacidade de compreensão.

RESPOSTA: Não houve a necessidade da elaboração de um Termo de Consentimento e/ ou Assentimento, visto que nossa pesquisa abordará somente pessoas maiores de idade (acima dos 18 anos). Ressaltamos, também, que ao elaborar o documento, consideramos a população estudada, respeitando suas características, linguagem e capacidade de compreensão.

ANÁLISE: PENDÊNCIA NÃO ATENDIDA. A pendência se refere à adaptação do termo na linguagem e formato compatível com a população a ser estudada, respeitando suas características e capacidade de compreensão, conforme previsto na Resolução CNS nº 510 de 2016.

RESPOSTA: Em relação ao item 4.1, conforme explanado no tópico anterior, a linguagem contida no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido foi adequada de forma a possibilitar a compreensão dos participantes da pesquisa, conforme previsto na Resolução CNS no 510 de 2016. Essas adequações podem ser conferidas no documento termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_4_com_realces.pdf, realçadas em letra de cor vermelha, juntamente com as demais adequações pontuadas no parecer 4.479.721.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

4.2. Como existe previsão de gravação de imagem e de som voz, solicita-se que sejam inseridas opções excludentes no TCLE: "sim, eu autorizo" e "não, eu não autorizo", gravação de voz e uso de imagens. Este trecho do TCLE deverá observar também a PORTARIA nº 177/PRES/06 da Funai e demais legislações pertinentes, observando a regra de que a anuência do participante será dada para a finalidade exclusiva da pesquisa e sem fins lucrativos.

RESPOSTA: Não há gravação de imagem e de som/voz na pesquisa.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

4.3. O TCLE deve trazer, de forma explícita, os meios de contato com o CEP (endereço, E-MAIL e TELEFONE), assim como os horários de atendimento ao público. Também é necessário apresentar, em linguagem simples, uma breve explicação sobre o que é o CEP. Como o estudo envolveu análise ética pela Conep, essas recomendações também devem ser estendidas a esta Comissão (Resolução CNS nº 510, de 2016, capítulo III, seção II, Artigo 17º, inciso IX). Solicita-se adequação. **RESPOSTA:** Esse item foi adequado, uma vez que a versão atualizada do TCLE aplicado na pesquisa (já submetido) traz, de forma explícita, os meios de contato com o CEP (endereço, E-MAIL e

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

TELEFONE), assim como os horários de atendimento ao público. Além disso, apresentar com linguagem simples, uma breve explicação sobre o que é o CEP.

ANÁLISE: PENDÊNCIA NÃO ATENDIDA; Solicita-se, para melhor informar os participantes de pesquisa, que seja incluída no Registro do Consentimento a CONEP e suas formas de contato, conforme Resolução CNS nº 510 de 2016, Art. 17, inciso IX [Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep: SRTVN - Via W 5 Norte - Edifício PO700 - Quadra 701, Lote D - 3º andar - Asa Norte, CEP 70750 -521, Brasília (DF); Telefone: (61) 3315- 5877. Horário de atendimento: 08h às 18h].

RESPOSTA: Em relação ao item 4.3, visando melhor informar os participantes da pesquisa, foi incluído no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de forma explícita, a menção ao CONEP, contendo: breve apresentação em linguagem simples do que é o CONEP, meios de contato (endereço, e-mail e telefone) e horários de atendimento ao público.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

5. O etnoconhecimento botânico referente aos aspectos ecológicos é parte do patrimônio cultural e da propriedade intelectual da população estudada. Conforme o disposto pela resolução CNS nº 304 de 2000, item III. 2, qualquer pesquisa envolvendo a pessoa do índio ou a sua comunidade deve: "2.1 - Respeitar a visão de mundo, os costumes, atitudes estéticas, crenças religiosas, organização social, filosofias peculiares, diferenças linguísticas e estrutura política". Solicita-se, assim, uma declaração de compromisso do(a) pesquisador(a) de não patentear, nem usar para fins comerciais, o conhecimento botânico, bem como o conhecimento tradicional adquirido em campo e catalogado, e que esse será utilizado somente conforme os objetivos propostos pela pesquisa, conforme o consentimento da comunidade e que a pesquisa será realizada em conformidade com a lei 13.123/15.

RESPOSTA: Ratificamos, aqui, que no item "Área Temática", foi retirada a opção "Estudos com populações indígenas", deixando-a em branco, conforme consta a nossa resposta ao "item 1" No mais, foi anexada uma declaração de compromisso do (a) pesquisador(a) de não patentear, nem usar para fins comerciais, o conhecimento botânico, bem como o conhecimento tradicional adquirido em campo e catalogado, e que esse será utilizado somente conforme os objetivos propostos pela pesquisa, conforme o consentimento da comunidade e que a pesquisa será realizada em conformidade com a Lei 13.123 de 2015.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

**COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA**

Continuação do Parecer: 4.498.835

6. O Sistema CEP/Conep não analisa projetos de pesquisa que já tenham iniciado a coleta de dados junto ao campo de pesquisa. Solicitam-se esclarecimentos e a adequação, conforme item 3.4.1.9 da Norma Operacional CNS nº 001 de 2013 e, nos documentos do protocolo para que sejam apresentados o mesmo cronograma de forma padronizada, com o máximo de detalhamento sobre as fases do estudo, organizado da data inicial até a previsão de final do estudo, com CARTA COMPROMISSO onde o pesquisador expresse que não iniciará a coleta de dados antes da aprovação final do Sistema CEP/Conep. Solicitam-se, ainda, esclarecimentos sobre o lapso temporal para a resposta ao parecer.

RESPOSTA: Em relação ao item 6 (NOVA PENDÊNCIA), o cronograma original do projeto infelizmente não foi seguido devido a questões logísticas e também de ordem pessoal. Dessa forma, o cronograma do projeto foi adequado nos documentos do protocolo, a fim de que sejam apresentados o mesmo cronograma de forma padronizada e com o máximo de detalhamento sobre as fases do estudo, organizado da data inicial até a previsão de final do estudo. Também foi elaborada e anexada uma CARTA COMPROMISSO (arquivo carta_compromisso_do_pesquisador_coleta_de_dados.pdf) na qual o pesquisador expressa que não iniciará a coleta de dados antes da aprovação final do Sistema CEP/CONEP. Em relação ao lapso temporal para a resposta ao parecer que antecedeu o parecer 4.479.721, primeiramente peço desculpas pela demora na emissão da resposta, o que aconteceu devido a questões de ordem logística e também pessoais (incluindo problemas de saúde física e envolvendo minha família). Comprometo-me, a partir da presente data, a não mais procrastinar em relação a responder os pareceres em tempo hábil, se assim for o caso.

ANÁLISE: PENDÊNCIA ATENDIDA.

Considerações Finais a critério da CONEP:

Diante do exposto, a Comissão Nacional de Ética em Pesquisa - Conep, de acordo com as atribuições definidas na Resolução CNS nº 510 de 2016, na Resolução CNS nº 466 de 2012 e na Norma Operacional nº 001 de 2013 do CNS, manifesta-se pela aprovação do projeto de pesquisa proposto.

Situação: Protocolo aprovado.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASÍLIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

| Tipo Documento | Arquivo | Postagem | Autor | Situação |
|---|---|------------------------|---------------------------------|----------|
| Informações Básicas do Projeto | PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_963454.pdf | 25/12/2020 10:45:02 | | Aceito |
| Outros | carta_compromisso_do_pesquisador_coleta_de_dados.pdf | 25/12/2020 10:43:32 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_respostas_as_pendencias_4.pdf | 25/12/2020 10:39:22 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_4_com_realces.pdf | 25/12/2020 10:36:04 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_4.pdf | 25/12/2020 10:35:36 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_de_respostas_as_pendencias_4.pdf | 06/11/2020 22:32:39 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Parecer Anterior | PB_PARECER_CONSUBSTANCIADO_CONEP_2798012.pdf | 06/11/2020 22:32:11 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | declaracao_de_compromisso_conhecimento_etnobotanico_tradicional_associado.pdf | 11/08/2019 14:23:29 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_de_respostas_as_pendencias_3.pdf | 11/08/2019 14:20:13 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | tcle_3_comrealces.pdf | 11/08/2019 14:18:11 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | tcle_3.pdf | 11/08/2019 14:15:43 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_de_respostas_as_pendencias_2.pdf | 30/08/2018 20:04:29 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido_2.pdf | 30/08/2018 20:03:15 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projeto_detalhado_henrique_fernandes_de_magalhaes_2.pdf | 30/08/2018 20:02:05 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar

Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040

UF: DF **Município:** BRASILIA

Telefone: (61)3315-5877

E-mail: conep@saude.gov.br

COMISSÃO NACIONAL DE
ÉTICA EM PESQUISA



Continuação do Parecer: 4.498.835

| | | | | |
|--|---|------------------------|---------------------------------------|--------|
| Outros | lattes_elcida_de_lima_araujo.pdf | 04/05/2018 21:55:21 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | lattes_ivanilda_soares_feitosa.pdf | 04/05/2018 21:54:22 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | lattes_ulysses_paulino_de_albuquerque.pdf | 04/05/2018 21:53:17 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | lattes_henrique_fernandes_de_magalhaes.pdf | 04/05/2018 21:52:34 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_de_respostas_as_pendencias.pdf | 04/05/2018 21:51:29 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | carta_de_anuencia.pdf | 04/05/2018 21:49:11 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Outros | termo_de_confidencialidade.pdf | 04/05/2018 21:48:12 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Projeto Detalhado / Brochura Investigador | projeto_detalhado_henrique_fernandes_de_magalhaes.pdf | 04/05/2018 21:47:00 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência | termo_de_consentimento_livre_e_esclarecido.pdf | 04/05/2018 21:45:32 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |
| Folha de Rosto | folha_de_rosto.pdf | 04/05/2018 21:44:34 | HENRIQUE FERNANDES DE MAGALHAES | Aceito |

Situação do Parecer:

Aprovado

BRASILIA, 14 de Janeiro de 2021

Assinado por:
Jorge Alves de Almeida Venancio
(Coordenador(a))

Endereço: SRTVN 701, Via W 5 Norte, lote D - Edifício PO 700, 3º andar
Bairro: Asa Norte **CEP:** 70.719-040
UF: DF **Município:** BRASILIA
Telefone: (61)3315-5877 **E-mail:** conep@saude.gov.br

**ARTIGO PERCEPTIONS OF RISKS RELATED TO CLIMATE CHANGE IN
AGROECOSYSTEMS IN A SEMI-ARID REGION OF BRAZIL, PUBLICADO PELA
REVISTA HUMAN ECOLOGY**

Human Ecology
https://doi.org/10.1007/s10745-021-00247-8



Perceptions of Risks Related to Climate Change in Agroecosystems in a Semi-arid Region of Brazil

Henrique Fernandes Magalhães^{1,2} · Ivanilda Soares Feitosa^{1,2} · Elcida de Lima Araújo³ ·
Ulysses Paulino Albuquerque^{1,2}

Accepted: 29 June 2021

© The Author(s), under exclusive licence to Springer Science+Business Media, LLC, part of Springer Nature 2021

Abstract

Small-scale farmers who depend on natural resources for subsistence in rural areas are especially vulnerable to climate change and may develop adaptive responses once they understand the nature of the risks and their consequences. We examine the effects of schooling, experience in agriculture, and the number and severity of risks perceived by farmers on the number and type of adaptive responses developed. Ninety-four farmers were surveyed in six rural communities in Catimbau National Park, Pernambuco, Brazil, to obtain socioeconomic data about major drought events and perceived related risks. Participants were asked to classify risks according to their severity. We argue that understanding the degree of vulnerability of social-ecological systems in semi-arid regions may facilitate actions at different scales to mitigate risks arising from climate change.

Keywords Climate variations · Climate change · Severity of perceived risks · Adaptive capacity · Semi-arid regions · Catimbau National Park · Pernambuco · Brazil

Introduction

Food production in subsistence agriculture systems can be negatively impacted by climate change, presenting a threat to food security of human populations. This has attracted the attention of scientists and government officials and is the focus of many current research studies (Arku 2013; Arku *et al.* 2017; IPCC 2014). Data from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) indicate that global warming will lead to extreme events such as floods and prolonged drought (Hoegh-Guldberg *et al.* 2018). These phenomena chiefly threaten semi-arid regions with poor infrastructure

(Banerjee 2014; Dhanya and Ramachandran 2016), which are characterized by low rainfall and annual and interannual irregularities in rainfall distribution, such as the northeastern region of Brazil (Albuquerque *et al.* 2012; Santos *et al.* 2013; Silva *et al.* 2017, 2013).

Agroecosystems inhabited by small-scale farmers who depend directly on the environment for their survival and have few financial resources to deal with unanticipated adversities are especially vulnerable to the impacts of global warming (Campos *et al.* 2014b; Miles *et al.* 2006; Pennington *et al.* 2006).¹ Evidence shows that farmers' perceptions of the degree to which climate change impacts their livelihoods can influence the time it takes them to perceive changes in the environment and assess the potential threat they represent (Arku 2013; Arku and Arku 2010; Reyes-García *et al.* 2007; Sieber *et al.* 2011; Smith *et al.* 2000).

Risk can also be understood as the likelihood of an adverse effect of an environmental phenomenon (GARDRR 2009; Sjöberg 2000a, 2000b). Thus, the perception of risk can be

✉ Ulysses Paulino Albuquerque
upa677@hotmail.com

¹ Departamento de Biologia, Programa de Pós-Graduação em Etnobiologia e Conservação da Natureza, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, PE 52171-900, Brazil

² Laboratório de Ecologia e Evolução de Sistemas Socioecológicos, Departamento de Botânica, Centro de Biociências, Universidade Federal de Pernambuco, Cidade Universitária, Recife, PE 50670-901, Brazil

³ Universidade Federal de Pernambuco, Departamento de Botânica, Cidade Universitária, Recife, PE 50670-901, Brazil

¹ In this research, we consider vulnerability to be the degree to which a system cannot recover from the damaging effects of climate change, including variability and extremes (IPCC 2001): the lower the capacity of a system to adapt to the adverse effects of a new environmental reality, the greater its degree of vulnerability (Smit and Wandel 2006).

used to anticipate a change, enabling design and adoption of adaptive strategies, either by individuals or collectively, to deal with potential impacts (Boillat and Berkes 2013; Smit and Wandel 2006; Smith *et al.* 2000). Farmers' perceptions of the risks of climate change, both locally and regionally, may differ due to specific social, economic, or demographic factors that influence them and as well as their ability to develop adaptive responses to address these risks. Among the factors that correspond to the best predictors of effective adaptive responses identified in the scientific literature, we highlight schooling, length of experience in agricultural activity, and previous experience coping with risk (Ado *et al.* 2020; Akanbi *et al.* 2021; Bryan *et al.* 2013; Fosu-Mensah *et al.* 2012; Gbetibouo 2009; Rodriguez *et al.* 2017; Slegers 2008; Weber 2010). People classify risks according to their perceptions of the severity of the impact they are likely to have on their daily lives, and the adaptive strategies they consequently adopt may be related to this classification as well as the frequency of the incidence of these risks (Baird *et al.* 2009; Quinn *et al.* 2003; Smith *et al.* 2001).

There are several studies on this topic in arid and semi-arid regions (Campos *et al.* 2014a; Hartter *et al.* 2016; Nyantakyi-Frimpong and Bezner-Kerr 2015; Nyong *et al.* 2007; Oliveira *et al.* 2017; Rodriguez *et al.* 2017), but fewer have investigated factors that may affect how risk is perceived and adaptive strategies developed in response to climate change (Abid *et al.* 2018; Buelow and Craddock-Henry 2018; Ndamani and Watanabe 2017; Rizwan *et al.* 2019; Zheng and Dallimer 2016). The lack of such information impedes understanding of people's perceptions and behavior in these contexts, and consequently, designing local and national government policies favorable to social development in these regions remains a challenge.

From 2012 to 2015, the semi-arid region of northeastern Brazil faced the most severe droughts over the previous 50 years (Martins *et al.* 2015). We investigate farmers' perceived risk of climate change in this area to test the following hypotheses:

H1: Schooling, agricultural experience, and previous experience with risks influence the timing and accuracy of farmers' perceptions of risks.

H2: The frequency of risks perceived and the severity attributed to them influence the corresponding adaptive responses adopted by farmers.

Material and Methods

Study Area

We conducted this study in the Catimbau National Park-PARNA Catimbau (8° 24' 00" and 8° 36' 35" S; 37° 09' 30" and 37° 14' 40" W), located in the microregions of Vale

do Ipanema and Moxotó (ICMBio 2002). The Conservation Unit has 62,294.14 hectares and is located in the domain of three municipalities, situated between the Agreste and Sertão, in the São Francisco River Basin: Buíque, Tupanatinga, and Ibirimir (ICMBio 2002, 2019). The PARNA Catimbau is located in an area considered a priority for caatinga conservation, a dry and thorny xeromorphic vegetation endemic in Brazil, covering approximately 412,000 km² (Marengo and Bernasconi 2015). However, there is no management plan in the region, as provided for in the National System of Conservation Units (Brasil 2002). In addition, people illegally occupied the PARNA area. The economic activities developed in the region fail to meet the basic consumption needs of a large part of its population, putting local communities in a situation of high social vulnerability (Brasil 2002).

The region is marked by socio-environmental conflicts involving the Chico Mendes Institute for Biodiversity Conservation (ICMBio), the park's managing body, the Kapinawá indigenous community (not legally recognized), and other local farmers. This conflict is partly motivated by the indigenous population, who claim that a portion of their territory was suppressed during the park's creation. Farmers in the region say they cannot farm and invest in the land because they are prohibited by the environmental agency, causing economic hardship (ME 2015). As a result, our access to some populations in the region was hampered.

Consequently, we selected six rural communities that depend on the resources of PARNA with which we had already established a relationship of trust and where we believed people would agree to participate in the study: Muquem (8.49414° S; 37.2999° W), Breus (8.49076° S; 37.29059° W), Açude Velho (8.4592° S; 37.30289° W), Tunel (8.46208° S; 37.31967° W), Dor de Dente (8.51355° S; 37.31413° W), and Igrejinha (8.49966° S; 37.25743° W) (Fig. 1). The total number of local adult residents (n) was: Muquem (n = 38), Breus (n = 32), Açude Velho (n = 17), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 13), and Igrejinha (n = 112).

Although there is no accurate record of human occupation in the area, there are records from several archeological sites dating from approximately 6,000 years, with inscriptions and cave paintings (ME 2015) that show human presence in the region is not recent and precedes the creation of the Catimbau National Park in 2002 (ICMBio 2002; ME 2015). All communities practice subsistence agriculture (mainly corn and beans) and keep livestock (mainly goats) as their primary source of income. In addition, many people rely on government subsidies and non-governmental assistance to supplement their income. The climate in the region is semi-arid BSh, according to the Köppen-Geiger climate classification (Peel *et al.* 2007). The average annual temperature is 21.6 °C, and the average annual rainfall is 720 mm. October is the driest month with average rainfall of 16 mm, while

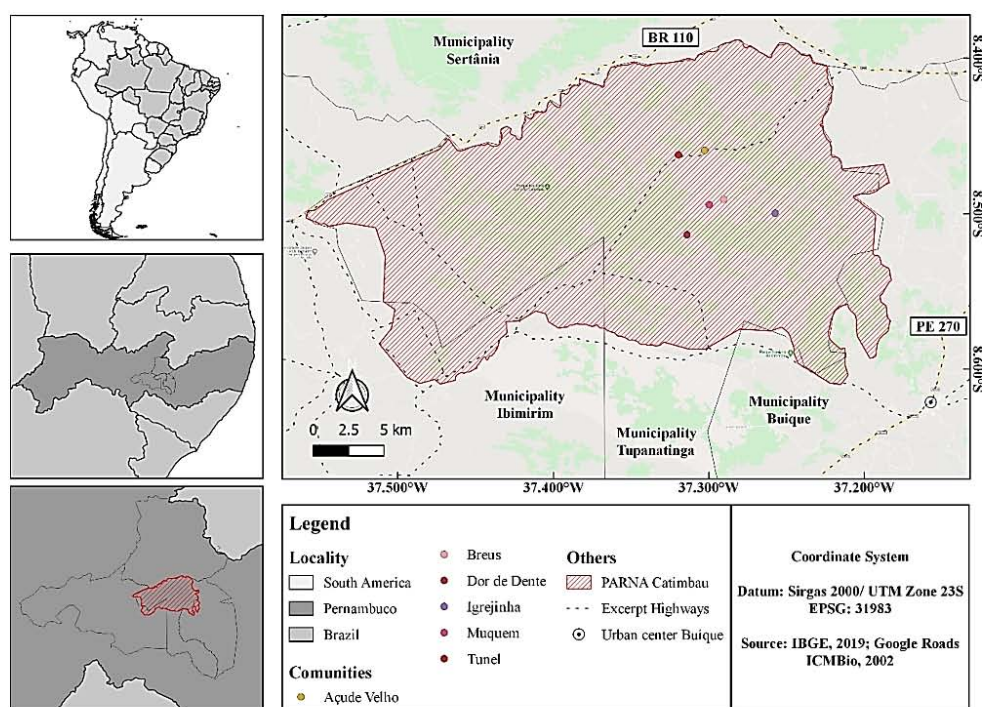


Fig. 1 Map of Catimbau National Park (the State of Pernambuco, semi-arid region of the northeastern Brazil) highlighting the study communities: Açude Velho, Breus, Dor de Dente, Igrejinha, Muquem, and Tunel

March is the wettest, with average rainfall of 118 mm. The warmest month is January with an average temperature of 23.4 °C, and July is the coldest with an average temperature of 18.6 °C (Climate-Data 2019).

Informant Selection

We used a census to make initial contact with each of the six communities. We obtained data on the number of people living in each rural community through the Family Health Program (PSF) of Vila do Catimbau, Municipality of Buíque (PE). All adults (over 18 years old) living in the six rural communities were previously selected during our previous research. However, when we conducted the research reported here, some people were not found in their homes, while others claimed they could not participate due to old age and health problems, and yet others did not wish to participate because of conflicts between them and the park management agencies. Thus, we arrived at a total of 94 participants.

Data Collection and Processing

We collected the study data between July 2018 and April 2019. We interviewed our 94 participants, as well as all people who lived in the same residence² who had information relevant to our study: Muquem (n = 30), Breus (n = 20), Açude Velho (n = 9), Tunel (n = 6), Dor de Dente (n = 4), and Igrejinha (n = 25), and conducted a census of all households in each community (e.g. Espinosa *et al.* 2014). We subsequently evaluated the data from the interviews, and discarded those with bias that compromised the validity of the information.

To investigate people's perceptions of risk in relation to climate change, we conducted semi-structured interviews using open-ended questions compiled before we began

² We note that people residing in the same residence could have different understandings of a phenomenon, and so we did not interview them on the same day.

fieldwork, which allowed us to direct more attention to the participants and the timing of the interviews (e.g., Albuquerque *et al.* 2014; Magalhães *et al.* 2019). The interviews were organized into three stages (see Appendix 1).

We first recorded socioeconomic data for each informant for later analysis. Secondly, we invited each informant to recall years of major drought and prolonged rainfall events, although the latter are unusual in semi-arid regions (Martins *et al.* 2015). Using the free list technique (Silva *et al.* 2014), we asked informants to list perceived risks related to these two types of climate change phenomena.

Thirdly, we asked informants to classify and organize their list of risks according to their degree of severity (1 = most severe, 2 = moderately severe, etc.). Based on each cited risk, we asked informants about their previous experience with each risk and what adaptive strategies they developed to mitigate it.

To facilitate dialog with informants during interviews about perceived risks from climate change, expressions such as “problems,” “concerns,” and “bad situations” were used as synonyms for “risk” (Smith *et al.* 2000). The duration of each interview depended on the interviewee’s availability (often, an informant asked for a brief wait, or took short breaks during the interview) and/or the amount of information provided. On average, each interview lasted approximately 90 min.

Data Analysis

To test H1, we compared our predictor variables—schooling, number of years’ experience in agriculture, and previous experience with situations of risk (interval between the person’s last experience of cited risk and present)—and the extent of risks cited by each informant (response variable). In the initial model, we tested the combined effect of the three predictor variables on the number of risks perceived by farmers as an explanatory model. As schooling was the least explanatory variable in this model, we developed a second explanatory model that combined only the effect of experience in agriculture and previous experience with risks. Finally, we developed a third model to test the isolated effect of previous experience with risks, as this was the variable with the best explanatory power in the previous model. The second model was chosen because it was the only one to produce a significant result (see Appendix 2).

To test H2, we compared the number of times each risk was cited and the average severity attributed to each risk³ (the ratio between the sum of the values for the severity rating assigned to the risk and the number of times it was

³ To establish the average severity attributed to the risk, we used the same classification used by the informants, i.e., 1 = most severe, etc..

Table 1 The generalized model (GLM) containing the predictor variable for risk perception by farmers: experience time, combined with previous experience with risks

| Sources of variation | Estimate | Error | z value | p-value |
|----------------------|----------|----------|---------|------------|
| Intercept | 4.155779 | 0.322407 | 12.890 | <2e−16 *** |
| Experience time | 0.018581 | 0.008248 | 2.253 | 0.0267 * |
| Previous experience | 0.015223 | 0.018975 | 0.802 | 0.4245 |

cited). We compared our predictor variables with the number of adaptive strategies cited for each risk (response variable). In the first model, we tested the combined effect of the two predictor variables on the number of adaptive responses developed. We tested a second model to see if only the number of times risk is perceived explains our response variable, but the first provided the best explanatory model (see Appendix 2).

For both hypotheses (H1 and H2), we applied generalized linear models (GLM): Gaussian family and quasi-Poisson, respectively, and selected the best explanatory models. All statistical tests were performed using R software (version 3.6.0 (R Development Core Team 2019).

Results

The Influence of Schooling, Agricultural Experience, and Previous Risk Experience On Perceived Risk

The only variable that was a predictor for the perception of risks by the informants was length of experience in agriculture combined with previous experience with risks ($z = 2.253$, $p = 0.0267$) (Table 1). Almost half of our informants (46.8%) had only elementary education, followed by those who had no schooling (30.85%), and those who had completed high school (19.3%). Regarding years of experience in agriculture and previous experience with risks, we obtained averages of 34.1 and 4.04 for those with elementary education and those with no education, respectively. We obtained an average of 4.85 for number of risks perceived by farmers.

Risk Perception and Adaptive Strategies Developed by Farmers

The number of times risk is perceived when combined with severity explained the number of adaptive strategies developed ($z = 2.679$, $p = 0.00739$) (Table 2). We obtained an average of 14.77 for number of citations of the risks perceived and of 5.2 for the severity attributed to them, and

Table 2 Generalized model (GLM) containing the best predictor variable for the number of adaptive strategies developed by farmers: the number of times risk is perceived, combined with severity

| Sources of variation | Estimate | Error | z value | p-value |
|------------------------------------|-----------|----------|---------|--------------|
| Intercept | 1.131817 | 0.422526 | 2.679 | 0.00739 ** |
| Amount of perceived risk | 0.021944 | 0.004188 | 5.240 | 1.61e-07 *** |
| Average severity of perceived risk | -0.130659 | 0.083790 | -1.559 | 0.11891 |

an average of 3.16 for the number of adaptive responses mentioned by risk.⁴

In total, informants from the six rural communities indicated 29 risks, which were divided into four categories according to the what area they impact: agriculture (n = 7), livestock (n = 5), climate (n = 5), and socioeconomic (n = 12) (Table 3). Overall, the risk that stood out most in terms of citation number was crop losses (n = 83), followed by the risk of water scarcity (n = 77), and livestock losses (n = 69). Informants indicated water scarcity (s = 1.49), productivity losses (s = 1.69), and crop losses (s = 1.93) as the most severe risks. The term “productivity losses,” in our understanding, means financial income loss related to agricultural production loss. Hence, we categorize it as a socioeconomic risk (Table 3).

Most of the adaptive strategies mentioned are associated with risks related to livestock (n = 9), of which the treatment of animals with veterinary medicines (n = 64) and their feeding with local plants (n = 34) were among the most cited (Table 4, Fig. 2). Adaptive strategies linked to socioeconomic factors, such as fetching water from outside the community (n = 62) and capturing rainwater through cisterns (n = 40) were also important. Another strategy was to resort to external assistance (n = 40) from the government, non-governmental organizations, and relatives and friends. The absence of strategies to deal with the consequences of locally perceived diverse risks was reported 144 times by 69 informants (73.4% of our sample) (Table 4).

Discussion

Although our findings indicate no relationship between schooling and risk perception, several studies have shown the opposite. Ndamani and Watanabe's (2017) study in a rural area of Ghana found that educational attainment positively influences local climate change risk perception, and

Abid *et al.* (2018) obtained similar results for farmers in Pakistan. However, two studies in the same region yielded divergent results: Fahad *et al.* (2018) noted a negative correlation between schooling and perception of local risks, and Rizwan *et al.* (2019) found that among rice farmers level of schooling may influence the perception of local risks both positively (rising temperatures) and negatively (floods, rising product prices, and disease incidence). The differences among these findings seem to indicate that the effect of schooling on risk perception depends on the other variables tested and the interactions among them.

Our finding of the non-significance of schooling in relation to risk perception is surprising since this variable is associated with increased access to information (including technological and professional opportunities). We believe that the low heterogeneity in respondents' schooling (46.8% with an elementary school qualification, and 30.85% with no education) contributed to the non-significance of this variable. In addition, this result seems to indicate that the influence of lived experience tends to be more significant than formal education. Thus, studies of more heterogeneous populations in relation to schooling that involve a larger set of explanatory variables will perhaps yield significant results for this variable.

However, in our selected explanatory model (Table 1), we found experience in agriculture to be the only variable that predicted risk perception. The scientific literature reports much evidence in this regard (Ado *et al.* 2020; Akanbi *et al.* 2021; Fosu-Mensah *et al.* 2012; Rodriguez *et al.* 2017). In a recent study of maize farmers in South Africa, Akanbi *et al.* (2021) showed that the farmers' experience is a significant factor in both perception of risks related to extreme climate changes and decision-making regarding the implementation of adaptive strategies addressing these risks (see also Ado *et al.* 2020 for a rural community in Niger). Therefore, it seems unclear whether formal school curricula reflect the reality of rural populations, particularly in semi-arid regions. We would argue that formal education should be reformulated to reflect the daily reality of farmers in semi-arid areas.

Our results also show that previous experience with risks accounts for the effect of experience in agriculture on the number of perceived risks, which has also been found in related studies. For example, in a study conducted in two New Zealand agrarian regions, Niles *et al.* (2015) found

⁴ We assumed that farmers mentioned adaptive strategies that were at least reasonably effective in dealing with perceived risks. To test the effectiveness of these adaptive mechanisms, we would need quantitative data from a specific hypothesis, which was not the subject of this study. Thus, our explanation here is predominantly qualitative.

Table 3 Risks related to climate change in agroecosystems perceived by farmers

| Nature of the risk | Perceived risk | Number of citations (n) | Average risk severity (s) | Number of adaptive strategies (n) |
|---------------------|----------------------|-------------------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Agriculture | Crop loss | 83 | 1.93 | 11 |
| | Agricultural pests | 30 | 3.6 | 8 |
| | Loss of soil quality | 10 | 3.4 | 2 |
| | Loss of crop quality | 5 | 4.6 | 2 |
| | Tree loss | 3 | 6.66 | 1 |
| | Seed loss | 1 | 2 | 0 |
| | Partial crop loss | 1 | 6 | 0 |
| Livestock | Livestock loss | 69 | 3.17 | 15 |
| | Livestock diseases | 29 | 4.45 | 7 |
| | Pasture Loss | 23 | 3.56 | 8 |
| | Bat Attack | 1 | 6 | 1 |
| | Animal Bog Down | 1 | 6 | 1 |
| Climatic phenomenon | Floods | 31 | 4.48 | 7 |
| | Strong wind | 2 | 4 | 1 |
| | Mist | 1 | 6 | 0 |
| | Thunderstorms | 1 | 7 | 1 |
| | Fire | 1 | 5 | 0 |
| Socioeconomic | Water shortage | 77 | 1.49 | 6 |
| | Damaged roads | 28 | 5.03 | 3 |
| | Productivity loss | 23 | 1.69 | 5 |
| | Productivity drop | 17 | 2.94 | 7 |
| | Food shortage | 6 | 3.33 | 6 |
| | Damaged houses | 5 | 4.6 | 1 |
| | Unemployment | 3 | 2.33 | 1 |
| | Long commuting | 2 | 6.5 | 1 |
| | Damaged Fences | 2 | 8 | 0 |
| | Hunting affected | 1 | 5 | 2 |
| | Death of people | 1 | 5 | 1 |
| | Abandoned Properties | 1 | 7 | 0 |

a correlation between past experiences of climate change, future climate concerns, and the adoption of adaptive strategies. Buelow and Craddock-Henry (2018) found similar results for German farmers. Based on our observations and information obtained through the interviews, our participants classify infrequent adverse experiences as common or cyclical occurrences rather than risks, while frequently occurring adverse situations are identified as risks. Thus frequent previous experiences with risks increase the likelihood of perception of future risks and determine how they are evaluated and addressed.

Adaptive strategies to address perceived risks arising from environmental changes are evaluated locally, and if deemed effective, are replicated, shared, and adopted for future risk occurrences. Since we did not have quantitative data to support a discussion of the degree of effectiveness of our participants adaptive mechanisms, we focussed on a qualitative discussion of these strategies. However, we urge

future studies to focus on quantitative assessments of effectiveness of the adaptive strategies implemented to address perceived risks related to environmental changes, especially in contexts of high socio-environmental vulnerability, such as semi-arid regions.

A significant number of our participants reported they had developed no adaptive strategy to address at least one type of risk related to climate change, and most listed more than one risk. Thus, we can infer that our study area will be vulnerable, from a social and environmental perspective, to a future climate scenario of precipitation reduction and temperature increase, mainly restricted access to water and financial resources, since most of the adaptive measures mentioned by our informants are related to these two resources.

Several previous studies focus on the ability of traditional farmers to cope with the adverse effects of climate change and the factors that limit the development of adaptive

Human Ecology

Table 4 Adaptive strategies cited by residents of rural communities

| Strategy nature | Adaptive strategy | Number of citations (n) | |
|------------------------------------|---|------------------------------------|----|
| Agriculture | Use pesticides | 16 | |
| | Compost the soil | 7 | |
| | Make trenches to drain the water | 6 | |
| | Change the planting location | 3 | |
| | Prune the trees | 2 | |
| | "Sweep" the palma (clean the surface of the palma, a species of cactus used in the feeding of animals such as cattle and goats, attacked by the mealybug, <i>Diaspis</i> sp.) | 1 | |
| | Use traps to catch insects (fixed traps, like pitfalls, to capture terrestrial insects, such as ants) | 1 | |
| | Livestock | Treat with veterinary medicines | 64 |
| | | Feed the animals with local plants | 34 |
| | | Sell animals before they die | 17 |
| Feed the animals with proper feed | | 12 | |
| Treat animals with home remedies | | 8 | |
| Move animals to different pastures | | 6 | |
| Release animals in the forests | | 5 | |
| Protect the pasture | | 4 | |
| Socioeconomic | Surround the animals | 2 | |
| | Seek external assistance | 40 | |
| | Plug road holes manually | 17 | |
| | Migrate for work | 9 | |
| | Migrate | 3 | |
| | Save money | 2 | |
| | Avoid using cars (extreme events of climate change damage roads, which can harm cars, which are the main means of transporting people and agricultural products) | 2 | |
| Livestock / Socioeconomic | Sell coal | 1 | |
| | Fetch water externally | 62 | |
| | Seek food externally | 56 | |
| | Catch rainwater | 40 | |
| | Stock food | 15 | |
| | Drink contaminated water | 1 | |
| | Without strategy | 144 | |

strategies. For example, in a study conducted with small-scale farmers in rural Mexico, Campos *et al.* (2014b) found that socioeconomic variables such as low purchasing power limited the adoption of more efficient strategies to combat

the negative effects of climate change. Wang and Cao (2015) found similar results in an alpine community in southwest China, and Takahashi *et al.* (2016) cited the unpredictability of changes in local market conditions as the main barrier to

Fig. 2 Adaptive strategies mentioned by farmers. **A** Palm planting—*Opuntia ficus-indica* (L.) Mill.—for animal feed (goats and cattle). **B** Cistern for rainwater collection and storage



development of adaptive measures in the face of risks from climate change. Finally, in a semi-arid region of India, Singh *et al.* (2018) found water scarcity to be the main vulnerability of farmers.

We believe that the vulnerability of our study area may have been intensified by historical, infrastructural, and psychological factors. Since the great drought of 1993, the most severe the region has ever experienced according to the testimonies of local farmers, there have been more recent droughts from 2012 to 2014. However, despite these recent and recurring experiences of prolonged droughts and their damaging consequences for the agroecosystems and farmers' livelihoods, especially due to water scarcity, the region still has no adequate infrastructure to meet local needs. For example, road conditions are precarious, impacting particularly communities located remotely from the nearest urban center (Buíque Municipality). Combined with farmers' low purchasing power, such lack of infrastructure limits their opportunities to develop effective adaptive strategies. In many cases, as our results show, this can discourage farmers from formulating any adaptive strategies at all to address the risks they confront. Future studies with a broader set of variables such as environmental, historical, socioeconomic, and institutional factors can provide more insights into the adaptive capacity of vulnerable social-ecological systems (Below *et al.* 2012; Campos *et al.* 2014b; Cutter *et al.* 2008).

Finally, our results suggest that farmers tend to emphasize more frequent risk perceptions in developing adaptive strategies (Weber 2010). Although we did not identify degree of severity attributed to a risk as a driving factor in this process, our results indicate that it can enhance the frequency with which this risk is perceived. However, most related studies emphasize the frequency of perceived risks as a trigger for development of adaptive strategies (Bitterman *et al.* 2019; Escarcha *et al.* 2018; Mardero *et al.* 2015; Teka *et al.* 2013), rather than attributed degree of severity. For example, Zheng and Dallimer's (2016) study of farmers in the mountains of China found that the higher frequencies of individual adaptive measures adopted were related to the risks arising from climate change perceived locally as more frequent, such as prolonged droughts and market fluctuations. On the other hand, however, Zografos *et al.* (2016) noted that the increase in the perceived frequency of heatwaves over time did not influence the adaptive behavior of residents of a low-income urban community in Australia. This divergence of results indicates that the vulnerability of a social-ecological system is related more to the impacts of socioeconomic, institutional, and political factors than the frequency of risk perception itself. Thus, we believe that models that consider the effect of the aforementioned factors as explanatory variables, added to the perception of risk, can provide more robust

and significant results in the context of socio-environmental vulnerability.

Conclusions

Study Limitations and Future Perspectives

Through our research presented here, we sought to present a new perspective of three variables on risk perception. However, our inclusion of schooling as the only socioeconomic variable may have limited our results. In addition, the rural communities of our study area are considered illegal by the managing agency of the Integral Protection Area (PARNA Catimbau). Their conflict with the management complicated our access to some potential informants, which may have limited and/or biased the scope of our results. Further studies undertaken in conflict areas should consider this factor in assessing risk perception and adaptive strategies developed in the face of climate change.

Finally, although the low population density of the study communities (except for Igrejinha) does not invalidate our conclusions, it may have limited their scope. We urge further studies in areas with higher and more heterogeneous population densities to gain a broader understanding of the different factors that drive the perception of risks in the face of climate change and the diversification of adaptive strategies adopted to address the consequences of these risks, which should be incorporated into management planning for these vulnerable regions.

Theoretical, Practical and Methodological Contributions

We designed our research to further understanding of how schooling, experience in agriculture, and the number and severity of risks perceived by farmers effect the number and type of adaptive responses developed among small-scale farmers in semi-arid regions. Our results reinforce the importance of testing different models by analyzing the combined and individual effects of all the variables involved to identify the one with the best explanatory power. Thus, our research contributes to the possibility of developing predictive models based on human experience in their environment that can inform local and national environmental management planning. We believe that understanding the degree of vulnerability of social-ecological systems in semi-arid regions and the adaptive strategies farmers develop given the perceived risks from climate change may enable actions at different scales to overcome or mitigate negative impacts from climate change.

Supplementary Information The online version contains supplementary material available at <https://doi.org/10.1007/s10745-021-00247-8>.

Acknowledgements We express our gratitude to all residents of the rural communities of PARNA Catimbau who contributed to this study. We also express our gratitude to colleagues from the Laboratory of Ecology and Evolution of Social-Ecological Systems (LEA) who contributed to data collection and the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) for granting transportation to the study area, and Dr. Leonardo da Silva Chaves for his support in the statistical analysis of the study.

Funding This study was partially financed by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior—Brasil (CAPES)—Finance Code 001. The study received a contribution of the INCT Ethnobiology, Bioprospecting, and Nature Conservation, certified by CNPq, with financial support from the Foundation for Support to Science and Technology of the State of Pernambuco (Grant number: APQ-0562–2.01/17). We also thank the Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq (PQ- 305285/2020–3, 402864/2016–6).

Declarations

Ethical Approval Under the current legislation of the Ministry of Health (Resolution 466/12 of the National Health Council), which legally protects the identity and sharing of information collected, the study proposal was submitted to and approved by the Research Ethics Committee of the University of Pernambuco (CAAE: 89,887,817.6.0000.5207).

Informed Consent All residents who agreed to participate in the survey were asked to sign a free and informed consent form, as specified by the current legislation of the National Health Council (Resolution no. 466/2012).

Conflict of Interest The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Abid, M., Scheffran, J., Schneider, U.A., Elahi, E., 2018. Farmer perceptions of climate change, observed trends and adaptation of agriculture in Pakistan. *Environ. Manage.* <https://doi.org/10.1007/s00267-018-1113-7>
- Ado, A.M., Savadogo, P., Kanak Pervez, A.K.M., 2020. Farmer's perception and adaptation strategies to climate risks and their determinants: insights from a farming community of Aguié district in Niger. *Geojournal* 85, 1075–1095. <https://doi.org/10.1007/s10708-019-10011-7>
- Akanbi, R.T., Davis, N., Ndarana, T., 2021. Climate change and maize production in the Vaal catchment of South Africa: assessment of farmers' awareness, perceptions and adaptation strategies. *Clim Res* 82, 191–209. <https://doi.org/10.3354/cr01628>
- Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., Asfora-Eldeir, A.C., Lima, A.L.A., Souto, A., Bezerra, B.M., Ferraz, E.M.N., Freire, E.M.X., Sampaio, E.V.S.B., Las-Casas, F.M.G., Moura, G.J.B., Pereira, G.A., Melo, J.G., Ramos, M.A., Rodal, M.J.N., Schiel, N., Lyra-Neves, R.M., Alves, R.R.N., Azevedo-Junior, S.M., Telino Junior, W.R., Severi, W., 2012. Caatinga Revisited: Ecology and Conservation of an Important Seasonal Dry Forest. *Sci. World J.* 2012, 1–18. <https://doi.org/10.1100/2012/205182>
- Albuquerque, U. P., Ramos, M.A., Lucena, R.F.P., Alencar, N.L., 2014. Methods and Techniques Used to Collect Ethnobiological Data, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnocoology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 15–37.
- Arku, F.S., 2013. Local creativity for adapting to climate change among rural farmers in the semi-arid region of Ghana. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag. Local* 5, 418–430. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-08-2012-0049>
- Arku, F.S., Angmor, E.N., Adjei, G.T., 2017. Perception and responses of traders to climate change in downtown, Accra, Ghana. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* 9, 56–67.
- Arku, F.S., Arku, C., 2010. I cannot drink water on an empty stomach: a gender perspective on living with drought. *Gen. Dev.* 18, 115–124. <https://doi.org/10.1080/13552071003600091>
- Baird, T.D., Leslie, P.W., McCabe, J.T., 2009. The effect of wildlife conservation on local perceptions of risk and behavioral response. *Hum. Ecol.* 37, 463–474. <https://doi.org/10.1007/s10745-009-9264-z>
- Banerjee, R., 2014. Farmers' perception of climate change, impact and adaptation strategies: a case study of four villages in the semi-arid regions of India. *Nat. Hazards* 75, 2829–2845. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1466-z>
- Below, T.B., Mutabazi, K.D., Kirschke, D., Franke, C., Sieber, S., Siebert, R., Tscherning, K., 2012. Can farmers' adaptation to climate change be explained by socio-economic household-level variables? *Glob. Environ. Chang.* 22, 223–235. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.11.012>
- Bitterman, P., Bennett, D.A., Secchi, S., 2019. Constraints on farmer adaptability in the Iowa-Cedar River Basin. *Environ. Sci. Policy* 92, 9–16. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2018.11.004>
- Boillat, S., Berkes, F., 2013. Perception and Interpretation of Climate Change among Quechua Farmers of Bolivia: Indigenous Knowledge as a Resource for Adaptive Capacity. *Ecol. Soc.* 18, 21. <https://doi.org/10.5751/ES-05894-180421>
- Brasil, 2002. Ministério do Meio Ambiente. Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002. Regulamenta artigos da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, que dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza - SNUC, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- Bryan, E., Ringler, C., Okoba, B., Roncoli, C., Silvestri, S., Herrero, M., 2013. Adapting agriculture to climate change in Kenya: Household strategies and determinants. *J. Environ. Manage.* 114, 26–35. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.10.036>
- Buelow, F., Cradock-Henry, N., 2018. What You Sow Is What You Reap? (Dis-)incentives for Adaptation Intentions in Farming. *Sustainability* 10, 1133. <https://doi.org/10.3390/su10041133>
- Campos, M., McCall, M.K., Gonzalez-Puente, M., 2014a. Land-users' perceptions and adaptations to climate change in Mexico and Spain: commonalities across cultural and geographical contexts. *Reg. Environ. Chang.* 14, 811–823. <https://doi.org/10.1007/s10113-013-0542-3>
- Campos, M., Velázquez, A., McCall, M., 2014b. Adaptation strategies to climatic variability: A case study of small-scale farmers in rural Mexico. *Land use policy* 38, 533–540. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2013.12.017>
- Climate-Data, 2019. Climate-Data: Catimbau [WWW Document]. climate-data.org.
- Cutter, S.L., Barnes, L., Berry, M., Burton, C., Evans, E., Tate, E., Webb, J., 2008. A place-based model for understanding community resilience to natural disasters. *Glob. Environ. Chang.* 18, 598–606. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2008.07.013>
- Dhanya, P., Ramachandran, A., 2016. Farmers' perceptions of climate change and the proposed agriculture adaptation strategies

- in a semi arid region of south India. *J. Integr. Environ. Sci.* 13, 1–18. <https://doi.org/10.1080/1943815X.2015.1062031>
- Escarcha, J.F., Lassa, J.A., Palacpac, E.P., Zander, K.K., 2018. Understanding climate change impacts on water buffalo production through farmers' perceptions. *Clim. Risk Manag.* 20, 50–63. <https://doi.org/10.1016/j.crm.2018.03.003>
- Espinosa, M.M., Bieski, I.G.C., Martins, D.T.O., 2014. Sampling in Ethnobotanical Studies of Medicinal Plants, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, Romulo, R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnocoology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 197–212. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
- Fahad, S., Wang, J., Khan, A.A., Ullah, A., Ali, U., Hossain, M.S., Khan, S.U., Huong, N.T.L., Yang, X., Hu, G.-Y., Bilal, A., 2018. Evaluation of farmers' attitude and perception toward production risk: Lessons from Khyber Pakhtunkhwa Province, Pakistan. *Hum. Ecol. Risk Assess.* An Int. J. 24, 1710–1722. [https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1460799](https://doi.org/https://doi.org/10.1080/10807039.2018.1460799)
- Fosu-Mensah, B.Y., Vlek, P.L.G., MacCarthy, D.S., 2012. Farmers' perception and adaptation to climate change: A case study of Sekyedumase district in Ghana. *Environ. Dev. Sustain.* 14, 495–505. <https://doi.org/10.1007/s10668-012-9339-7>
- GARDRR, 2009. Risk and poverty in a changing climate: invest today for a safer tomorrow, Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction. United Nations.
- Gbetibouo, G.A., 2009. Understanding farmers' perceptions and adaptations to climate change and variability: the case of the Limpopo Basin, South Africa. *Int. Food Policy Res. Inst. Discussion.*
- Hartert, J., Dowhaniuk, N., MacKenzie, C.A., Ryan, S.J., Diem, J.E., Palace, M.W., Chapman, C.A., 2016. Perceptions of risk in communities near parks in an African biodiversity hotspot. *Ambio* 45, 692–705. <https://doi.org/10.1007/s13280-016-0775-8>
- Hoegh-Guldberg, O., Jacob, D., Taylor, M., Bindu, M., Brown, S., Camilloni, I., Diedhiou, A., Djalante, R., Ebi, K.L., Engelbrecht, F., Guiot, J., Hijioka, Y., Mehrotra, S., Payne, A., Seneviratne, S.I., Thomas, A., Warren, R., Zhou, G., 2018. Impacts of 1.5°C of Global Warming on Natural and Human Systems, in: Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T.W. (Ed.), *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C above Pre-Industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change.*, pp. 175–311.
- ICMBio, 2002. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. Decreto s/nº de 13 de dezembro de 2002. Cria o Parque Nacional do Catimbau, nos Municípios de Ibirimirim, Tupanatinga e Buíque, no Estado de Pernambuco, e dá outras providências. Brasília: Ministério do Meio Ambiente.
- ICMBio, 2019. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - Unidades de Conservação. Parna do Catimbau [WWW Document]. <http://www.icmbio.gov.br/portal/parna-do-catimbau>.
- IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* IPCC, Geneva, Switzerland.
- IPCC, 2001. *Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press. Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge. <https://doi.org/10.5860/choice.39-3433>
- Magalhães, H.F., Oliveira, R.C.S., Feitosa, I.S., Albuquerque, U.P., 2019. Collection and Analysis of Environmental Risk Perception Data, in: Albuquerque, U. P.; Lucena, R. F. P.; Cruz da Cunha, L. V. F.; Alves, R.R.N. (Ed.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnocoology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 149–159. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8919-5_11
- Mardero, S., Schmook, B., Radel, C., Christman, Z., Lawrence, D., Millones, M., Nickl, E., Rogan, J., Schneider, L., 2015. Smallholders adaptations to droughts and climatic variability in south-eastern Mexico. *Environ. Hazards* 14, 271–288. <https://doi.org/10.1080/17477891.2015.1058741>
- Marengo, J.A., Bernasconi, M., 2015. Regional differences in aridity/drought conditions over Northeast Brazil: present state and future projections. *Climatic Change* 129, 103–115. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1310-1>
- Martins, E.S.P.R., De Nys, E., Molejón, C., Biazeto, B., Silva, R.F. V., Engle, N., 2015. Monitor de Secas do Nordeste, em busca de um novo paradigma para a gestão de secas, Série Água Brasil. Banco Mundial, Brasília. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4238.8886>
- ME, 2015. Mapeamento e análise espectro-temporal das Unidades de Conservação de Proteção Integral da Administração Federal do bioma caatinga. Ministério da Educação/ Fundação Joaquim Nabuco, Recife.
- Miles, L., Newton, A.C., DeFries, R.S., Ravillious, C., May, I., Blyth, S., Kapos, V., Gordon, J.E., 2006. A global overview of the conservation status of tropical dry forests. *J. Biogeogr.* 33, 491–505. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2699.2005.01424.x>
- Ndamani, F., Watanabe, T., 2017. Determinants of Farmers' Climate Risk Perceptions in Agriculture—A Rural Ghana Perspective. *Water* 9, 210. <https://doi.org/10.3390/w9030210>
- Niles, M.T., Lubell, M., Brown, M., 2015. How limiting factors drive agricultural adaptation to climate change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 200, 178–185. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2014.11.010>
- Nyantakyi-Frimpong, H., Bezner-Kerr, R., 2015. The relative importance of climate change in the context of multiple stressors in semi-arid Ghana. *Glob. Environ. Chang.* 32, 40–56. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2015.03.003>
- Nyong, A., Adesina, F., Elasha, B.O., 2007. The value of indigenous knowledge in climate change mitigation and adaptation strategies in the African Sahel. *Mitig. Adapt. Strat. Glob. Chang.* 12, 787–797. <https://doi.org/10.1007/s11027-007-9099-0>
- Oliveira, R.C.D.S., Albuquerque, U.P., da Silva, T.L.L., Ferreira Júnior, W.S., Chaves, L.D.S., Araújo, E.D.L., 2017. Religiousness/spirituality do not necessarily matter: Effect on risk perception and adaptive strategies in the semi-arid region of NE Brazil. *Glob. Ecol. Conserv.* 11, 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2017.05.004>
- Peel, M., C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 11, 1633–1644.
- Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A., 2006. An Overview of the Plant Diversity, Biogeography and Conservation of Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests, in: Pennington, R.T., Lewis, G.P., Ratter, J.A. (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography, and Conservation*. CRC Press, Boca Raton, pp. 1–29.
- Quinn, C.H., Huby, M., Kiwasila, H., Lovett, J.C., 2003. Local perceptions of risk to livelihood in semi-arid Tanzania. *J. Environ. Manage.* 68, 111–119. [https://doi.org/10.1016/S0301-4797\(03\)00013-6](https://doi.org/10.1016/S0301-4797(03)00013-6)
- R Development Core Team, 2019. The R Project for Statistical Computing News via Twitter [WWW Document]. R Dev. Core Team. URL <https://www.r-project.org/> (accessed 5.16.19).
- Reyes-García, V., Vadez, V., Huanca, T., Leonard, W.R., McDade, T., 2007. Economic Development and Local Ecological Knowledge : A Deadlock ? Quantitative Research from a Native Amazonian Society. *Hum. Ecol.* 35, 371–377. <https://doi.org/10.1007/s10745-006-9069-2>

- Rizwan, M., Ping, Q., Saboor, A., Ahmed, U.I., Zhang, D., Deyi, Z., Teng, L., 2019. Measuring rice farmers' risk perceptions and attitude: Evidence from Pakistan. *Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J.* <https://doi.org/10.1080/10807039.2019.1602753>
- Rodriguez, N., Eakin, H., De Freitas Dewes, C., 2017. Perceptions of climate trends among Mexican maize farmers. *Clim. Res.* 72, 183–195. <https://doi.org/10.3354/cr01466>
- Santos, D.M., Silva, K.A., Albuquerque, U.P., Santos, J.M.F.F., Lopes, C.G.R., Araújo, E.L., 2013. Can spatial variation and inter-annual variation in precipitation explain the seed density and species richness of the germinable soil seed bank in a tropical dry forest in north-eastern Brazil? *Flora* 208, 445–452. <https://doi.org/10.1016/j.flora.2013.07.006>
- Sieber, S.S., Medeiros, P.M., Albuquerque, U.P., 2011. Local Perception of Environmental Change in a Semi-Arid Area of Northeast Brazil: A New Approach for the Use of Participatory Methods at the Level of Family Units. *J. Agric. Environ. Ethics* 24, 511–531. <https://doi.org/10.1007/s10806-010-9277-z>
- Silva, J.M.C., Barbosa, L.C.F., Leal, I.R., Tabarelli, M., 2017. The Caatinga: Understanding the Challenges, in: Silva, J.M.C., Leal, I.R., Tabarelli, M. (Eds.), *Caatinga: The Largest Tropical Dry Forest Region in South America*. Springer International Publishing, pp. 3–19.
- Silva, K.A., Santos, D.M., Santos, J.M.F.F., Ferraz, E.M.N., Albuquerque, U.P., Araújo, E.L., 2013. Spatio-temporal variation in a seed bank of a semi-arid region in northeastern Brazil. *Acta Oecologica* 46, 25–32. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2012.10.008>
- Silva, T.C., Cruz, M.P., Araújo, T.A.S., Schwarz, M.L., Albuquerque, U.P., 2014. Methods in Research of Environmental Perception, in: Albuquerque, U.P., Cruz da Cunha, L.V.F., Lucena, R.F.P., Alves, R.R.N. (Eds.), *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology*. Springer Protocols Handbooks, New York, pp. 99–109. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8636-7>
- Singh, C., Osbahr, H., Dorward, P., 2018. The implications of rural perceptions of water scarcity on differential adaptation behaviour in Rajasthan, India. *Reg. Environ. Chang.* 18, 2417–2432. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.00001>
- Sjöberg, L., 2000a. Factors in Risk Perception. *Risk Anal.* 20, 1–11. <https://doi.org/10.1111/0272-4332.00001>
- Sjöberg, L., 2000b. The methodology of risk perception research. *Qual. Quant.* 34, 407–418. <https://doi.org/10.1023/A:1004838806793>
- Slegers, M.F.W., 2008. “If only it would rain”: Farmers' perceptions of rainfall and drought in semi-arid central Tanzania. *J. Arid Environ.* 72, 2106–2123. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2008.06.011>
- Smit, B., Wandel, J., 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob. Environ. Chang.* 16, 282–292. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.03.008>
- Smith, K., Barret, C.B., Box, P.W., 2001. Not Necessarily in the Same Boat: Heterogeneous Risk Assessment Among East African Pastoralists. *J. Dev. Stud.* 37, 1–30. <https://doi.org/10.1080/00220380412331322101>
- Smith, K., Barrett, C.B., Box, P.W., 2000. Participatory risk mapping for targeting research and assistance: With an example from East African pastoralists. *World Dev.* 28, 1945–1959. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00053-X](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00053-X)
- Takahashi, B., Burnham, M., Terracina-Hartman, C., Sopchak, A.R., Selfa, T., 2016. Climate Change Perceptions of NY State Farmers: The Role of Risk Perceptions and Adaptive Capacity. *Environ. Manage.* 58, 946–957. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0742-y>
- Teka, O., Houessou, G.L., Oumorou, M., Vogt, J., Sinsin, B., 2013. An assessment of climate variation risks on agricultural production: perceptions and adaptation options in Benin. *Int. J. Clim. Chang. Strateg. Manag.* 5, 166–180.
- Wang, S., Cao, W., 2015. Climate change perspectives in an Alpine area, Southwest China: A case analysis of local residents' views. *Ecol. Indic.* 53, 211–219. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.01.024>
- Weber, E.U., 2010. What shapes perceptions of climate change? *WIREs Clim. Chang.* 1, 332–342. <https://doi.org/10.1002/wcc.41>
- Zheng, Y., Dallimer, M., 2016. What motivates rural households to adapt to climate change? *Clim. Dev.* 8, 110–121. <https://doi.org/10.1080/17565529.2015.1005037>
- Zografos, C., Anguelovski, I., Grigorova, M., 2016. When exposure to climate change is not enough: Exploring heatwave adaptive capacity of amulti-ethnic, low-income urban community in Australia. *Urban Clim* 17, 248–265. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2016.06.003>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

NOTIFICAÇÃO DE SUBMISSÃO DO ARTIGO *FARMERS' PERCEPTIONS OF THE EFFECTS OF EXTREME ENVIRONMENTAL CHANGES ON THEIR HEALTH: A STUDY IN THE SEMI-ARID REGION OF NORTHEAST BRAZIL* À REVISTA *FRONTIERS IN ENVIRONMENTAL SCIENCE*

Firefox

<https://outlook.live.com/mail/0/inbox/id/AQQkADAwATYwMAItOT...>

Your manuscript submission - 735595

Frontiers in Environmental Science Editorial Office
<environmentalscience.editorial.office@frontiersin.org>

Sex, 02/07/2021 18:13

Para: Henrique Magalhães <henri_mag@hotmail.com>

Dear Dr Magalhães

We are pleased to inform you that we have received the manuscript "Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeastern Brazil" to be considered for publication in Frontiers in Environmental Science, section Conservation and Restoration Ecology.

You can access the review forum and track the progress of your manuscript using the following link:

<https://www.frontiersin.org//Journal/MySubmission.aspx?stage=100>

If you have already created a Frontiers account using a different email address, please add this one as a secondary email to your Frontiers profile following this link:

<https://loop.frontiersin.org/settings/email>

For any questions on the above, you can contact support@frontiersin.org

You will receive a notification as soon as the interactive review forum is activated and you receive access the review reports. You will then be able to interact directly with the reviewers in the interactive review forum and also re-submit a revised manuscript. If the required number of reviewers endorse your manuscript in the Independent Review stage, their tabs will be closed and the manuscript will be forwarded to the Review Finalized stage, where you will be able to interact with the handling editor via the Editor tab.

Best regards,

Your Frontiers in Environmental Science team

Frontiers | Editorial Office - Collaborative Peer Review Team
www.frontiersin.org
Avenue du Tribunal Fédéral 34, 1005 Lausanne, Switzerland
Office T 41 21 510 1789

For technical issues, please contact our IT Helpdesk (support@frontiersin.org) or visit our Frontiers Help Center (zendesk.frontiersin.org/hc/en-us)

-----MANUSCRIPT DETAILS-----

Manuscript title: Farmers' perceptions of the effects of extreme environmental changes on their health: a study in the semi-arid region of Northeastern Brazil

Manuscript ID: 735595

Submitted By: Ulysses Paulino Albuquerque

Authors: Henrique Fernandes Magalhães, Ivanilda Soares Feitosa, Elcida Lima Araújo and Ulysses Paulino Albuquerque

Journal: Frontiers in Environmental Science, section Conservation and Restoration Ecology

Research Topic: Integrating Traditional Ecological Knowledge into Ecology, Evolution, and

Firefox

<https://outlook.live.com/mail/0/inbox/id/AQQkADAwATYwMAItOT...>

Conservation
Article type: Original Research
Submitted on: 02 Jul 2021

-----ADDITIONAL INFORMATION-----

In order to enable a smooth and efficient review process, please familiarize yourself with the Frontiers review guidelines:

https://www.frontiersin.org/Journal/ReviewGuidelines.aspx?s=1484&name=conservation_and_restoration_ecology

To take part in the Resource Identification Initiative please cite antibodies, genetically modified organisms, software tools, data, databases and services using the corresponding catalog number and RRID in the text of your article. Please see here for more information:

https://www.frontiersin.org/files/pdf/letter_to_author.pdf

You are receiving this email regarding ongoing activities you have with Frontiers. If you think this was wrongly sent to you, please contact our support team at support@frontiersin.org